



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



DÉCIDER AVEC LES SCIENCES

RAPPORT D'ATELIER

PLACE DU GAZ DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



© Etienne de Bary @etiennedebary, 2023 - tous droits réservés

Promotion Hedy Lamarr
Juin 2023

CYCLE NATIONAL DE FORMATION 2023

INDIVIDUS, ENTREPRISES, TERRITOIRES : HABITABILITÉ DE LA TERRE ET NOUVEAUX MODÈLES DE SOCIÉTÉ ?

Ce rapport présente une projection de la future place des gaz bas carbone (biométhane, électro-méthane, hydrogène) dans la transition énergétique avec un focus particulier sur le rôle du méthane.

AUDITRICES ET AUDITEURS DE L'ATELIER

Christophe BONTÉ, chargé de mission au Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (MESR)

Florence BRIÈRE, présidente de la société Colibri conseil, et gérante de Auberge de tous les âges

Ulf CLERWALL, chargé de mission à ALLIANCE SCIENCES SOCIÉTÉ

Luis DIAS, développeur commercial du secteur aéronautique et spatial

Régis DUMOND, sous-directeur technique à la Direction générale de l'armement (DGA)

Denis GAUTIER, directeur-adjoint du département Environnements et Sociétés au Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad)

Sébastien HENTZ, adjoint au Directeur en charge du ressourcement scientifique et technologique au Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA-LITEN)

Cécile JANET, directrice des affaires juridiques à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)

Guillaume JEUX, directeur activité export à THALES

Catherine KERNEUR, adjointe au sous directeur de l'enseignement supérieur agricole au Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA)

Sophie RENAUDIN, conseillère technique recteur, Académie de Nancy-Metz, Région académique Grand Est

LES ATELIERS DU CYCLE NATIONAL

En 2023 les ateliers se sont déroulés entre fin janvier et mi-juin. Ce travail est conduit dans le cadre du cycle national sur une durée de cinq journées officielles et des temps de travail des auditeurs entre les séances. Ils ont pour vocation de conforter les dynamiques de travail collaboratif, de mobiliser l'intelligence collective entre les auditeurs, de permettre une analyse des dynamiques d'acteurs à l'œuvre dans les rapports science-société, d'apprendre à gérer des controverses et chercher des consensus entre acteurs aux intérêts très divergents. Cela nécessite un travail d'investigation mené avec l'aide d'un animateur et la rencontre d'un certain nombre de personnes invitées à la demande des auditeurs, en concertation avec l'animateur afin d'entraîner les auditeurs à effectuer des préconisations pour éclairer la prise de décision.

Les auditeurs ne sont pas spécialistes du sujet. Ils doivent, à l'issue de leurs travaux d'investigation, en **effectuer une synthèse, sans prétendre ni à l'exhaustivité, ni à l'expertise. La synthèse doit en revanche dégager les principales problématiques, en choisir quelques-unes à traiter en formalisant les interrogations, étonnements, controverses, et résultats du groupe, si possible proposer des pistes d'actions propres à éclairer les décideurs.** Le jour de la clôture du cycle, les auditeurs présentent leurs travaux devant un jury, rassemblé par l'IHES. Une note de cadrage présentant le sujet de l'atelier est remise aux auditeurs au démarrage de travaux (voir Annexes 6).

Claire WERLEN, directrice de la mission transverse d'appui au pilotage (MTAP) au Centre National de la recherche scientifique (CNRS)

ANIMATION DE L'ATELIER

Philippe Rocher, Consultant EnR & Maîtrise de l'énergie, directeur du cabinet METROL

PERSONNES RENCONTRÉES

Philippe BOUCLY, Président de France Hydrogène (ex-AFHYPAC), conseiller spécial pour GRTgaz

Catherine BRUN, secrétaire générale à GRTGaz

Patrice CHRISTMANN, géologue, formateur et consultant société KRYSMINE

Marc JEDLICZKA, fondateur et Porte-parole de NEGAWATT, directeur Général de l'association HESPUL

Michel LE VAN KIEM, directeur Développement et Innovation au Grand Port Maritime de Bordeaux

Sami RAMDANI, chercheur à l'Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS) et à l'Institut de Recherche Stratégique de l'Ecole Militaire (IRSEM)

Youba SOKONA, vice-président du GIEC

Caroline RENAUDAT, directrice Territoriale Régionale Centre-Val de Loire, GRDF

SOMMAIRE

.....

05 INTRODUCTION : UN IMPÉRATIF DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

06 PARTIE 1 LE GAZ DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

- 06 La place du gaz dans le mix énergétique
- 06 La substitution du gaz fossile par le gaz bas carbone: les défis techniques à relever

07 PARTIE 2 LA BATAILLE DES SCÉNARIOS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : DES ACTEURS NOMBREUX, PEU COORDONNÉS

10 PARTIE 3 LA SOBRIÉTÉ : PILIER DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

- 11 Une sobriété qui rencontre de nombreux freins
- 12 La promotion cruciale d'une société sobre intégrant des changements structurels importants

14 PARTIE 4 CONSTRUCTION D'UN NOUVEAU MODÈLE ÉCONOMIQUE ET ÉCOLOGIQUE POUR LE GAZ BAS CARBONE

- 14 Imaginer et organiser un nouveau marché et une nouvelle modalité de gestion des prix
- 15 Développer et organiser les nouvelles filières industrielles
- 16 Vision systémique pour les politiques publiques

18 PARTIE 5 RÔLE CLÉ DES TERRITOIRES DANS LA TRANSITION GAZIÈRE

- 18 Planification territoriale et déploiement opérationnel : une dynamique à soutenir par la levée d'obstacles
- 19 Une démarche collective et citoyenne pour une meilleure appropriation locale
- 19 Des points de vigilance à lever à l'échelle des territoires

22 ANNEXES

- 22 Lexique des acronymes
- 22 Acteurs du secteur gaz en France
- 23 Modalités de stockage du gaz
- 24 Les modalités de distribution
- 24 Le cas spécifique du transport d'hydrogène
- 24 Sobriété

25 BIBLIOGRAPHIE

LES ATELIERS DU CYCLE NATIONAL



RÉSUMÉ

Ce rapport aborde la place du gaz dans la transition énergétique et la nécessité d'une « défossilisation » en raison du réchauffement climatique.

Il croise les scénarios énergétiques présentés par différents organismes et met en évidence une divergence importante d'appréciation de ces acteurs sur le rôle du gaz à horizon 2050. Il indique l'importance d'accélérer l'effort sur les énergies renouvelables, dont le gaz bas carbone, en attendant l'arrivée des nouvelles tranches nucléaires pour réduire les émissions de CO₂.

Le document met en évidence le besoin vital de sobriété énergétique, il décrit notamment les freins à l'acceptabilité de cette sobriété par les acteurs économiques et propose plusieurs recommandations pour les lever.

Le document aborde les défis techniques associés à la substitution du biogaz au gaz fossile. Il décrit un nouveau modèle économique et écologique pour le gaz bas carbone, comment imaginer et organiser un nouveau marché, et développer les nouvelles filières industrielles.

Enfin, le document insiste sur le nouveau rôle des territoires dans la gestion publique du gaz et la nécessité d'une décentralisation de la production. Il met en évidence l'importance de la planification des territoires et du déploiement opérationnel dans le cadre d'une démarche collective et citoyenne pour une meilleure acceptabilité locale.

INTRODUCTION

UN IMPÉRATIF DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



La transition énergétique s'impose à l'humanité du fait à la fois de la finitude des ressources énergétiques fossiles et du changement climatique. La température au sol est la plus haute depuis 100.000 ans. Cette hausse de la température est directement liée à l'émission de gaz à effet de serre (GES) et en particulier du CO₂ dont la concentration dans l'atmosphère est la plus haute depuis 2 millions d'années¹, produisant une augmentation de la température moyenne dans le monde en 2023 d'environ 1,2 °C.

L'origine de ce réchauffement climatique est désormais bien connue et documentée. Les activités humaines en sont en grande partie responsables, la révolution industrielle et le recours massif à des énergies fossiles pour les besoins de l'industrie, du transport et du chauffage des logements notamment, marquent le début du dérèglement climatique dans l'histoire de l'humanité. En 2021, 75,6 % des émissions mondiales de GES proviennent de la consommation d'énergie, faisant de la lutte contre le changement climatique d'abord et avant tout un défi énergétique². À ces causes, s'en ajoutent d'autres comme le changement d'usage des terres, avec la conversion d'écosystèmes naturels à de l'agriculture ou de l'urbanisation, en lien avec la croissance démographique, ainsi que les changements de régimes alimentaires avec une part croissante de la consommation carnée³, et des élevages liés (consommation nationale et exportation). L'impact de ces activités humaines sur la planète est si important qu'a émergé la notion d'anthropocène, comme une nouvelle époque géologique se caractérisant par l'avènement des humains comme principale force de changement sur Terre, surpassant les forces géophysiques.

Les conséquences de ce changement climatique sont nombreuses⁴. Tout d'abord, ce processus entraîne une augmentation du niveau de la mer, avec des prévisions de hausse de 0,5 à 1 m, voire plus d'ici 2100, affectant directement 30 % de l'humanité vivant dans des régions côtières. Ensuite, la fréquence des événements météorologiques extrêmes est considérablement aug-

mentée : sur la base d'une élévation des températures moyennes de 2 °C, ils sont multipliés par 14. Le stress hydrique va lui aussi augmenter sous l'effet du changement climatique, de la croissance démographique et de l'agriculture. Enfin, la crise climatique est associée à celle de la biodiversité, avec un quart des espèces menacées d'extinction, du fait du changement climatique, de la perte des habitats et de leur exploitation.

Pour lutter contre le réchauffement climatique, un effort considérable doit être réalisé sur la transition énergétique : aujourd'hui encore, le monde reste dépendant des ressources fossiles pour 81 % de sa consommation d'énergie. Cette proportion n'a pas évolué ces vingt dernières années : elle était de 81 % en 1990 et de 81 % en 2019, malgré une conscience commune accrue du changement climatique et de ses causes. Les énergies fossiles étant les plus émettrices de CO₂, il est plus qu'urgent de « défos-siliser » c'est-à-dire d'arrêter de transformer le carbone d'en bas en carbone d'en haut (de sous-sol à atmosphère). Pour « défos-siliser » notre consommation d'énergie, les voies sont connues et sont de quatre ordres : 1. la sobriété énergétique (qui implique un changement des comportements de consommation) ; 2. une amélioration de l'efficacité énergétique (qui implique une évolution technologique) ; 3. une électrification massive des usages avec une électricité bas carbone ; 4. une économie circulaire du carbone dans les secteurs difficiles à électrifier ; le tout avec un usage durable des matières (économie circulaire), une occupation des sols et une utilisation de l'eau raisonnée tout en assurant la sécurité énergétique.

¹ Luthi, Dieter, et al. « High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. » Nature 453.7193 (2008): 379–383

² World Resources Institute

³ En France, entre 1950 et 1990, la consommation de viande (toutes viandes confondues) a progressé continuellement passant de 44 kg/an à 91 kg/an/habitant pour fléchir ensuite aux environs de 85 kg/an/habitant en 1996. <https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/conso.pdf>

⁴ IPCC Sixth Assessment Report (AR6) on the state of knowledge of climate change, its widespread impacts and risks, and climate change mitigation and adaptation

LE GAZ DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



La place du gaz dans le mix énergétique

Le gaz représente environ 27 % des énergies primaires utilisées aujourd'hui dans le monde. En France, il représente 15 % de la consommation d'énergie soit 472 TWh en 2021. Il est surtout utilisé l'hiver pour se chauffer. Son utilisation se répartissait de la manière suivante : 31 % résidentiel, 28 % industrie, 19 % production électricité et de chaleur, 17 % tertiaire¹. En 2022, du fait de la guerre en Ukraine et de l'embargo du gaz russe - qui ont induit une hausse des prix et des efforts d'économies d'énergies-, mais aussi d'un climat doux, la consommation de gaz a diminué à 430 TWh, l'utilisation étant de 59 % pour le résidentiel et le tertiaire, 27 % pour l'industrie, et 14 % pour la production d'électricité².

Le gaz peut être d'origine fossile (on parle de « gaz naturel » ou CH₄) ou être renouvelable : du gaz, produit à partir de biomasse ou d'électricité bas carbone, ou l'hydrogène. Historiquement en France, l'origine du gaz consommé est très majoritairement d'origine fossile. Ce n'est pas la plus émettrice des énergies fossiles : le gaz émet 443 gCO₂/kWh, tandis que le pétrole lourd émet 778 gCO₂/kWh et le charbon émet 1058 gCO₂/kWh (le nucléaire historique en émet lui 6 gCO₂/kWh, 12 en moyenne dans le monde et tenant compte du démantèlement). Par ailleurs, le gaz, qu'il soit d'origine fossile ou renouvelable, présente un certain nombre d'avantages dans le mix énergétique : il permet de fournir une grande puissance énergétique en un temps très court ; il est facilement stockable, transportable sur de longues distances. Il peut donc avoir un rôle singulier à jouer dans l'approvisionnement en énergie en France et notamment dans les périodes de tension, comme lors des pointes de puissance hivernales.

Un des enjeux de cette filière gaz, au regard de nos ambitions de décarbonation et de souveraineté énergétique, est la transition d'un méthane fossile à un gaz bas carbone : bio- et électrogaz et/ou hydrogène (H₂).

La substitution du gaz fossile par le gaz bas carbone: les défis techniques à relever

Il existe de nombreux procédés pour produire du biogaz/ gaz bas carbone. Les principaux sont : la méthanisation, process déjà industrialisé, la pyrogazéification et la méthanation encore en cours de validation.

LA MÉTHANISATION

La méthanisation est le mécanisme de transformation de la matière organique par un ensemble de micro-organismes en l'absence d'oxygène (processus de digestion anaérobie). Ce phénomène produit du digestat qui présente une valeur agronomique et du biogaz. Le biogaz est un mélange gazeux combustible composé majoritairement de méthane et de CO₂, mais également de substances en traces (ammoniac, hydrogène sulfuré, composés organiques volatils...).

Comme toutes les technologies dans le domaine de l'énergie et du traitement de déchets, la méthanisation est susceptible de générer des fuites de gaz, des odeurs et des risques environnementaux. Elle est donc encadrée par la réglementation qui définit les exigences applicables à ces installations afin de prévenir ou réduire les impacts sur l'environnement. Les petites ne sont pas soumises à cette réglementation. La méthanisation a atteint un stade industriel en France avec 480 installations en opération produisant 8,5 TWh/an en 2022. Elle est principalement utilisée par le monde agricole comme solution pour gérer les déchets et apporter un complément de revenu.

LA PYROGAZÉIFICATION

La pyrogazéification est un procédé de traitement des déchets qui consiste à chauffer les matières organiques à haute température (jusqu'à 1500°) en absence d'air pour les transformer en gaz de synthèse. La pyrogazéification vise plutôt le traitement des déchets secs (bois,...). Elle permet de valoriser ces déchets en produisant une énergie renouvelable sous forme de gaz de synthèse. Ce procédé est également considéré comme une alternative intéressante aux incinérateurs traditionnels, car il produit moins de cendres et d'émissions de gaz à effet de serre. La pyrogazéification est une technologie encore peu répandue en France, mais il existe quelques expériences en cours ou déjà réalisées, comme par exemples notables :

- Démonstateur Gaya produisant du méthane de synthèse à partir de Combustible Solide de récupération
- Projet Salamandre d'Engie sur le port du Havre.
- Projet Hymoov, regroupant les sociétés Idea et Irémia et ayant pour objectif de produire 33 GWh/an de gaz en traitant 15.000 t/an de déchets.

¹ Données 2021 du Ministère de la Transition Écologique

² Source : GRTgaz : Tableau de bord de la consommation de gaz en France

LA MÉTHANATION

La méthanation est un processus de conversion chimique qui consiste à transformer le dioxyde de carbone (CO₂) et le dihydrogène (H₂) en méthane (CH₄). La méthanation est une technique prometteuse pour la production de gaz naturel renouvelable à partir de sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire ou éolienne, car elle permet de stocker l'énergie sous forme de méthane. Celui-ci peut alors être utilisé comme carburant ou pour produire de l'électricité (Power to Gas). On parle alors d'électro-méthane. Ce processus contribue également à la réduction des émissions de CO₂ de certains processus industriels (ex : sidérurgie). En effet, plutôt que de rejeter le CO₂ dans l'atmosphère, il est capté et utilisé dans le processus de production de gaz. La production de gaz naturel renouvelable (GNR) à partir de sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie éolienne et solaire

par processus de méthanation reste expérimentale sur le territoire français. On peut citer 4 exemples :

- Power-to-Gas en région Île-de-France : un projet pilote lancé en 2018 pour produire du GNR à partir d'énergie éolienne et solaire, avec une capacité de production de 100 kW.
- Démonstrateur GRHYD piloté par Engie en partenariat avec GRDF, le CEA, Areva H2Gen et l'Ademe, teste l'injection d'hydrogène produit à partir d'électricité renouvelable dans le réseau de distribution de gaz naturel et la production d'hythane®. Le projet GRHYD est entré dans sa phase de démonstration en 2018 : les premières molécules d'hydrogène ont été injectées dans le réseau local de distribution de gaz naturel pour alimenter en chauffage et en eau chaude les logements.

LA BATAILLE DES SCÉNARIOS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : DES ACTEURS NOMBREUX, PEU COORDONNÉS



Dans la perspective de l'atteinte de la neutralité carbone en 2050, des scénarios énergétiques ont été construits par de nombreux acteurs et comparés entre eux afin d'offrir au décideur politique des options objectives basées sur une démarche scientifique.

Cette construction s'appuie sur des hypothèses de répartition entre les différentes énergies primaires (nucléaire, solaire, éolien, hydraulique, biomasse...) et en estime un certain nombre de paramètres, en particulier leur impact environnemental (empreinte carbone), leur efficacité énergétique et le coût global du système associé.

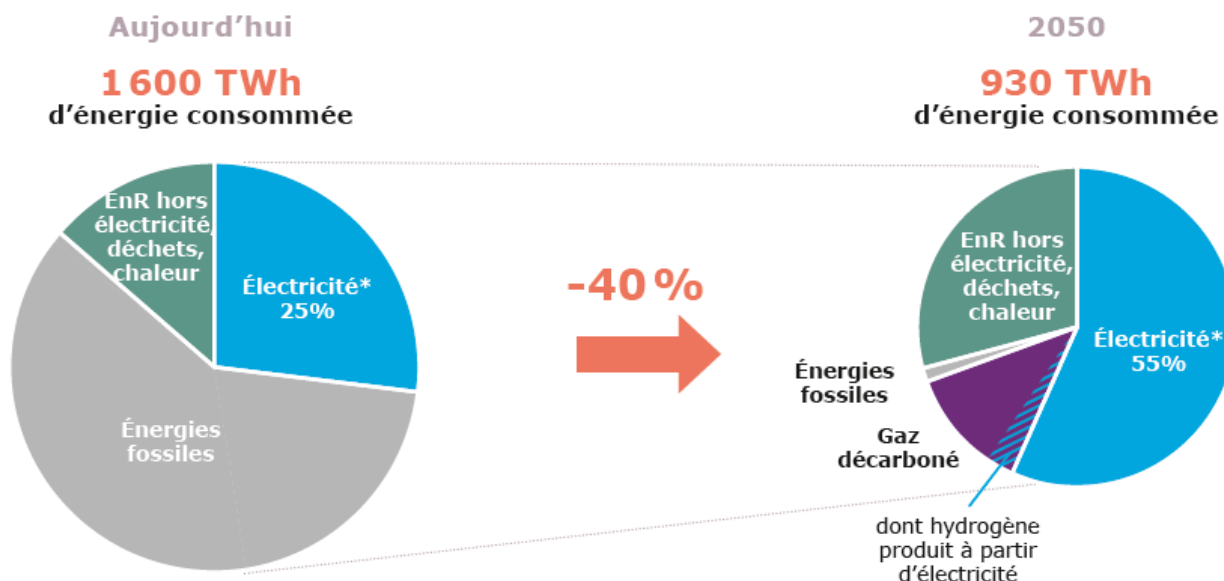
Certains (ADEME, Negawatt notamment) considèrent toutes les énergies primaires comme des paramètres d'entrée de leur modèle, c'est-à-dire dont la part peut varier. D'autres, comme les Futurs Énergétiques 2050 de RTE¹, fixent un certain nombre de paramètres comme la quantité de certaines énergies primaires (gaz bas carbone notamment) et étudient des parts variables de différentes sources de production d'électricité. Ce dernier rapport de RTE est le fruit d'un travail considérable dont on peut penser qu'il fait aujourd'hui référence, et sur lequel la Présidence de la République française s'est vraisemblablement appuyée pour présenter son propre plan énergétique préfiguré lors du discours du président de la République à Belfort en février 2022.

Les scénarios Futurs Énergétiques 2050 de RTE, comme la plupart des scénarios énergétiques sont en adéquation avec la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), et font des éléments suivants leur point de départ :

- **Sobriété** : diminution de 40 % de la consommation d'énergies finales en France (de 1650 TWh aujourd'hui à 930 TWh en 2050)
- **Efficacité énergétique** et, à ce titre, électrification massive des usages. Le scénario de référence fait l'hypothèse d'une consommation finale d'électricité de 645 TWh. Un scénario haut de "réindustrialisation profonde" à 750 TWh est également décrit (celui que la Présidence de la République privilégie).
- **Souveraineté énergétique**. Parmi les éléments structurants de la SNBC figure le fait d'écarter ou de limiter très fortement l'importation de combustible depuis d'autres pays. **"En conséquence, l'approvisionnement énergétique d'une France neutre en carbone est appelé à être quasi exclusivement (à hauteur de 95 %) couvert par la biomasse et par de l'électricité bas-carbone" (source RTE).**

¹ https://assets.rte-france.com/prod/2022-06/Futurs%20%C3%A9nerg%C3%A9tiques%202050%20_%20rapport%20complet.zip

Consommation d'énergie finale en France et dans la SNBC

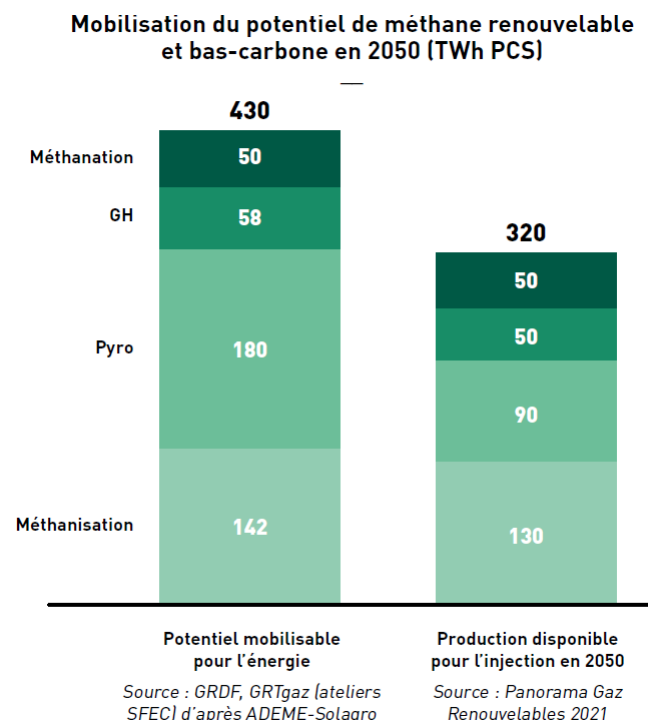


Source: Futurs Energétiques 2050, RTE

La question du gisement de biomasse disponible est donc cruciale quant à la place du gaz dans la transition énergétique. La SNBC estime ce potentiel à hauteur de 150 TWh de biométhane (à comparer aux 480 TWh de méthane consommé en France annuellement). Dans ces conditions, les scénarios RTE réservent le gaz bas carbone (biométhane, électro-méthane, hydrogène bas carbone) à des usages difficilement électrifiables (matières premières pour l'industrie, transport lourd et longue distance, chaleur très haute température pour des applications très spécifiques, stockage massif de l'énergie sur de longues durées). Cela a évidemment beaucoup de sens, ne serait-ce que pour des raisons d'efficacité énergétique. Citons l'exemple de la mobilité électrique : le rendement énergétique global d'un véhicule à batterie est d'environ 75 %, celui d'un véhicule à électro-combustible d'environ 15 %.¹ Toujours en accord avec la SNBC, les scénarios RTE réservent entre 20 et 35 TWh de biométhane pour la production d'électricité pilotable en substitution de l'hydrogène, sur les 150 TWh déjà mentionnés. Ceci est à comparer aux besoins de production d'hydrogène par électrolyse, évalués suivant ces mêmes scénarios entre 35 et 120 TWh.

Les acteurs de la filière gazière ont cependant construit leurs propres scénarios. On peut citer notamment ceux des gestionnaires de réseau ("perspectives gaz 2022"², GRDF, GRTgaz, Teréga et le SPEGNN) et d'Engie. Ceux-ci n'utilisent pas les mêmes hypothèses que celles des scénarios type "électricité" comme ceux de RTE, même si on peut estimer qu'ils sont bien moins aboutis. Cependant, s'appuyant sur des études de l'ADEME et de Solagro

notamment, ils estiment raisonnable de produire **320 TWh de méthane renouvelable à l'horizon 2050** (voir figure ci-dessous), grâce aux filières méthanisation, pyrogazéification, gazéification hydrothermale et méthanation. Ces 320 TWh sont à comparer aux 150 TWh considérés par la SNBC.



¹ Transport & Environment, How to decarbonise European transport by 2050 (2018)

² https://www.grtgaz.com/sites/default/files/2022-07/Rapport_PerspectivesGaz2022_Web.pdf

Cette différence est considérable et, si avérée, son impact sur un système énergétique à l'échelle du territoire national devrait être évalué. Malgré une efficacité énergétique faible déjà mentionnée, un système énergétique conçu pour utiliser une quantité importante de méthane bas carbone possède les avantages suivants:

- réutilisation d'infrastructures existantes (distribution, transport, stockage), en particulier un réseau historique, dense, jusqu'au consommateur final, industriel ou particulier.
- réutilisation de centrales thermiques à méthane plutôt que construction de nouvelles centrales dédiées à l'hydrogène
- valorisation de la biomasse de seconde génération (n'entrant pas en compétition avec les usages alimentaires)
- diminution du besoin de production d'hydrogène par électrolyse dont le coût de production est potentiellement plus important
- augmentation du rendement de conversion global du carbone
- diversification des sources d'énergie, donc amélioration de la résilience d'un système énergétique décarboné. Un exemple notable concerne la mobilité: une mobilité multi-énergie peut contribuer à réduire notre dépendance vis-à-vis de certains matériaux critiques, en particulier pour la mobilité lourde.

Il semble donc essentiel d'évaluer dans quelle mesure l'utilisation d'une quantité importante de méthane bas-carbone contribuerait à diminuer le coût et le risque de la transition énergétique. Il semble non moins important d'évaluer un certain nombre d'inconvénients potentiels d'une telle utilisation:

- comme déjà mentionné, le rendement global de la chaîne de conversion du vecteur énergétique "gaz" peut être faible. C'est en particulier le cas d'une chaîne de conversion "Power-to-gas-to-Power" qui consiste à utiliser la filière méthanation pour produire du méthane à partir d'électricité (renouvelable), puis à transformer à nouveau ce méthane en électricité.
- le méthane est un gaz à effet de serre dont l'impact sur le réchauffement climatique est de 25 à 30 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone. Les fuites, volontaires ou non, lors de maintenances de sites pétrogaziers constituent jusqu'à 18 % des émissions de méthane dans le monde aujourd'hui¹. Une éventuelle production décentralisée massive de bio- ou électro-méthane se doit donc d'adopter des normes très strictes afin de détecter et réduire ces fuites.

Il nous paraît primordial que des scénarios globaux soient co-construits par la filière gazière et la filière électrique, en s'accordant sur gisements potentiels, répartition des usages et production, de manière similaire aux scénarios RTE, mais en incluant une part variable de gaz bas carbone. Une concertation publique a été récemment initiée conjointement par RTE et GRTgaz sur la filière hydrogène et l'emplacement des électrolyseurs. Cela nous apparaît comme un pas dans la bonne direction, mais il nous semble également qu'il est nécessaire d'aller plus loin pour définir collectivement le système énergétique permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, système le plus optimal possible d'un point de vue économique, sociétal et efficacité.

L'implication d'acteurs de la recherche publique, tant du domaine des technologies de l'énergie que de l'économie de l'énergie, apporterait des éléments experts, objectifs et neutres sur cette question et nous semble également clé.

Recommandation : Organiser le dialogue entre acteurs du secteur, sous égide de l'État, avec l'ensemble des parties prenantes du système énergétique national, et en diffusant la stratégie nationale arrêtée.

Plus généralement, et compte-tenu des constantes de temps technologiques et industrielles, l'atteinte ou non des engagements de l'Accord de Paris et l'atteinte de l'objectif d'un système énergétique défossilisé à l'horizon 2050 dépend très largement des décisions qui seront prises à très court terme et de leur implémentation sur la durée.

D'autre part, comme pointé par la commission parlementaire visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France², en se focalisant sur l'électricité et la place que doit occuper le nucléaire face aux énergies renouvelables, les décideurs politiques ont contribué à retarder la sortie des énergies fossiles. La France est le seul pays de l'UE à ne pas avoir respecté ses engagements de part d'énergies renouvelables dans sa consommation finale brute énergétique en 2020³. Pourtant, la proposition la plus haute de la filière industrielle nucléaire consiste en une puissance installée de 50 GW de production nucléaire à l'horizon 2050, soit moins de 50 % des 750 TWh d'électricité prévus dans le scénario privilégié par l'État. D'une part, les énergies renouvelables devront constituer au moins 50 % de la part d'électricité en France en 2050. D'autre part, les nouvelles centrales nucléaires, dont la construction a d'ores et déjà été décidée, ne seront pas mises en service avant la période 2037 à 2040.

¹ <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj4351> ou <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.06387>

² <https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/organes/autres-commissions/commissions-enquete/ce-independance-energetique/documents?typeDocument=rappor+d%27enqu%C3%AAt>

³ https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/01/31/energies-renouvelables-la-france-seul-pays-de-l-union-europeenne-a-avoir-manque-ses-objectifs_6111689_3234.html et <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4318263>

Il paraît donc primordial de sortir de l'opposition nucléaire / renouvelables et d'accélérer très fortement l'installation de moyens de production d'énergies renouvelables pour diminuer le risque qui pèsera dans la période transitoire des quinze prochaines années sur la souveraineté énergétique de la France, et de questionner également le tropisme électrique français en évaluant la part optimale du gaz bas carbone dans ces moyens de production installés à court terme.

LA SOBRIÉTÉ : PILIER DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

« le plus grand gisement d'énergie pour le futur est celui que nous pourrions économiser »

Marc JEDLICZKA, fondateur et Porte-parole de NEGAWATT, Directeur Général de l'association HESPUL

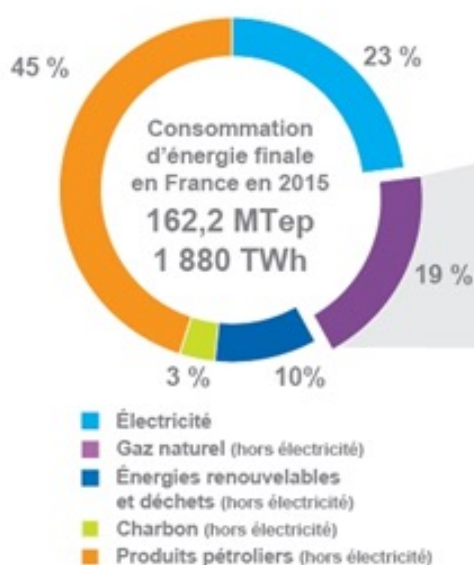
Pour faire face aux défis énergétiques, l'ensemble des scénarios évoqués ci-dessus intègrent des baisses conséquentes de consommation énergétique (jusqu'à moins 40 %) avant d'évoquer la transformation des énergies fossiles vers des énergies renouvelables associées à des gains en efficacité énergétique.

Cette baisse de consommation est à l'origine de la nouvelle notion de "sobriété", notion qui est entrée dans le vocabulaire politique depuis la guerre en Ukraine.

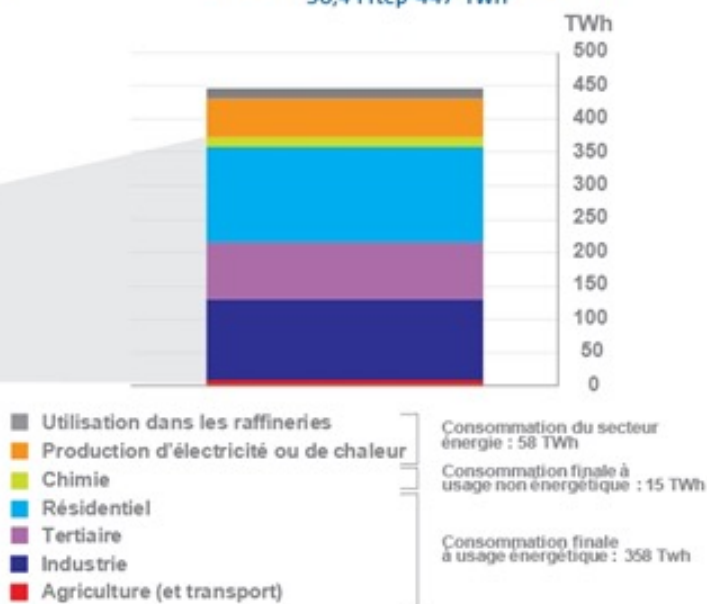
Le dictionnaire Littré définit la sobriété comme « la tempérance dans le boire et le manger. » ; il ajoute qu'au sens figuré, on parle de « modération, retenue ». Traditionnellement connue en matière de consommation d'alcool, la sobriété est de plus en plus utilisée dans divers domaines. Aujourd'hui, on pourrait définir la sobriété comme étant le fait de produire et de consommer moins et autrement.

C'est dans cette optique que le gouvernement a lancé le « plan de sobriété énergétique » en juillet 2022, qui vise à consommer

La place du gaz dans le mix énergétique en France en 2015 et ses usages



Les usages du gaz naturel en France en 2015 par secteur
38,4 Mtep-447 TWh



Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire

moins d'énergie par un usage approprié, sans excès et mutualiser des équipements consommateurs d'énergie afin de faire face au risque de pénurie liée à la guerre en Ukraine¹.

Les secteurs les plus énergivores sont l'industrie chimique et la métallurgie : le premier consomme beaucoup de gaz, de produits pétroliers et d'autres énergies, le second est plutôt utilisateur de combustibles minéraux solides (CMS).

En 2020, la consommation de gaz s'établit à 494 TWh PCS, en baisse de 1,7 % par rapport à 2019. En 2019, le résidentiel représente 31 % de cette consommation, devant l'industrie (28 %), la production d'électricité et de chaleur (19 %) et le tertiaire (17 %).²

Au regard des secteurs les plus énergivores, il en ressort que la sobriété doit s'appliquer au consommateur mais également aux entreprises dans le cadre de leur activité.

Une sobriété qui rencontre de nombreux freins :

L'EFFET REBOND ANNIHILANT LES GAINS EN EFFICACITÉ

La consommation énergétique dans les pays de l'OCDE a été multipliée par 1,5 de 1971 à 2016, malgré les nombreux gains en efficacité pendant la même période.

Les gains en efficacité énergétique sont en effet souvent annihilés par l'effet rebond³. Barbara Nicoloso⁴ évoque à ce sujet la notion de « société en ébriété énergétique ».

UN MODÈLE ÉCONOMIQUE BASÉ SUR LA CROISSANCE À REVOIR EN PROFONDEUR

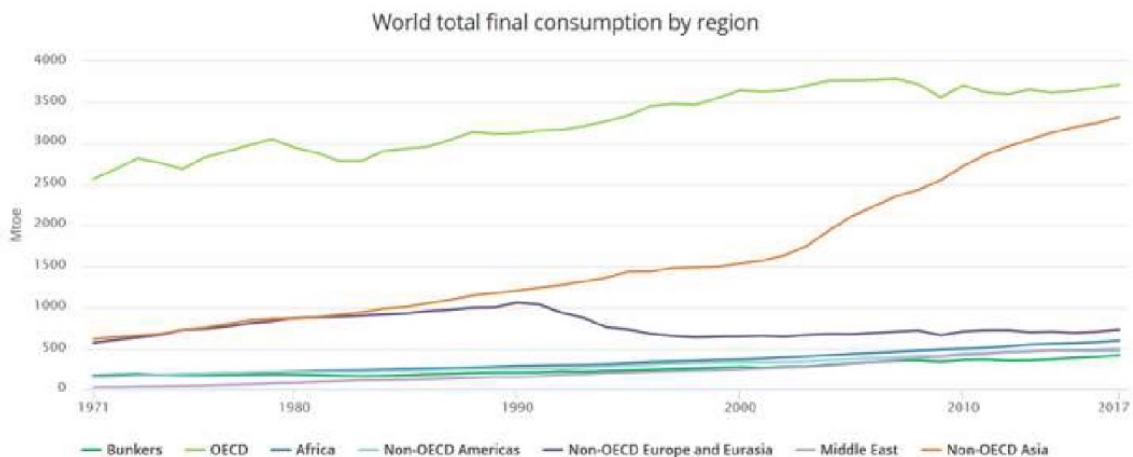
La croissance est, elle, liée à une consommation continue, en perpétuelle augmentation, elle est présentée comme illimitée alors que la planète a des ressources limitées.

Les notions, croissance et sobriété, ont ainsi l'air de poursuivre des objectifs différents voire antagonistes⁵.

Pour atteindre le niveau de sobriété attendu, il est nécessaire certes de travailler sur des gains en efficacité, mais également de travailler le niveau des demandes.

Agir contre le changement climatique et pour la biodiversité, c'est également agir pour la santé publique, l'économie, la géopolitique, la qualité de vie, passer à un autre modèle, celui qui viserait le bonheur et le bien-être animal, humain et environnemental comme objectif principal, valeurs largement partagées.

La consommation d'énergie a été multipliée par près de 1,5 dans les pays de l'OCDE entre 1971 et 2016



¹ PLAN DE SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE Dossier de presse 6 octobre 2022 - <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/dp-plan-sobriete.pdf> - Sobriété énergétique : un plan pour réduire notre consommation d'énergie - <https://www.ecologie.gouv.fr/sobriete-energetique-plan-reduire-notre-consommation-denergie>

² <https://www.strategie.gouv.fr/publications/place-gaz-transition-energetique>

³ L'effet rebond, dont le cas extrême est le paradoxe de Jevons, peut être défini comme « l'augmentation de consommation liée à la réduction des limites, à l'utilisation d'une technologie, ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation... ». Les exemples abondent, notamment ceux liés à l'automobile, aux équipements numériques, aux datacenters - Article dans L'Écologiste (éd. française de The Ecologist, vol. 4, no 11, octobre 2003), vol. 4, no 3, p. 45 [PDF] [lire en ligne [archive]]

⁴ Barbara Nicoloso, directrice Virage Energie - Petit traité de sobriété énergétique - édition Charles Leopold Mayer 2021 Petit traité de sobriété énergétique | ECLM

⁵ https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/04/13/la-chute-de-la-productivite-en-france-un-mystere-et-des-consequences_6169423_3234.html

La promotion cruciale d'une société sobre intégrant des changements structurels importants

AGIR SUR LES COMPORTEMENTS INDIVIDUELS

> UNE SENSIBILISATION INDISPENSABLE MAIS PEU EFFICACE SUR LES CONSOMMATIONS

Pour mener à bien la transition énergétique et climatologique, il convient de former, éduquer toute la population comme tous les acteurs publics et économiques.

Si ces actions de sensibilisation et de formation sont essentielles et un préalable indispensable, elles n'ont peu ou pas d'effet sur les comportements des individus ou et la consommation globale finale.

Il y a diverses raisons à ces freins. Thierry Ripoll, chercheur en psychologie cognitive, auteur de « Pourquoi détruit-on la planète ? » a mis en évidence que notre fonctionnement cérébral fait face à deux tensions contradictoires : celle issue de forces évolutives archaïques nous incitant à croître, notre cerveau n'étant pas programmé pour s'auto-limiter, et celle issues des parties les plus évoluées de notre cerveau nous enjoignant à prendre en compte les limites de notre planète. En outre, les effets des petits gestes ou changements d'habitudes ne produisent pas d'effets visibles à court terme sur le climat et n'ont pas d'impacts ou de bénéfices individuels directs mesurables. La déconnection entre le geste individuel, voire collectif, et l'effet global positif, comme négatif, à long terme est sans aucun doute un frein à l'action.

Nous préconisons, pour changer nos habitudes, de créer des outils qui mettent en évidence les effets (et les efforts d'une certaine manière) pour rendre visible les résultats de nos comportements. On pourrait imaginer une application de type « nutriscore énergétique », un compte personnel « mon empreinte carbone.com en s'inspirant des modèles ecowatt/eco gaz¹ »²

> AGIR AVEC LES SCIENCES COMPORTEMENTALES ET PROPOSER DE NOUVEAUX RÉCITS

Pour promouvoir la sobriété, on peut agir sur les comportements individuels au travers des biais comportementaux (dit Nudge), assez efficaces en temps de crise comme on l'a vu avec la crise

sanitaire du Covid ou cet hiver avec la baisse de consommation du fait de la crise en Ukraine³. Néanmoins, l'effet « prix » a largement participé à la baisse de la consommation individuelle des ménages et des entreprises⁴.

Les « nudges » ne sont cependant pas suffisants pour faire changer les comportements dans la durée et en profondeur, ils doivent être associés à d'autres dispositifs pour avoir des résultats.

Il nous semble donc nécessaire de travailler les représentations sociales. Les représentations actuelles portées par les médias, le marketing et la publicité, reflet de notre société de consommation et de croissance, sont en totale contradiction avec les actions à engager.

Pour cela, de nouveaux récits désirables, compatibles avec la finitude de notre planète doivent être imaginés. Les médias, presse écrite ou audiovisuelle, traditionnels ou sur les réseaux, les communicants et influenceurs, les artistes⁵ et le monde de la culture, les philosophes, les architectes, les auteurs de science-fiction, sont autant d'acteurs permettant de faire évoluer les mentalités et des modèles de « réussite sociale » qui ne soient plus uniquement fondés sur des schémas de frénésie de consommation.

Valerie Martin, cheffe de service à l'ADEME propose de réajuster notre symbolique en diffusant des valeurs et des normes sociales et sociétales plus respectueuses du vivant et de l'humain⁶. Changer les mentalités, c'est arriver à ce que chacun se valorise ou soit reconnu pour son niveau d'absence d'empreinte carbone.

Cependant, pour que les individus adoptent un mode de vie sobre, l'offre des produits et de services existants doit évoluer, ce qui renvoie au rôle également majeur des entreprises (en proposant des équipements sobres), des collectivités locales et de l'État. Il s'agirait de mettre l'accent sur « l'être » et le bien être, changer le regard que l'on porte sur la consommation, la sobriété. Ce changement doit être au cœur de l'éducation portée à nos enfants.

Pour relever les défis sociaux et écologiques, nous devons réussir à transformer en profondeur nos sociétés et rendre ces métamorphoses désirables pour tous. L'économiste Timothée Parrique propose de travailler à la mise en place d'une société « post croissance »⁷

RÉALISER DES CHANGEMENTS STRUCTURELS PROFONDS

¹ <https://www.grtgaz.com/medias/communiqués-de-presse/ecogaz>

² Idée qui fait écho au roman Tsunami - Marc Dugain (« pass environnement individualisé qui établit le bilan carbone de chaque individu »)

³ <https://www.ecologie.gouv.fr/suivi-hebdomadaire-consommation-energetique-france>: Consommation cumulée observée depuis le 1er août 2022, au 14 mai 2023 : Gaz naturel (hors centrales à gaz), 327,2 TWh PCS, Écart par rapport à 2018-2019 -16,7 %

⁴ Enquête IPSOS pour RTE évoquée dans l'article du Monde - https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/06/07/consommation-de-gaz-et-d-electricite-la-france-a-du-mal-a-passer-d-une-sobriete-de-crise-a-une-sobriete-plus-structurelle_6176517_3234.html

⁵ Supermarket Lady, Duane Hanson, 1969 ; I shop therefore I am » (1987), Barbara Kruger

⁶ cf Interview Valérie Martin cheffe du service Mobilistaion citoyenne et médias à l'ADEME « changer d'imaginaire pour rendre la sobriété désirable <https://www.communication-publique.fr/actualite/changer-dimaginaire-pour-rendre-la-sobriete-desirable/>

⁷ Timothée Parrique, ralentir ou périr - éditions du Seuil

Pour agir dans la durée, il conviendrait de travailler sur des changements structurels et des nouveaux modèles de société.

Concernant les changements structurels, Catherine Grandclément, sociologue EDF R&D évoque comme exemple le développement du vélo dans les trajets domicile travail. Ce changement de comportement¹ profond n'est possible qu'à la double condition d'une politique d'incitation (forfait mobilité, formation remise en selle, défi interentreprises...) accompagnée d'investissements importants dans des infrastructures de type pistes cyclables, indispensables à des trajets sécurisés et facilités. Le développement dans la durée des mobilités douces sur Paris depuis la mise en place des "coronapistes" est un bon exemple de changements structurels profonds.

Concernant le gaz, et compte tenu de son usage principal dans les bâtiments, les changements structurels à réaliser du point de vue de l'ADEME² sont : l'incitation à l'isolation des bâtiments (efficacité énergétique); l'arrêt des installations et renouvellement des chaudières à gaz, substitution par des pompes à chaleur (cf rapport Pisani 2023) ; l'incitation à la production d'énergie sur les territoires (méthanisation) ; la promotion des habitats participatifs pour la mise en commun d'équipements communs (buanderie, espace commun, ...) et limiter globalement le taux de surface chauffée par personne ; la maintenance des réseaux gaziers pour éviter les fuites ;

Ces changements structurels devront être associés à des changements individuels tels que la baisse des températures de chauffage, l'amélioration et isolation des installations, le calorifugeage des ballons d'eau chaude et de la tuyauterie de distribution³, l'absence d'eau chaude dans les sanitaires des bâtiments publics, ainsi que toutes les autres propositions du plan de sobriété⁴.

Ces changements doivent être accompagnés de mesures d'incitation (financières, fiscales, ...), de mise en place de dispositifs d'intéressement aux économies réalisées pour les populations, voire de sanctions pour assurer leur effectivité.

TRAVAILLER LA QUESTION DU PRIX

Une question essentielle reste liée au prix de l'énergie et plus spécifiquement au prix du gaz pour ce qui nous intéresse. Historiquement, la France propose un prix unique sur l'ensemble de son territoire et un prix extrêmement bas au regard de ses voisins eu-

ropéens. Or, le signal prix est une très forte incitation à la sobriété. Les économies réalisées cette année ont été majoritairement motivées par la crainte de surcoût énergétique pour les acteurs économiques, particuliers ou non.

Nous recommandons donc de réfléchir à une gestion des prix du gaz en associant la nécessaire protection des plus précaires et l'incitation à l'économie par le signal prix, pour son acceptation sociale. Il faut trouver un dispositif adapté aux besoins effectifs de chacun et à la capacité à réduire sa consommation. Plusieurs pistes pourraient être explorées pour une tarification sociale de l'énergie : mise en place de tarification progressive et de paliers de consommation⁵, mise en place de quotas individuels et de dispositifs incitatifs ou restrictifs en fonction de la consommation des acteurs (ménages, institution, entreprises...).

La sobriété doit être au cœur de toutes les politiques publiques, portées par tous les ministères dans le cadre des politiques de transition écologique et être intégrée aux études d'impact législatives (en plus de l'impact environnemental).

Ce sujet, lié à l'urgence climatique, doit dépasser les échéances électorales et être porté sans intermittence politique. Ceci doit être traité, partagé, décidé également au niveau européen pour assurer une cohérence dans la mise en place de mesures et répondre aux enjeux mondiaux et européens du rapport du GIEC.

INTÉGRER DANS LA CONSTITUTION FRANÇAISE D'UNE OBLIGATION/DEVOIR DE SOBRIÉTÉ

Compte tenu de l'urgence climatique, et de la place de la sobriété dans les différents scénarios, intégrer la sobriété dans la charte de l'environnement, insérée au bloc de constitutionnalité, marquerait un pas supplémentaire dans les usages, les politiques et le droit (opposable aux entreprises, aux individus).

Alternative à cette recommandation, le principe pourrait trouver une place dans la partie législative du Code de l'environnement par exemple dans l'Article L110-1 relatif aux principes généraux (à l'instar du principe pollueur-payeur inscrit dans cet article).

La sobriété pour être efficace et qu'elle ait le temps de voir ses effets, doit être garantie par les institutions au-delà des querelles trans-partisanes. Dans cette perspective, elle pourrait faire l'objet d'une modification de la constitution française ou de la Charte de l'environnement de 2004[1], par exemple en modifiant

¹ Rapport mai 2023 les incidences économiques de l'action pour le climat - Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/2023-incidences-economiques-transition-climat-rapport-de-synthese_1.pdf

² <https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/maison/economies-denergie/chauffage-gaz-comment-faire-economies>

³ <https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/maison/economies-denergie/chauffage-gaz-comment-faire-economies>

⁴ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/dp-plan-sobriete.pdf> : Gestion intelligente des bâtiments tertiaires (BACS), Thermostats dans les logements, Écogestes électriques - Isolation des réseaux d'eau, Absence de terrasses chauffées / portes fermées des commerces, Extinction des enseignes et publicités lumineuses entre 1 et 6 h, Individualisation des frais de chauffage, Réduction de la période de chauffe, Réglage de la température des ballons d'eau chaude à 55°C, Maintenance des équipements de chauffe, Remplacement luminaires publics par des LED.

⁵ Barbara Nicoloso - Traité de sobriété énergétique, elle évoque trois paliers de consommation et de tarification : essentiel, utile, confort avec surfacturation des consommation excessive

l'article 2 : « Toute personne a le devoir de prendre part à la préservation et à l'amélioration de l'environnement par un comportement sobre »,

ou l'article 8 : « L'éducation et la formation à l'environnement et à la sobriété doivent contribuer à l'exercice des droits et devoirs définis par la présente Charte ».

Il serait dommage que les modalités de mise en œuvre et de contrôle de cette proposition la relèguent au rang d'ex voto.

Recommandations :

- Mettre la sobriété au cœur de toutes les politiques publiques.
- Agir sur les comportements individuels par la sensibilisation, la formation et la promotion de nouveaux récits, en travaillant sur des changements structurels profonds.
- Travailler la question du prix de vente du gaz pour concilier la nécessaire incitation à la sobriété tout en préservant la compétitivité.
- Intégrer dans la Constitution française une obligation/devoir de sobriété pour soutenir les changements d'usages, les politiques et le droit.

CONSTRUCTION D'UN NOUVEAU MODÈLE ÉCONOMIQUE ET ÉCOLOGIQUE POUR LE GAZ BAS CARBONE



Le cours du gaz s'est établi à environ 40 € du MWh en Europe après la crise ukrainienne. Auparavant, il était significativement inférieur en raison de l'approvisionnement en gaz russe abondant et bon marché. Cependant, l'ensemble des pays considèrent maintenant un approvisionnement mono-source comme trop dangereux. Ainsi, même si le gaz russe revient sur le marché Européen, la diversification nécessaire induira une augmentation du coût par rapport à ce qu'il était avant la guerre.

La production de gaz par processus de méthanisation est en France de l'ordre de 80 € du MWh, pour la pyrogazéification les projections indiquent un coût de l'ordre de 120 €/MWh et pour la méthanation de l'ordre de 150 €/MWh.

L'avenir du gaz naturel en France dépend de la capacité à produire du biogaz à un coût compatible avec les contraintes de compétitivité du système énergétique français. Les pouvoirs publics ont un rôle capital dans le développement d'une filière de production de biogaz compétitive. Deux axes doivent être travaillés : organiser le marché et la régulation des prix en sélectionnant et développant les filières industrielles.

Imaginer et organiser un nouveau marché et une nouvelle modalité de gestion des prix

Dans le contexte du marché du gaz, le prix d'achat du biogaz produit est l'élément fondamental. C'est à l'État d'organiser le marché pour assurer la production de gaz dans les quantités nécessaires en assurant l'équilibre entre les gains des producteurs et le prix de marché. Actuellement, l'État subventionne la production en achetant le biogaz à un prix supérieur au prix du marché. Cela correspond à une subvention de l'ordre de 40 €/MWh pour la méthanisation. Cependant, il est important de noter que la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) a conditionné l'objectif de développement du biogaz d'ici à 2030 à des baisses de coûts à 75 €/MWh PCS en 2023 et 60 €/MWh PCS en 2028.

L'État procède par mécanisme d'enchères pour attribuer des volumes de production annuelle de gaz à prix fixé sur 10 à 15 ans. L'avantage du mécanisme est de permettre aux acteurs de se positionner dans la durée avec des revenus garantis et à l'État de mettre en concurrence l'attribution des marchés pour valoriser des organisations de production les plus efficaces. Cette méthode permet le développement de la filière, mobilise les acteurs et permet une augmentation du nombre de projets.

La méthode ayant montré son efficacité pour initier un processus industriel pour la méthanisation, pourrait être reproduite pour les processus de pyrogazéification et de méthanation qui n'ont

pas encore atteint un stade industriel et nécessitent d'être accompagnés (aides, réglementation, etc.).

Afin de rendre les processus de production de biogaz / gaz bas carbone économiquement pérenne, il convient d'investiguer la piste d'achat du carbone. En effet, le point commun à l'ensemble des processus de production de biogaz est qu'il transforme le CO₂ disponible, par méthanisation¹, dans les déchets pour la pyrogazéification et issus des processus industriels pour la méthanation. Cette capture a une valeur en soi pour la société et pourrait être rémunérée. Il pourrait être intéressant d'étudier comment des acteurs économiques ou étatiques pourraient racheter le volume de CO₂ capturé ainsi participer à l'équilibre du modèle économique de production des biogaz. Pour les entreprises ayant des quotas d'émission de CO₂, ce rachat de carbone capturé serait intégré dans leur bilan carbone et viendrait réduire leurs émissions de CO₂ soumises à quota. La rémunération du volume de CO₂ capturé pourrait être calculée à partir du coût du carbone émis. Ainsi le carbone se rapprocherait d'un marché physique, où une taxe carbone est payée par l'émetteur du carbone et une rétribution est donnée à l'acteur qui le capture et le valorise ou le stocke.

Ainsi, une fois la technologie ayant un bon niveau de maturité, plutôt que de faire des appels d'offres pour l'achat de méthane, l'État pourrait passer des appels d'offres pour de la captation de CO₂, rendant ainsi les modèles économiques pérennes sans phénomène de subvention.

Quelle que soit la solution retenue, il est important de proposer des modèles économiques pérennes et fiables dans le temps pour attirer les investissements aussi bien financiers qu'humains et ainsi développer les solutions les plus efficaces possibles.

Recommandations : Stabiliser le fonctionnement « marché carbone » pour permettre de valoriser la captation du carbone dans la production de biogaz.

Développer et organiser les nouvelles filières industrielles

L'impact sur les acteurs industriels des politiques énergétiques publiques est massif. À titre d'exemple, il a été constaté sur le solaire dans les années 2010 où les politiques publiques avaient conduit à un investissement important qui a essentiellement profité à l'industrie chinoise.

Pour chaque processus pour lequel un dispositif d'aide publique est engagé et donc pour le développement d'une nouvelle filière

Gaz bas carbone, il convient de :

- recenser l'ensemble des acteurs et notamment ceux qui conçoivent et produisent les solutions, ceux qui installent et enfin ceux qui opèrent.
- informer les acteurs et les aider en amont à développer des solutions matures.
- accompagner ces acteurs vers l'export, notamment ceux qui conçoivent et produisent les solutions puisqu'ils sont les plus sensibles à la concurrence étrangère.

Concernant les installateurs, il faut veiller à ne pas saturer le marché pour permettre une activité lissée dans le temps : un déploiement phasé et régional est probablement adapté.

Enfin, les baisses de coût sont souvent obtenues grâce à des opérations optimisées. Il convient de s'assurer que les acteurs impliqués dans les opérations de système énergétique du biogaz ont une masse critique suffisamment importante pour mutualiser leurs investissements et leurs ressources.

Il est important de faire émerger de nouveaux acteurs porteurs de dynamisme et d'innovation. Les acteurs référencés GreenTech par le ministère de l'écologie et traitant spécifiquement du sujet des biogaz sont au nombre de six². Ce qui est relativement peu sur un total de 247, d'autant plus que la moitié d'entre eux concerne la méthanisation pour lequel le modèle économique est le plus mûr.

Cela renforce la nécessité de donner aux acteurs économiques de la visibilité sur les modèles économiques qui seront déployés dans le cadre de la politique énergétique. L'écosystème des acteurs innovants (entrepreneurs, financiers, R&D) en ont besoin pour se développer.

Recommandations : Faire émerger des acteurs innovants nationaux et européens (par exemple en fléchant davantage de fonds de France 2030).

¹ <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/dechets/passer-a-l'action/valorisation-organique/methanisation>

² <https://www.biorengaz.com/> - <https://enerpro-biogaz.fr/> - <https://enosis-energies.com/> - <https://hysilabs.com/> - <https://www.loveyourwaste.com/> - <https://www.tryon-environment.com>

Vision systémique pour les politiques publiques

La transition énergétique ne peut s'aborder que sous un angle systémique entre tous les acteurs de la transition énergétique, intégrant les incertitudes, logiques de marché, et adhésion citoyenne.

POLITIQUES PUBLIQUES EUROPÉENNES

Les politiques publiques dessinent à leur niveau les ambitions et trajectoires permettant d'atteindre les objectifs de décarbonation. Au niveau européen, les différents "paquets" Climat (Fit for 55), RePower EU et Paquet Gaz en 2023 fixent un cadre, générant une réglementation à dimension européenne.

Les enjeux qui sous-tendent ces projets communs sont principalement liés :

- aux impacts des événements géopolitiques, le gaz étant un vecteur de politiques conjointes entre états, reliés et traversés physiquement par les gazoducs. Ces infrastructures ont été construites par chaque État membre dans une vision d'échanges globale et commerciale. Un conflit comme celui de l'Ukraine remet fortement en question les stratégies politico-économiques des États ainsi que les infrastructures déployées. Il impose une évolution des alliances économiques, plus conformes aux alliances géopolitiques, et l'élaboration d'une politique commune de gestion des approvisionnements et des stocks de gaz.

Le marché unique européen scelle cette alliance puisqu'une pénurie d'approvisionnement du gaz au sein de l'UE entraîne la volatilité des prix, et des effets immédiats sur les industries impactées pour tous les États membres. La réaction est donc collective : les états coordonnent la demande de gaz et se relient physiquement ou virtuellement aux installations de regazéification du GNL.

Parallèlement, dans un même esprit de solidarité, une exigence de réduction de la demande en gaz de chaque État (-15 % par rapport à la consommation de référence sur une période allant de 2017 à 2021), prononcée en 2022 en réaction au conflit ukrainien, est à nouveau prolongée pour les approvisionnements 2023-2024. Toutes les décisions prises au niveau national sont nécessairement dépendantes des stratégies géopolitiques communes. Les inflexions et interdépendances orientent l'action des états.

- aux infrastructures: si le paquet Gaz doit permettre d'organiser la diminution du gaz naturel dans le « système » énergétique

européen, et son remplacement par d'autres gaz à faible teneur en carbone, cette transition reste profondément et intrinsèquement liée aux infrastructures dont disposent les états membres. Les alternatives envisagées, telle que l'hydrogène en particulier, nécessitent une adaptation de ces infrastructures. Les évolutions du rôle du gaz dans le mix énergétique tant en quantité, que ses caractéristiques et ses usages entraîneront nécessairement une réorganisation du réseau ainsi qu'un décommissionnement auquel il conviendra de s'atteler.

Le coût d'infrastructure variant peu avec la quantité de gaz transporté, il est à craindre que ces évolutions provoquent des impacts non négligeables sur les prix, et probablement la coupure de certains réseaux au rendement insuffisant¹.

Des investissements ont été également réalisés en réaction à la guerre en Ukraine, tels que la mise en place d'un terminal méthanier flottant au Havre à compter de septembre 2023, au-delà des 4 terminaux portuaires d'importation de GNL dont dispose la France (2 à Fos-sur-Mer, 1 à Montoir de Bretagne, et 1 à Dunkerque), dont les capacités ont été optimisées pour pallier la suppression des approvisionnements en gaz russe².

La question de la transformation de ces dispositifs, établis dans une optique de substitution du gaz russe par du gaz naturel liquéfié en provenance d'autres sources (plus émettrices de gaz à effet de serre) doit être posée dans une logique de transition à long terme.

Il y a une contradiction entre les ambitions politiques, affichées notamment par le Président de la République lors du Discours de Belfort, le 10 février 2022³, et la réalité de ces investissements opérés par les industries françaises et soutenus financièrement par l'État pour faire face à une crise plus grave à court terme en partie due au conflit en Ukraine : celle des tensions liées aux approvisionnements, aux déficits structurels du marché mondial de GNL, ainsi que de la volatilité des prix qui en découle.

Pour conclure on soulignera, à l'instar de Sami Ramdani de l'Institut de Relations Internationales et Stratégiques (IRIS), l'incompatibilité de politiques publiques définies à moyen terme par l'Europe pour la décarbonation de l'énergie, avec des mesures de court terme prises en réaction à l'actualité géopolitique, privilégiant le remplacement des ressources en gaz fossiles plutôt que l'accélération des transitions vers le biogaz.

Recommandations : Réinterroger le cadre à moyen terme mis en place pour l'atteinte des objectifs et opter pour un phasage temporel plus court des politiques énergétiques européennes.

¹ Ines Bouacida, Nicolas Berghmans, IDDRI Etude, janvier 2021, « Neutralité Carbone en Europe : défis futurs pour les infrastructures de gaz »

² <https://www.seine-maritime.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Energie/Projet-d-installation-d-un-terminal-methanier-flottant-dans-le-port-du-Havre>

³ c'est par l'innovation, c'est par la transformation de nos processus industriels, de nos pratiques, par des choix d'investissements, là aussi, de la nation » que l'on arrivera à baisse de 40 % de nos consommations d'énergie, et la réalité des investissements réalisés pour faire face à la crise du Gaz

POLITIQUES PUBLIQUES FRANÇAISES

Dans ce contexte de réglementation européenne et d'incertitudes géopolitiques, les politiques publiques énergétiques françaises oscillent entre un volontarisme de transition énergétique et des mesures d'urgence, soumises à l'adhésion des citoyens.

Cette absence de priorisation des enjeux et le retard des mesures est aujourd'hui une véritable difficulté. Dans son rapport de mai 2023 sur « les incidences économiques de l'action pour le Climat », France Stratégie annonce « Pour atteindre nos objectifs pour 2030 et viser ainsi la neutralité en 2050, il va nous falloir faire en dix ans ce que nous avons eu de la peine à faire en trente ans. L'accélération est brutale, tous les secteurs vont devoir y prendre leur part »¹.

POLITIQUE PUBLIQUE ET INDUSTRIE

Une fois les freins administratifs levés et leviers financiers activés², se pose la question des choix des industriels et des réelles marges de manœuvres de l'État.

Dans une investigation publiée le 23 avril 2023, « Le Gaz : à qui profite la guerre », Greenpeace International démontre que les contrats d'exploitation du gaz fossile sont conclus sur le long terme, parfois plusieurs décennies, et enferment les populations dans « dans un système énergétique toxique qui sert les intérêts des pollueurs, aux dépens des populations et du climat »³.

Un cadrage normatif de ces contrats internationaux, qui engagent les industries de l'énergie sur des montants financiers importants paraît indispensable pour garantir une cohérence avec les engagements de l'État.

L'indépendance des orientations budgétaires et investissements réalisés par les « majors de l'énergie », dénoncées par l'ONG « Reclaim France » confirme à l'étude des résolutions climatiques actionnariales votées en Assemblée générale des principales majors de l'énergie, que « l'urgence climatique n'est pas une priorité à leurs yeux ».

Dans une « évaluation des stratégies climat des entreprises pétro-gazières » publiée en 2023, l'ONG constate que toutes ces entreprises continuent de développer des nouveaux projets de production et de transport pétroliers et gaziers. Par ailleurs, toutes ont des objectifs de production en pétrole et gaz d'ici 2030 et prévoient un mix énergétique à 2030 qui comprendrait encore 78 % à plus de 95 % d'énergies fossiles⁴.

Au-delà d'une politique menée en faveur de la transformation des usages des utilisateurs clients, d'autres modes d'intervention sont possibles pour accompagner les industries du gaz dans la transformation, en particulier dans les domaines énergivores telles que sidérurgie, pétrochimie et construction. Des ONG, Think Tanks, économistes étudient et proposent des évolutions, ruptures technologiques et accompagnement de développement de nouvelles filières.

L'utilisation de normes dites « de performance » est citée à titre d'exemple réglementaire pour infléchir les orientations industrielles (ex : norme RE2020 qui oblige les cimentiers à décarboner une quantité de CO₂).

POLITIQUES PUBLIQUES ET PARTICIPATION DES CITOYENS À LA TRANSITION

Dans ce contexte, les politiques publiques trouvent de réelles difficultés à émerger et à s'imposer auprès des citoyens.

Le « Réveil climatique tardif » à l'été 2022 a alerté les citoyens, ainsi que les risques liés à l'augmentation des prix de l'énergie ont néanmoins permis une prise de conscience de la fragilité du dispositif énergétique français et donc de l'urgence à s'atteler à une feuille de route restée fictive, bien que fixée par l'UE depuis 2021.

Les enjeux de participation des citoyens sont largement identifiés. La Stratégie française sur l'énergie et le climat (SFEC)⁵, qui sera nourrie par les résultats d'une grande concertation, est un élément central de la planification énergétique. Elle constituera la feuille de route collective et actualisée pour atteindre la neutralité carbone en 2050 et pour assurer l'adaptation de la société aux impacts du changement.

Les transformations ne pourront s'imposer que si elles sont entendues dans la vision du bénéfice direct des usagers, dont les besoins sont différents et les capacités d'approvisionnement en énergie renouvelable divers selon les territoires. De manière très concrète, les besoins énergétiques, les efforts de sobriété, doivent désormais nécessairement être appréhendés à cette échelle.

¹ https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/2023-incidences-economiques-transition-climat-rapport-de-synthese_1.pdf

² LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables, qui prévoit notamment des mesures pour accélérer la procédure d'autorisation environnementale pour les projets de production ou le stockage du gaz produit à partir de sources renouvelables

³ <https://www.greenpeace.fr/gaz-a-qui-profite-la-guerre/>

⁴ <https://reclaimfinance.org/site/evaluation-de-la-strategie-climatique-des-compagnies-petrolieries-et-gazieres/>

⁵ <https://concertation-strategie-energie-climat.gouv.fr/lelaboration-de-la-strategie-francaise-sur-lenergie-et-le-climat>

RÔLE CLÉ DES TERRITOIRES DANS LA TRANSITION GAZIÈRE

La réglementation européenne, déclinée par chaque État, impose **une mise en œuvre rapide des solutions** pour que les énergies renouvelables prennent le relai des énergies carbonées. Cette ambition prend nécessairement **appui sur les territoires**, entendus au sens de collectivités locales, unités adaptables associant les acteurs de proximité¹. De fait, les gaz renouvelables sont nécessairement produits sur ces territoires, qui sont en mesure d'identifier leurs atouts, les difficultés rencontrées ainsi que les limites des solutions envisagées et d'associer pleinement les acteurs de proximité. Il apparaît nécessaire de les écouter et, plus encore, de soutenir leur capacité à initier et expérimenter des solutions alternatives, tout en s'assurant de la faisabilité des modèles économiques et des stratégies proposées. La méthanisation, développée en France depuis de nombreuses années, bénéficie d'un retour d'expérience pouvant être analysé et permettant d'éclairer concrètement les atouts, besoins et perspectives d'une approche territoriale. Cet éclairage est particulièrement intéressant, en tant que sujet central pour les maires ruraux de France, relevant à la fois de l'économie locale et du bien-être des habitants.

Planification territoriale et déploiement opérationnel : une dynamique à soutenir par la levée d'obstacles

Chaque territoire doit pouvoir définir une stratégie de transition énergétique, soutenue par les différentes politiques publiques des ministères et de leurs opérateurs, à partir d'un diagnostic sur les énergies renouvelables (identification des besoins, du potentiel de production d'EnR, des atouts (vent, soleil, biomasse...). Les acteurs économiques et associatifs disposent ainsi d'un cadre pour mettre en place de façon opérationnelle et suivre dans le temps les projets émergents, tout en mesurant leurs impacts au travers de comités de pilotage.

Cette démarche, vertueuse, rencontre à ce jour des obstacles qu'il convient de lever :

- **L'engagement politique et l'échelon décisionnel** : Le Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET), outil de planification stratégique et opérationnel qui définit notamment l'augmen-

tation de la production d'énergie renouvelable, n'a qu'un caractère incitatif pour les plus petites communes², notamment rurales, qui peuvent être sollicitées dans le cadre de l'installation d'un méthaniseur. Il conviendrait de généraliser l'obligation du PCAET à toutes les intercommunalités, afin de renforcer **le portage politique** concerté et une stratégie commune tout en restant à une échelle opérationnelle.

- **Le diagnostic** : L'ADEME met à disposition un outil intitulé « Le schéma directeur des énergies » afin d'aider les territoires dans leur diagnostic et d'identifier la stratégie à adopter concernant les énergies renouvelables en fonction de leurs ressources propres. Il est actuellement mis en place par certains territoires, mais son utilisation relève d'une approche complexe et coûteuse.
- **L'opérationnalité et la coordination** : La mise en œuvre de ces plans est souvent portée par des bureaux d'étude, déployant une approche standardisée, peu compatible avec une approche fine des spécificités territoriales. Plus encore, le contrat entre l'EPCI et l'État (ex : PCAET) ne fait pas l'objet d'un suivi opérationnel, chaque acteur œuvrant de manière autonome dans le cadre défini. Il est nécessaire que chaque contrat de territoire bénéficie d'un **coordinateur, recruté par les partenaires signataires**, chargé d'informer, de mobiliser et coordonner les acteurs, de valoriser et analyser les initiatives. Ce coordinateur organise également le comité de pilotage, en présence des politiques décisionnaires, et les comités techniques afférents. En termes de financement, il peut être soutenu par les dotations actuelles de l'État redirigées vers cet enjeu, permettant de passer d'un soutien de projets ponctuels à un soutien sur le long terme.
- **Le financement** : Au regard de la complexité de cette démarche et de l'urgence de la transition, il apparaît nécessaire de réorienter les moyens engagés par l'État pour soutenir l'engagement financier des collectivités, les comités de pilotage des PCAET étant garant du bon usage des deniers publics. De plus, il est possible pour les territoires de percevoir des dotations spécifiques, par exemple, en fléchant la manne des EnR collectée par Bercy sur cet objectif³. Cette démarche permettrait en outre de stabiliser ces financements sur le long terme.

¹ Sources : Auditions de Caroline RENAUDAT, directrice Territoriale Régionale Centre-Val de Loire, GRDF et Marc JEDLICZKA, fondateur et Porte-parole de NEGAWATT, directeur Général de l'association HESPUL, ainsi qu'un comparatif avec l'approche territoriale développée dans 'Les territoires de l'éducation artistique et culturelle', rapport de Sandrine Douchet Députée de la Gironde janvier 2017, ont permis de préciser les enjeux.

² Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte

³ Selon la CRE, cette manne est de 25 G€ pour l'éolien et le solaire sur les deux seules années 2022 et 2023, et 32 G€ sur l'ensemble des EnR sur la même période. Elle finance déjà complètement le bouclier tarifaire énergie mis en place.

Recommandations : Réinterroger le cadre à moyen terme mis en place pour l'atteinte des objectifs et opter pour un phasage temporel plus court des politiques énergétiques européennes.

Une démarche collective et citoyenne pour une meilleure appropriation locale

L'urgence de la transition énergétique nécessite une pleine appropriation par les acteurs territoriaux pour modifier les habits. La mise en œuvre opérationnelle, l'expérimentation de nouvelles démarches ne peuvent relever de la seule obligation contractuelle. Elles doivent, pour être pleinement effectives, relever d'une démarche collective et citoyenne, associant les différents acteurs¹. Ainsi, si certains projets de méthaniseurs sont bien acceptés, d'autres rencontrent une très forte opposition des riverains (impacts olfactifs liés aux intrants² ; circulation des véhicules contenant les intrants ; digestats, suspectés de contenir des substances nocives ; risques de fuites de biomasse au sein des méthaniseurs impactant les sols et générant des risques potentiels de pollutions aquatiques ; risques de fuite de méthane extrêmement générateur d'effet de serre).

Des actions pourraient être menées afin de favoriser l'acceptabilité sociale au sein des territoires :

- **Faire évoluer la réglementation afin que collectivités locales et citoyens soient informés en amont des projets.** Toutes les installations ne sont pas soumises aux mêmes obligations réglementaires. Concernant les méthaniseurs, seules les grandes installations sont classées ICPE et doivent répondre aux prescriptions (enquête publique, etc). Les autres, soumises à déclaration, n'ont pas l'obligation d'informer ou de consulter le public et font parfois preuve d'évolutions inopinées en termes de tonnage de biomasse.
- **Réduire l'impact dès la conception du projet.** Concernant l'emplacement des méthaniseurs, selon Caroline Renaudat de GRDF, il est important de veiller à ne pas trop impacter les riverains par les transports quotidiens d'intrants et de digestat en les construisant en dehors des villages et à proximité des réseaux routiers.
- **Accompagner les citoyens :** Cet accompagnement peut être concrétisé sous forme de réunions, informations, implications des citoyens dans la conception et le suivi des projets.

- **Valoriser les bénéfices pour le territoire et favoriser les retombées directes :** Les bénéfices pourraient être mis en valeur au regard des contraintes subies, à savoir, pour les méthaniseurs : emplois, amélioration des infrastructures locales grâce à l'IFER (au profit des collectivités territoriales et de leurs EPCI, traitement des déchets 2 fois moins coûteux qu'en incinération).
- **Encourager l'autoconsommation :** Actuellement, en France, l'autoconsommation de l'énergie n'est autorisée que pour le producteur lui-même. À l'image de l'électricité solaire photovoltaïque, on pourrait élargir cette possibilité pour faire bénéficier le territoire des capacités de production locale via des circuits courts de distribution, en mettant en place une autoconsommation (ex : chauffage des bâtiments publics communaux et des habitats particuliers, biocarburants, ...).

Recommandations : Renforcer les actions afin de favoriser l'acceptabilité sociale au sein des territoires en associant les collectivités dès l'origine des projets, en valorisant les bénéfices et en favorisant les retombées directes pour le territoire.

Des points de vigilance à lever à l'échelle des territoires

L'échelle du territoire, tel que définie en amont (EPCI), permet une plus grande agilité dans la mise en œuvre des projets et un engagement citoyen renforcé. Toutefois, pour un réel impact environnemental des actions de transition énergétique, cet engagement ne peut se penser en dehors d'une approche plus globalisée.

Plusieurs points de vigilance sont à observer :

- **Instabilité des dispositifs de soutien aux porteurs de projet³ :** À ce jour, les agriculteurs porteurs de projet de méthanisation sont les principaux bénéficiaires de ces exploitations (revenus de la vente d'électricité ou de chaleur, mais aussi économies réalisées sur l'exploitation agricole : digestats ou chauffage par exemple)⁴. Le développement des projets est conditionné par des dispositifs de soutien. Or ceux-ci sont trop instables dans le temps et ne sont actuellement plus suffisants au regard des coûts (de construction, d'énergie...). Le manque de stabilité des dispositifs dans le temps pourrait décourager les agriculteurs porteurs de projets.

¹ ADEME-brochure mars 2018 Faciliter, accompagner, participer à l'installation d'unités de méthanisations agricoles dans les territoires)

² Rapport du Ministère de la Transition Écologique, cas du méthaniseur BioQuercy

³ Étude du CNRS dans un rapport publié en 2020, stratégies de revenus mises en place par les agriculteurs au sein de la filière « biomasse-énergie »

⁴ Marie Pouliquen, 2020. Méthanisation agricole et retombées économiques au niveau local en France et en Allemagne. OFATE, 9 p.

Recommandations : Ces dispositifs doivent être stabilisés dans le temps, clairs, transparents, faciles à appréhender par l'ensemble des acteurs du projet. Les dotations pourraient être gérées dans une logique de gestion collective des financements publics (État et collectivités territoriales) au sein des contrats territoriaux, et ainsi renforcer un accompagnement fin des porteurs de projets.

Recommandations : S'appuyer sur l'expérience TEPOS pour organiser les synergies entre les territoires engagés dans la production de gaz renouvelable.

- **Rationalisation de l'approche :** Eu égard aux nombreux projets très hétérogènes développés sur les territoires (tailles, acteurs, modes de fonctionnement), **un travail sur l'homogénéisation des modèles de méthanisation pourrait être mené**, dans la lignée des Méthaniseurs Bretons, via l'AAMF, afin d'optimiser les coûts de production et de rationaliser l'approche en développant un processus complet d'élaboration et d'exploitation des méthaniseurs en concertation avec les acteurs (EPCI, communes, constructeurs, acteurs du gaz, agriculteurs exploitants...). Cette approche itérative pourra évoluer en fonction de la connaissance (recherche) et des expériences rencontrées (par exemple taille critique de l'exploitation rentable, meilleurs intrants méthanogènes, ...).

Recommandations : Rationaliser le processus de mise en place d'un méthaniseur (définition de l'emplacement, taille, gestion du projet et coordination des parties prenantes, réglementation, modalités de communication...)

- **Impact du choix des biomasses dédiées à la production de gaz sur l'écosystème global :** Il est nécessaire de réfléchir en amont à la répartition des usages de la biomasse (part alimentaire, part énergie, biodiversité, matériaux, stockage carbone) afin que celle-ci ne soit pas exploitée pour la méthanisation au détriment des autres catégories¹. Par ailleurs, le changement climatique génère des impacts très importants sur la production de biomasse (sécheresse, incendies, manque d'eau...), ce qui peut représenter une menace forte sur la production de biométhane². Une analyse pourrait être réalisée sur l'emplacement des zones géographiques les plus adéquates.
- **Mettre en synergie les territoires ruraux (lieux de production), urbains et industrialisés (pourvoyeurs d'intrants organiques) :** Cet enjeu de coopération entre les territoires, est déjà engagé depuis 12 ans via l'expérience des TEPOS (Territoires à Énergie Positive). Cette dernière concerne à ce jour plus de 500 communes et mériterait d'être valorisée et encouragée à tous les échelons des territoires. Elle peut être un lieu de réflexion sur la logique de diagnostic, contractualisation et pilotage telle que définies ci-dessus pour faciliter l'appropriation et l'adaptation à d'autres territoires.

¹ IDDDRI - Biomasse et neutralité climat en 2050 : gérer la rareté pour maintenir des écosystèmes productifs et résilients

² Mourjane I. et Fosse J. 2021. La biomasse agricole : quelles ressources pour quel potentiel énergétique ? France Stratégie.

CONCLUSION



Au terme de nos travaux sur la place du gaz bas carbone dans la transition énergétique, des entretiens que nous avons effectués avec des experts du domaine et de nos lectures, il nous apparaît que le gaz est un vecteur énergétique indispensable au mix français, en complément du nucléaire. Il présente un certain nombre d'avantages dans ce mix énergétique : il permet de fournir une grande puissance énergétique en un temps très court ; il est facilement stockable, transportable sur de longues distances. Il peut donc avoir un rôle singulier à jouer dans l'approvisionnement en énergie en France et notamment dans les périodes de tension, comme lors des pics de consommation hivernaux. Cependant, les objectifs de décarbonation du secteur énergétique dans le contexte de lutte contre le réchauffement climatique et les considérations de souveraineté énergétique dans le contexte géopolitique actuel imposent une transition du gaz fossile vers le gaz bas carbone.

La première de nos recommandations cependant -qui vaut du reste pour tout le secteur énergétique français- est le passage de l'incitation à l'obligation de sobriété énergétique tant ce point est critique quant à la faisabilité de l'ensemble des scénarios de transition envisagés. En effet, la place du gaz (comme de l'ensemble des énergies) dépendra du niveau de sobriété atteint. Or, nous nous questionnons sur notre capacité à réussir notre transition énergétique sans un déploiement massif et concret des actions à commencer par travailler sur les changements de comportements. Parmi ces actions, nous en proposons deux : (1) l'intégration dans la Constitution française du devoir de sobriété énergétique pour soutenir les changements d'usages, les politiques et le droit ; (2) la modification des comportements individuels de consommation d'énergie par la sensibilisation, la formation et la promotion de nouveaux récits.

La deuxième de nos recommandations est issue de notre étonnement, suite à nos lectures et entretiens d'experts, du peu de dialogue qui existe entre les secteurs de l'électricité et du gaz, tandis que celui-ci est indispensable pour décider ensemble d'un chemin de transition énergétique ambitieux et réaliste. Nous recommandons sur ce point l'organisation d'un dialogue entre acteurs du secteur, sous égide de l'État, avec l'ensemble des parties prenantes du système énergétique national, et en diffusant la stratégie nationale arrêtée à la suite de cette concertation. La place du gaz dans ce scénario global en sera clarifiée.

La troisième de nos recommandations est relative au prix du gaz bas carbone. Il faut établir un juste prix qui incite à la sobriété, mais qui soit suffisamment compétitif pour inciter les acteurs économiques dont les industries lourdes à le privilégier au GNL. Nous proposons pour cela d'une part de définir un cadre réglementaire et économique qui permette à des acteurs innovants

nationaux et européens d'émerger sur la production de gaz bas carbone (par exemple, en fléchant davantage de fonds de France 2030). D'autre part, nous proposons de rentabiliser la production de gaz bas carbone en rémunérant la captation du carbone induite par le processus industriel.

Enfin une quatrième série de recommandations nous semble essentielle pour accélérer une filière gaz décarboné en France. Elle concerne l'octroi d'une plus grande place aux territoires dans la gouvernance du gaz bas carbone : mise en place de comités de pilotage, de coordinateurs ; attribution de dotations claires et pérennes aux territoires et incitation à la mise en synergie des territoires. Sur le plan plus technique, il nous semble aussi important, à cette échelle, de rationaliser le processus de mise en place d'un méthaneur (définition de l'emplacement, taille, gestion du projet et coordination des parties prenantes, réglementation, modalités de communication...).

ANNEXES

Lexique des acronymes

- AAMF** : Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France
- ADEME** : Agence de la transition écologique
- AMF** : Association des maires de France
- ANAH** : Agence nationale de l'habitat
- CRE** : Commission de Régulation de l'Énergie
- CSPE** : Contribution au service public de l'énergie
- EPCI** : Établissement Public de Coopération Intercommunale
- GES** : Gaz à Effet de Serre
- GIEC** : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
- GNL** : Gaz Naturel Liquéfié
- GRDF** : Gaz Réseau Distribution France
- GRTgaz** : Gestionnaire de Réseau de Transport pour le gaz
- ICPE** : Installations classées protection de l'environnement
- IDDDRI** : Institut du Développement Durable et des Relations Internationales
- IFER** : Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux
- IRIS** : Institut de Relations Internationales et Stratégiques
- PCS** : Pouvoir Calorifique Supérieur
- PPCEAT** : Plan Climat Air Énergie Territorial
- PPE** : Programmation pluri-annuelle de l'Énergie
- RTE** : Réseau de Transport d'Électricité
- SFEC** : Stratégie Française Énergie Climat
- SNBC** : Stratégie nationale bas carbone
- SPEGNN** : Syndicat professionnel des entreprises locales gazières

TEPOS : Territoires à énergie positive

UE : Union Européenne

Acteurs du secteur gaz en France

LES TYPES D'ACTEURS

- **Les producteurs de gaz naturel** : ces entreprises sont responsables de l'extraction et de la production du gaz naturel. En France, les principaux acteurs qui produisent et importent sont Engie et TotalEnergies.
- **Les distributeurs de gaz naturel** : les distributeurs de gaz naturel sont responsables de l'acheminement du gaz naturel aux consommateurs finaux. En France, les principaux distributeurs sont GRTgaz et Terega.
- **Les fournisseurs de gaz naturel** : ces entreprises achètent du gaz naturel aux producteurs et le vendent aux consommateurs finaux. Les principaux fournisseurs de gaz naturel en France sont Engie, Total Energies et Eni.
- **Les consommateurs finaux** : il s'agit des particuliers, des entreprises et des industries qui utilisent du gaz naturel pour leur propre consommation ou pour la production d'électricité et d'autres produits

LES PRINCIPAUX ACTEURS DU GAZ DU MARCHÉ FRANÇAIS

LES ENTREPRISES PRODUCTRICES (EN FRANCE, PRODUCTION DE BIOMÉTHANE)

E.ON, ENI, Gazprom, Total, Iremia (production issue du bois)

LES ÉTATS PRODUCTEURS

USA, Russie, Canada, Iran, Qatar, Norvège, Chine, Malaisie, Algérie, Australie

LES FOURNISSEURS, OPÉRANTS EN FRANCE

Antargaz, Engie, eni, EDF, dyneff, ekwateur, Gedia, Iberdrola, ilek, mega energy, gaz de Bordeaux, sosee, vattenfall, wekiwi, alterna energies (non exhaustif)

LES TRANSPORTEURS - PAR BATEAUX MÉTHANISERS (572 EN 2020), GAZODUCS OU CAMIONS

Gazocean (8 navires, FR-JP), GTT (fournisseur de technologies, FR), XPO Logistics, EDF LNG shipping, Nakilat (Qatar)

LES 'STOCQUEURS' (STOCKAGE AÉRIEN ET SOUTERRAIN)

Storengy (filiale d'Engie), TEREGA (ex TIGF)

FÉDÉRATIONS D'ENTREPRISES, ASSOCIATIONS PROFESSIONNELLES

France hydrogène (ex AFHYAPAC), International gas union (IGU)

LES CONSOMMATEURS ET ASSOCIATIONS

UFC Que Choisir, Institut National de la Consommation (INC), Union Laïque et Citoyenne des Consommateurs (ULCC, regroupe ADEIC, ALLDC et CNAFAL), Bureau européen des unions de consommateurs (BEUC), Transport & Environnement (T&E, regroupant 50 ONG à Bruxelles), CMA CGM (propulsion au GNL)

ÉTABLISSEMENTS PUBLICS DE RECHERCHE

CEA, CNRS, Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (ANCRE)

LES GESTIONNAIRES DE RÉSEAUX

GRT, TEREGA (ex TIGF)

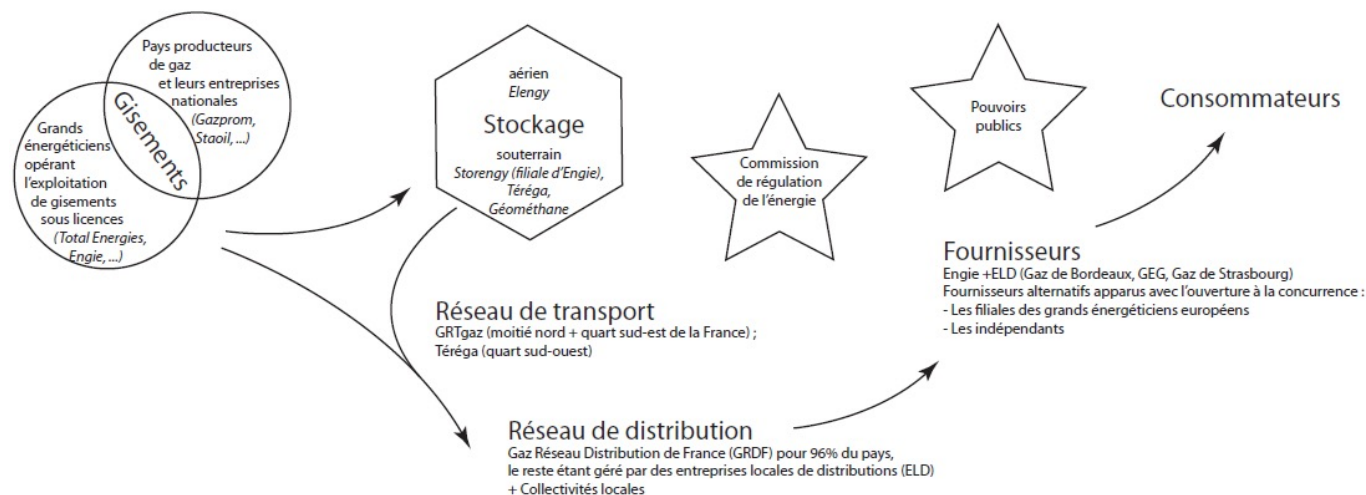
LES POUVOIRS PUBLICS - FIXENT LE CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE

Sénat, Assemblée parlementaire, Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR), les collectivités territoriales (propriétaires des réseaux de distribution locaux)

AUTORITÉS ADMINISTRATIVES INDÉPENDANTES

Commission de régulation de l'énergie (CRE), Autorité de la concurrence

ARTICULATION SCHÉMATIQUE DES ACTEURS



Modalités de stockage du gaz

Le gaz est principalement stocké sous forme liquide ou gazeuse. Les deux principales méthodes de stockage sont :

- **Le stockage souterrain de gaz naturel** : cette méthode consiste à stocker le gaz naturel dans des réservoirs souterrains, souvent des anciens gisements d'hydrocarbures, qui ont été adaptés à cette fonction. Le gaz y est injecté à haute pression, puis récupéré lorsque cela est nécessaire.
- **Le stockage liquide de gaz naturel (GNL)** : cette méthode consiste à refroidir le gaz naturel à des températures extrêmement basses (-162°C), afin qu'il se liquéfie. Le GNL est ensuite stocké dans des cuves spécifiques, avant d'être transporté par bateau ou camion vers les lieux de décompression et consommation.

En 2019, selon les données de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), la capacité totale de stockage de gaz en France était d'environ 131 térawattheures (TWh), répartie entre 19 sites de stockage souterrains et 4 sites de stockage de surface. Cette capacité est utilisée pour couvrir les besoins de consommation de gaz naturel de la France pendant les périodes de pointe hivernale ou lorsque l'approvisionnement en gaz est limité.

Cette capacité de stockage représente environ 30 % de la consommation annuelle de gaz en France. Cependant, il convient de noter que la capacité de stockage ne représente pas toute la capacité de sécurité de l'approvisionnement en gaz, car elle ne prend pas en compte les capacités de flux entrant et sortant des gazoducs et des terminaux de gaz naturel liquéfié.

Les modalités de distribution

Le réseau de distribution de gaz en France est très dense et capillaire. Il comporte plus de 198 000 kilomètres de conduites pour approvisionner près de 11 millions de clients. Le réseau est constitué de plusieurs niveaux de distribution : le transport, la distribution et la desserte. Le niveau de desserte concerne l'approvisionnement des clients au niveau local, tandis que la distribution regroupe la répartition du gaz au niveau régional et national. Le réseau de distribution de gaz en France constitue une infrastructure extrêmement importante permettant de transporter le gaz sur tout le territoire. Il est bien interconnecté au niveau européen. C'est un actif conséquent et la question de son usage et de sa maintenance sur la durée doit être examinée au regard des changements à venir.

Le cas spécifique du transport d'hydrogène

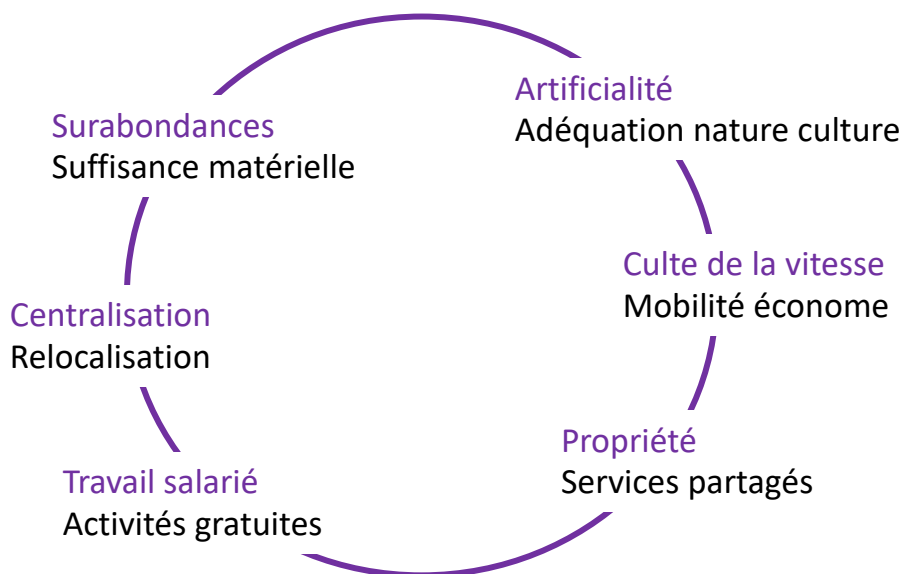
Le transport et le stockage de l'hydrogène nécessitent des infrastructures et des processus spécifiques. En effet, la molécule d'hydrogène est plus petite que la molécule de méthane et les infrastructures prévues pour le gaz naturel ne sont pas totalement étanches pour l'hydrogène. D'autre part, il existe un phénomène de fragilisation de certains alliages en présence d'hydrogène, ce qui nécessite une évaluation systématique des infrastructures. Par ailleurs, la température de liquéfaction de l'hydrogène étant

très inférieure (-252 °C) à celle du gaz naturel (-162 °C), le transport par bateau doit être adapté.

L'hydrogène peut également être transporté et stocké sous forme gazeuse comprimée, mais cela nécessite des réservoirs de stockage et des pipelines à haute pression (350 à 750 bars dans certains cas). La compression de l'hydrogène consomme également de l'énergie, ce qui doit être pris en compte dans l'évaluation des coûts et de l'efficacité énergétique globale.

D'autres méthodes de transport et de stockage de l'hydrogène sont en cours d'étude, comme l'ammoniac (NH₃, comme dérivé azoté de l'hydrogène) ou les liquides organiques porteurs d'hydrogène. Ces méthodes pourraient présenter des avantages en termes de densité énergétique, de coûts et de facilité de manipulation.

La sobriété en 6 axes stratégiques transversaux De l'ébriété à la sobriété



BIBLIOGRAPHIE



WEBINAIRES

Les gaz renouvelables, indispensables alliés de la transition énergétique

Afterres2050 Méthanisation : Accompagner les zones d'élevage de ruminants en transition

PODCASTS

Bretagne, les agriculteurs au piège du méthane, France Culture

Climat : la transition va-t-elle créer ou détruire des emplois, Le Monde, chaleur humaine

Lormanto, le rétrofit pour en finir avec la voiture jetable, France culture

Comment nourrir la planète en 2050 ? Ghislain de Marsily, Académie des sciences

VIDÉOS

Comment la France réchauffe le climat, Le Monde

Table ronde GEM Junio Conseil, Aurélien Barrau

Gazprom, Arte

Cash investigation, superprofits, les multinationales s'habillent en vert

Nucléaire, une solution pour la planète ? LCP Public Sénat

Peut on aspirer le CO₂ pour sauver le climat, Le Monde

LIVRES

Demain, Cyril Dion

Petit Traité de sobriété énergétique, Barbara Nicoloso

Hydrogène et transition énergétique, analyse socio-anthropologique d'une trajectoire régionale, Rudy Amand

La sobriété heureuse, Pierre Rabhi

Bienvenue en wokistan, binge radio

Réchauffement planétaire, Matt Hern et Am Johal

Tsunami - Marc Dugain (« pass environnement individualisé et établirait le bilan carbone de chaque individu »)

ESSAIS

Climat, trop tard pour Agir, Hugo Vieil

Chaque geste compte, Dominique Bourg, Johann Chapoutot

FILMS

Demain, Cyril Dion et Mélanie Laurent

ARTICLES

La France doit garantir son service public de l'électricité, Le Monde, collectif dont Thomas Piketty

Peut-on réussir la transition écologique sans construire d'éoliennes ? Le Monde, Nabil Wakim

Nucléaire : Le temps des cathédrales est derrière nous, Le Monde, Philippe Escande

Entre sobriété subiet et sobriété choisie, les questions écologiques s'installent dans les quartiers populaires, Le Monde, Robin Richardot

La chute de la productivité en France, un mystère et des conséquences, Le Monde, Béatrice Madeline

Si l'Allemagne arrive de nouveau à imposer ses vues à Bruxelles, c'est toute la politique énergétique de la France qui se trouvera entravée, Le Monde, Etienne Beeker, Dominique Finon

Qu'est ce que Climate Q&A, la nouvelle IA pour lire les rapports du GIEC

L'Europe, championne des économies d'énergies, Le Monde, Philippe Escande

Gaz, une flambée d'investissements dans le monde, Les Echos, Nicolas Rauline

Energies, les scénarios pour demain, Le Monde, Luc Bronner

Le rapport accablant sur les choix énergétiques de la France et sa perte de souveraineté : une divagation politique qui nous a éloignés de la transition écologique, Le Monde, Luc Bronner

Les alter carburants décollent, Le monde, Guillaume Delacroix, Sara Berri, Benjamin Martinez

Energie, de nouveaux scénarios se dessinent sur l'électricité en France d'ici à 2035, Le monde, Luc Bronner

Former les seuls hauts fonctionnaires n'est pas suffisant pour conduire la transition écologique, Le Monde, tribune-collectif

Pétrole, gaz, charbon... l'UE encore accro aux énergies fossiles, Ouest France, André Thomas

Il est urgent que le gouvernement prenne conscience du désastre énergétique annoncé par RTE, Le Monde, tribune, Gérard Buffière

Les obstacles se multiplient devant la voiture électrique, Le monde, JM Normand

Le solutionnisme technologique, cette foi en l'innovation qui évite de penser le changement, Le Monde, Claire Legros

Zones à faibles émissions, forts risques d'injustices, Editorial, Le Monde

Le coût énergétique du numérique, revue de L'INRIA

La vraie sobriété serait d'orienter les régimes alimentaires vers des produits moins consommateurs d'eau, Le Monde, Perrine Mouterde

Gestion de l'eau, le gouvernement néglige l'impératif de sobriété de l'agriculture, Le Monde, Martine Valo

Inaction climatique, le Conseil d'État lance un nouvel ultimatum au gouvernement, Le monde, Audrey Garric, Stéphane Mandard

Total energies : des ONG et des collectivités territoriales demandent la suspension des futurs projets fossiles du groupe, Le Monde, Patricia Jolly

Consommation de gaz et électricité : la France a du mal à passer d'une sobriété de crise à une sobriété plus structurelle, Le Monde

Il est urgent que le gouvernement prenne conscience du désastre énergétique annoncé par RTE, Le Monde

Énergie, les besoins de la France imposent une électrification accélérée alerte le patron de RTE

Justice pour le vivant : la rapporteuse publique reconnaît des fautes de l'État dans la protection de la biodiversité, Le Monde, Perrine Mouterde

Consommation de gaz et d'électricité : la France a du mal à passer d'une sobriété de crise à une sobriété plus structurelle, Le Monde, Perrine Mouterde

Les compagnies aériennes prévoient 4,35 milliards de passagers en 2023, presque le record de 2019

SITES GOUVERNEMENTAUX ET INSTITUTIONNELS

Scénarios prospectifs énergie-climat-air, Ministère de la Transition écologique

Communiqué de presse, 4 avril 2023, La CRE publie son rapport sur l'avenir des infrastructures gazières

Les nudges verts, ecologie.gouv.fr

Le PCAET, outils de l'aménagement

Cinquante ans de consommation alimentaire : une croissance modérée, mais de profonds changements, INSEE PREMIÈRE, n°1568, Octobre 2015, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1379769#titre-bloc-4>

RAPPORTS

Informé et dialoguer autour d'un projet de méthanisation, bonnes pratiques à l'attention des agriculteurs porteurs de projet, ADEME

Quelle place pour l'hydrogène dans la mobilité durable ? IHEST, 2018-19

Quelle place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ? IHEST, 2014-15

Territoires et transition énergétique, Bonnes pratiques et facteurs clés, IHEST, INSTN, 2020

Futurs énergétiques, principaux résultats, octobre 2021, RTE

Un mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 ? GRDF, GRT gaz, ADEME

La biomasse agricole : quelles ressources pour quel potentiel énergétique ? Ilyas Moourjane, Julien Fosse, France Stratégie, juillet 2021

Acteurs pour un monde plus sobre et solidaire, ADEME, rapport annuel 2022

Quelle place pour le gaz dans la transition énergétique ? France Stratégie, 2018

Les territoires de l'éducation artistique et culturelle, rapport de la député Sandrine Douchet Députée de la Gironde, janvier 2017

ARTS & CULTURE

Vénus du Gaz, Pablo Picasso janvier 1945, Brûleur de cuisinière - 25 x 9 x 4 cm Paris, Musée national Picasso



Le Gaz par Oscar, collégien, 2023 - tous droits réservés



DÉCIDER AVEC LES SCIENCES

WWW.IHEST.FR



Institut des Hautes Études pour la Science et la Technologie

Ministère de l'Enseignement supérieur,
de la Recherche et de l'Innovation
1 rue Descartes,
75231 Paris cedex 05, France