

26 Juin 2019



# Innogaz 2019

MAISON DE LA CHIMIE (PARIS 7)



# ACTES VALIDÉS

un évènement organisé par :

**co<sup>2</sup>nove**

# Remerciements

Nous remercions **Thierry Guerrier**, journaliste, pour avoir animé l'événement, **Jean-Luc Fugit**, député du Rhône, membre de l'Office Parlementaire pour l'Évaluation des Choix Scientifiques et Techniques et **Philippe Dujardin**, directeur du développement de Boostheat pour leur allocution lors de cette matinée, ainsi que l'ensemble des intervenants qui, par leur expertise et leur contribution aux débats, ont concouru au succès de cette manifestation.

# Sommaire

## INTRODUCTION

**Innovation dans la filière gaz : quels enjeux, quelles ambitions ?**

**Bernard Aulagne,**  
*Président de*  
*Coénove.....1*

## ÉDITO OPTIMISTE

**L'énergie de demain.....3**

### Jean-Luc Fugit

*Député du Rhône, membre de l'Office parlementaire pour l'évaluation des choix scientifiques et techniques, président du Conseil national de l'air*

## PITCH

**Valorisation des biodéchets en zone dense ; une réponse : la micro-méthanisation.....6**

### Jimmy Colomies

*Co-fondateur et président, Tryon*

## PITCH

**Produire du gaz renouvelable en 15 minutes, c'est possible !.....9**

### Robert Muhlke

*Directeur de projets, GRTgaz*

## PITCH

**Quand les équipements se mettent au service des réseaux d'énergie : cas concret de Carros (06).....11**

### Guillaume Lehec

*Pilote Interflex, Engie.*

## L'innovation en action, la preuve par l'image

*Philippe Dujardin, directeur du développement, Boostheat.....14*

## DÉBAT PROSPECTIF

**L'énergie en 2050.....16**

### Le point de vue du Crigen

*Adeline Duterque, directrice du centre de recherches corporate d'ENGIE.....17*

## Faire du CO<sub>2</sub> une matière première renouvelable

*Marc Robert, professeur à l'université Paris Diderot (projet Mars, faire du méthane à partir du CO<sub>2</sub> et du Soleil)*  
.....19

## Donner la priorité au développement des énergies renouvelables ?

*Guillaume Sainteny, maître de conférences à l'École Polytechnique.....21*

## CONCLUSION

**Bernard Aulagne,**  
*Président de Coénove.....23*

# Animation des débats



---

Journaliste de télévision et de radio, **Thierry Guerrier** débute sa carrière en 1981 sur *France Inter*, avant de rejoindre la télévision (France 5, M6, LCI...). Remplaçant souvent des présentateurs comme Yves Calvi à la tête de *C dans l'air* ou Patrick Cohen dans *C à vous*, il fut également chef du service politique à *Europe 1* entre 2011 et 2012. En 2015, il anime sur La Chaîne parlementaire *Causes Communes*, une nouvelle émission qui aborde les grandes thématiques qui préoccupent les citoyens. Il se consacre désormais à l'animation d'événements institutionnels.

---

# Introduction

## Innovation dans la filière gaz : quels enjeux, quelles ambitions ?

**Bernard AULAGNE**



---

**Bernard Aulagne**, président de l'association Coénove depuis 2014 et ancien élève d'HEC, Bernard Aulagne, a fait toute sa carrière chez GDF Suez (désormais Engie) au sein de la direction marketing et stratégie et de la direction du développement France, créant notamment la marque DolceVita. L'association Coénove a été créée à l'initiative d'industriels équipementiers, d'énergéticiens et d'acteurs de la filière bâtiment désireux d'apporter leur contribution aux débats sur la transition énergétique et à sa réussite. Leur analyse repose sur une double conviction : l'atteinte des objectifs ambitieux de la transition énergétique ne sera possible que par une approche fondée sur la complémentarité des énergies et l'énergie gaz a un rôle clé à jouer dans cette transition, d'une part pour accélérer le développement des énergies renouvelables, d'autre part en devenant progressivement elle-même une énergie renouvelable.

---

*Thierry Guerrier, journaliste*

*Bonjour à tous. Bienvenue à cette journée dédiée à la filière du gaz. Pour ouvrir ces échanges, j'accueille Bernard Aulagne qui va nous rappeler ce qu'est Coénove.*

**B**onjour à tous et merci d'être venus à cette première manifestation. Coénove est une association récente créée en 2014 dans le contexte des débats sur la loi pour la transition énergétique.

L'association regroupe des acteurs du bâtiment, des énergéticiens (GRDF, Comité français Butane et Propane, l'association Qualigaz, etc.), des industriels fabricants d'équipements thermiques (Bosch). Très vite, des associations professionnelles nous ont rejoints, telles que la Capeb, la FFB et le Synasav.

Tous ces membres sont désireux d'apporter ainsi leur contribution à la transition énergétique dans le bâtiment. Leur

double conviction est que les objectifs de la transition ne peuvent être atteints que par la complémentarité des énergies et, dans cette optique, que le gaz, de plus en plus renouvelable, a un rôle essentiel à jouer.

### **THIERRY GUERRIER**

Cela étant posé, pourquoi avez-vous souhaité cet événement, et quel est son but ?

### **BERNARD AULAGNE**

Cet événement est effectivement une première. Il part du constat que l'image de l'énergie gaz, en dépit de ses qualités de puissance et de souplesse, souffre d'un manque de modernité et, qu'à tort, elle n'est pas perçue comme une ressource d'avenir susceptible d'apporter une contribution à la transition énergétique. Il nous a semblé opportun et nécessaire de souligner le dynamisme de cette filière dans ses différents aspects. Ceux de l'énergie tout d'abord, en montrant que nous tournons le dos aux ressources fossiles au profit d'un gaz renouvelable qui prend différentes formes (méthanisation, pyrogazéification, hydrogène, etc.). Nous soulignons pareillement l'évolution des usages qui s'orientent vers davantage de mobilité et la performance croissante des équipements. Boostheat en livrera tout à l'heure une illustration dans le domaine de la pompe à chaleur gaz. Enfin, nous mettons en lumière les avancées de la connectivité qui permettent au consommateur d'être un acteur de son confort et de sa facture via le smart gaz.

Cette initiative est donc la première du genre. Elle s'appuie sur des témoignages et je vous invite à intervenir si certains sujets ne sont pas abordés. Le choix des intervenants et des thématiques a été fait sur la base d'une trentaine de dossiers. Nous en avons sélectionnés quelques-uns seulement, c'est dire qu'il reste de la place pour d'autres événements de ce type.

# ÉDITO OPTIMISTE

## L'énergie de demain

### Jean-Luc FUGIT

---



**Jean-Luc Fugit** est enseignant chercheur chimiste, Docteur en pollution de l'air, diplômé de l'ENSIACET (Toulouse). Il est très engagé sur les questions de développement durable en lien avec ses travaux scientifiques. Il a été élu député de la 11ème circonscription du Rhône le 18 juin 2017. À ce titre, il est président du Conseil National de l'Air, co-président du groupe d'études « Santé environnementale », membre de la Commission permanente Développement Durable et Aménagement du Territoire, membre de l'OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques) et du Conseil National de la Transition Écologique. Vice-président en charge de l'insertion professionnelle, de l'orientation, et de la réussite étudiante à l'Université Jean Monnet Saint-Etienne (COMUE de Lyon – Saint-Etienne) il s'est consacré tout au long de son mandat (de 2011 à 2017) au développement de l'entrepreneuriat étudiant et à la sensibilisation à l'esprit d'entreprendre et d'innover auprès de tous les étudiants des différentes filières d'études universitaires.

---

#### *Thierry Guerrier*

*Les sujets qui vous occupent et les travaux que vous lancez avec l'OPECST sont nombreux : la place du gaz dans la loi d'orientation des mobilités, les points de vigilance et les manières de produire le gaz à l'avenir. Que pouvez-vous nous en dire ?*

Bonjour à tous et merci de m'accueillir à cet événement. Pour ceux qui ne me connaissent pas, je précise que je suis un des scientifiques de l'Assemblée nationale et, à ce titre, aussi membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques. Le travail de l'OPECST a évidemment un lien avec vos sujets de réflexion. Par ailleurs, je m'efforce d'influer sur les politiques publiques en matière de développement durable et d'aménagement du territoire. Cela passe par le thème de la mobilité, dont le lien avec le bâtiment et l'énergie est facile à faire. Je suis également le rapporteur de la fameuse mission glyphosate. Étant sans doute le seul chimiste issu du milieu agricole à l'Assemblée nationale, les regards se sont d'emblée tournés vers moi quand il a fallu trouver quelqu'un capable d'assurer le suivi de la mission de sortie du glyphosate pendant trois ans. Je tiens à faire ce travail de façon sérieuse, aussi je ne m'exprime que rarement dans les médias sur ces sujets sur lesquels j'entends continuellement tout et n'importe quoi, dans un sens comme dans l'autre.

Pour ce qui nous intéresse, je suis aussi rapporteur de la loi Mobilité, et notamment de son volet qui vise, suivant une reformulation que j'ai demandée et obtenue, à développer des mobilités plus propres et plus actives et non des mobilités

propres et actives.

Le titre Innogaz que vous avez donné à votre matinée annonce clairement l'enjeu. Qu'avons-nous discuté sur ce thème dans la loi Mobilité ? Les critiques que nous soulevons prennent évidemment des raccourcis. En bref, rechercher des mobilités plus propres et plus actives équivaudrait à réduire la pollution des transports, et par conséquent développer la voiture électrique, etc. J'ai entendu cela dans nombre des grands débats organisés dans ma circonscription. J'ai beau avoir écrit dans la revue parlementaire que la voiture électrique n'est pas un véhicule propre, les préjugés persistent. J'insiste, notre ambition ne se réduit pas à électrifier le parc automobile. Certes, des mesures fortes visent au développement de l'électrification, mais je vous invite à lire les articles 23, 25, 26, 27, 28 de la loi. Vous comprendrez que notre action va bien au-delà. Le gaz y est abordé, et en particulier le développement du biogaz. Des mesures visent explicitement à faciliter les connexions sur les réseaux et l'injection du biogaz. La tendance est évidemment d'aller vers le biogaz. Cela sera également le cas pour le bâtiment. Il est question d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon de 2050. Dans ce sens, le CO<sub>2</sub> émis par toutes nos activités doit pouvoir être absorbé par notre agriculture et nos forêts. L'objectif est simple, mais l'atteindre est plus difficile. Cela passe par la forte réduction de notre dépendance aux énergies fossiles et l'intervention sur les trois leviers clés que sont le chauffage, le transport et le plastique.

Un objectif à horizon 2040 a été posé s'agissant de la mobilité : ne plus vendre de véhicules neufs qui utilisent du diesel, de l'essence et du gaz naturel. Je comprendrai que d'aucuns ne le partagent pas.

Concernant le gaz, la question est celle de la provenance de molécules qui sont chimiquement identiques. Se pose également la question du temps.

Les médias n'ont retenu que l'objectif final de 2040 sans se pencher sur les différentes modalités envisagées.

Or, au point de départ, deux situations sont actuellement inacceptables. La pollution de proximité d'abord, qui intéresse beaucoup le Conseil national de l'air est un problème sanitaire. Le CO<sub>2</sub>, par ailleurs, qui pose un problème de changement climatique. Au point d'arrivée, nous posons la fin des véhicules diesel, essence et gaz naturel. Je précise qu'il ne s'agit pas de véhicules thermiques, mais de véhicules qui utilisent des énergies fossiles. Par quels moyens atteindre cet horizon ? Les médias n'en parlent pas alors qu'il s'agit d'un volet essentiel du travail que nous avons réalisé. Or nous avons défini une trajectoire dans laquelle nous faisons intervenir l'introduction du biogaz pour les véhicules. Cette trajectoire prévoit la modification des flottes, la baisse des prix et un accompagnement.

Nous sommes réalistes. Pour preuve : dans la commune de Givors, j'habite un quartier « politique de la ville », donc je côtoie les concitoyens qui ont des difficultés. L'important est bien cette trajectoire de vingt ans. Reste que le biogaz pose un souci. Il n'est pas considéré comme une énergie à faible émission pour les véhicules légers en raison de la mesure de la pollution, qui ne se mesure qu'au pot d'échappement. Cet obstacle sera levé d'ici à 2023 dans le cadre d'une démarche européenne d'analyse de cycle de vie pour les carburants.

Une démarche d'innovation sous-tend ces mesures. Nous avons besoin d'innover si nous voulons atteindre une mobilité qui intègre le biogaz dans les solutions de mix énergétique. La trajectoire laisse une place aux innovations qui interviendront dans les vingt ans à venir. Une évaluation scientifique et technique sera menée tous les cinq ans, accompagnée d'un débat public contradictoire à l'Assemblée nationale et au Sénat. C'est par ce moyen notamment que nous verrons si, dans dix ans, l'hydrogène est devenu le pétrole du XXI<sup>e</sup> siècle, ce que personne à ce jour ne peut affirmer. Nous suivons la même démarche pour le secteur du bâtiment. Nous savons que pour que le bâtiment prenne sa part dans l'objectif de neutralité carbone, cela passe par des bâtiments de basse consommation et autres engagements. Le gaz a son rôle à jouer dans ce contexte. Il convient de laisser beaucoup de place à l'innovation dans ce domaine. Opposer les questions économiques et écologiques n'a pas de sens.

Je suis irrité d'entendre qu'aller vers des mesures écologiques équivaut à suivre une voie de décroissance. Je n'y crois pas. En revanche, je pense que l'évolution économique de notre pays doit se faire au regard des problèmes écologiques que nous avons et des dix-sept objectifs de développement durable des Nations unies.

Bref l'innovation est le point de jonction entre écologie et économie. L'avenir se joue là.

La recherche en est une composante essentielle. La France est bien meilleure que ce que l'on croit dans la recherche. Pensons à l'hydrogène. Soixante-dix pour cent des publications de recherche à comité de lecture produites en Europe sur ce sujet proviennent de laboratoires français. Avec mon collègue Cédric Villani, nous nous battons sur ce front afin que les pouvoirs publics et les entreprises s'appuient davantage sur nos chercheurs.

Diminuer l'impact environnemental de nos activités pour atteindre un bien-être général, tel est l'objectif que nous visons tous. Chacun à son échelle doit y prendre sa part.

Soyez assurés qu'au sein de la commission sur le développement durable, mon ami et collègue Bruno Duverger et moi-même sommes très attentifs aux recherches menées dans le domaine du gaz. Nous pensons que cette énergie peut participer aux enjeux évoqués et aux innovations futures. J'indique que nous avons lancé avec l'OPECST une étude prospective assortie de préconisations qui touche à la méthanisation. Les résultats seront présentés au cours du prochain



salon de l'agriculture en 2020. L'intitulé exact est « production d'énergie et agriculture ».  
Enfin, nous devons dans ce sens donner envie à nos jeunes scientifiques diplômés de poursuivre leur carrière en France.  
Nous en avons le plus grand besoin pour mener la transition écologique.

# PITCH

## Valorisation des biodéchets en zone dense ; une réponse : la micro-méthanisation

### Jimmy COLOMIES



---

**Jimmy Colomies**, 29 ans, co-fondateur et Président de TRYON. Né et ayant vécu ses 10 premières années à Saint-Martin aux Antilles, il s'intéresse dès son plus jeune âge à la gestion des ressources, et notamment de l'énergie et des déchets. Après un parcours d'ingénieur généraliste à l'école Centrale Paris, en spécialisations Entrepreneuriat et Aménagement & Construction Durable, il effectue une expérience de 6 mois en stratégie et marketing chez Terreal à Singapour qui lui fait découvrir d'autres modes de gestion des déchets et le décide à revenir en France pour lancer une activité de valorisation des déchets. C'est alors en constatant le retour des composteurs en pied d'immeuble qu'il identifie un réel besoin sur le marché des biodéchets, les restes alimentaires, qui sont composés à 80% d'eau et qui sont encore massivement détruit en incinération ou en enfouissement, ce qui ne fait aucun sens économique, social ou environnemental. Il se lance alors avec son associé Sébastien Gacougnolle dans la micro-méthanisation pour fournir une solution décentralisée, sous forme de modules conteneurisés, standard et industrialisables, capable de fournir une réponse locale, simple et rapide à mettre en œuvre.

---

#### *Thierry Guerrier*

*Vous travaillez à l'installation de méthanisation de biodéchets à petite échelle. Vous transformez les restes alimentaires en énergie renouvelable, en fertilisants et en eau claire. Comment procédez-vous ?*

**M**erci à Coénove pour cette rencontre. Merci à M. le député pour son intervention engagée. Le biodéchet qui nous intéresse est en effet le reste alimentaire. Cela représente un tiers de nos ordures ménagères, soit 20 millions de tonnes par an en France, dix fois plus en Europe et cent fois plus dans le monde. Ce déchet est composé à 90 % d'eau ; pourtant, il reste massivement collecté avec le reste des ordures ménagères destinées à l'enfouissement ou à l'incinération. L'enfouissement n'entraîne aucune valorisation de la matière. De plus, il émet du CO<sub>2</sub>. L'incinération est évidemment non pertinente pour ces déchets. Pourtant, deux

obligations réglementaires restent en vigueur. Le Grenelle de l'environnement impose à tous les professionnels qui produisent plus de 10 tonnes de biodéchets par an de procéder à un tri à la source en vue d'une valorisation organique. La loi de transition énergétique généralise cette obligation de tri et de valorisation jusqu'aux particuliers à l'horizon 2023. Les professionnels devront agir directement. S'agissant des particuliers, la responsabilité incombe aux pouvoirs publics de fournir les solutions adéquates aux administrés.

Deux voies de valorisation existent. Le compostage traite la matière organique et permet de la ramener au sol.

C'est intéressant pour autant que la production rurale ne soit pas acheminée vers les milieux urbains selon un schéma linéaire et non plus circulaire. L'autre procédé est celui de la méthanisation. Au compostage, ce traitement ajoute la possibilité de capter le carbone émis qui, partant, ne sera pas émis dans l'atmosphère mais transformé en méthane (CH<sub>4</sub>). À ce jour, la méthanisation n'est réalisée qu'à très grande échelle industrielle, territoriale ou agricole. Cela fait sens au regard des grands opérateurs ciblés. Moins s'agissant des nouveaux profils d'acteurs plus modestes et disséminés que nous visons. La collecte doit s'adapter en conséquence à l'échelle de l'ensemble du territoire. Par ailleurs, ces installations représentent pour ces producteurs un coût et des impacts économiques, sociaux et environnementaux. Elles se heurtent également encore à des problèmes d'acceptabilité et font redouter, parfois à tort, des nuisances industrielles incidentes.

La solution que nous développons pour une installation à petite échelle prend la forme de modules conteneurs.

Il s'agit de conteneurs maritimes de vingt pieds récupérés d'excédents chinois. Cela donne une grande souplesse pour nous adapter aux besoins. Nous mobilisons très peu de génie civil. Les autorisations sont plus simples à obtenir et nos installations sont évolutives. Nous réunissons ainsi plusieurs atouts pour lever les obstacles évoqués. Nous installons dans un délai court d'un an maximum. Notre procédé est mieux accepté en raison de sa taille et des volumes traités. Nous levons ainsi les appréhensions en matière de risques et de nuisance industriels. Surtout, nous pouvons nous implanter localement. Cela réduit les coûts de la gestion des déchets et permet de décentraliser les unités et de s'appuyer sur des véhicules à mobilité douce évoluant dans un périmètre restreint.

Cela permet également de décentraliser la production du biogaz et de viser des petits volumes plus proches de la consommation.

Nous proposons une solution très modulable susceptible d'occuper des terrains peu désirés en zones péri-urbaines sur de faibles surfaces. De même, nous apportons un service clés en main aux collectivités qui ne disposent pas de cette expertise de méthanisation. L'ambition est d'aboutir à un fonctionnement circulaire. De plus, nous travaillons à ce que ce dispositif soit connecté et automatisé. Si l'on sait aujourd'hui collecter et traiter, l'effort doit porter en revanche sur l'opération de tri à la source. Il nous faut sensibiliser les gens et les encourager à faire ce tri sélectif. Nous mettons en place une traçabilité fine du déchet assortie d'un reporting qui permet de communiquer sur l'impact de l'engagement et du tri sélectif. Cela aide à le valoriser si nous pouvons établir que pour tant de matière triée, un foyer a permis la production de tant d'énergie, tant de réduction de CO<sub>2</sub> et tant de fertilisant à l'agriculteur voisin.

En Île-de-France, une seule unité est actuellement agréée pour traiter les biodéchets à Etampes dans le sud de Paris. Il faut savoir que cela obéit à une réglementation différente de celle de la méthanisation agricole et qu'un agrément est nécessaire. Tous les déchets doivent alors passer par des sites de transfert pour être acheminés dans un périmètre compris entre 100 et 300 km.

Nous avons remporté le marché de la gestion et de la valorisation des biodéchets des 116 collèges du département des Yvelines. Nous serons ainsi la première unité agréée dans ce département. Nous comptons partir de cette base pour établir un maillage et réduire notre sphère de déplacement à une dizaine de kilomètres.

L'ambition est d'ouvrir cette unité à tous les acteurs des activités économiques locales et des particuliers pour en faire une solution véritablement territoriale. Au terme d'une double boucle circulaire, nous allons rapporter la matière organique sous forme de fertilisant aux agriculteurs qui fournissent eux-mêmes les cantines des collèges. Le biogaz produit sera dans le même temps injecté dans le réseau pour être transformé en biocarburant destiné à la flotte de véhicules logistiques.

Plusieurs freins nous ralentissent encore. Nous sommes dans un cadre réglementaire qui n'est pas adapté aux innovations que nous pouvons développer à petite échelle. Nous devons composer avec les mêmes contraintes que les grandes unités, et cela alourdit considérablement notre mise en place.

La valorisation de la matière organique est, elle, enserrée dans des contraintes qui interdisent à notre matière organique considérée comme un déchet d'être mise sur le marché.

Enfin, nous demandons plus de flexibilité en ce qui concerne l'injection dans le réseau. Celle-ci est conçue pour des gros volumes. Nous souhaiterions obtenir des aménagements et des tarifs adaptés à la taille de notre système décentralisé.

Les opportunités sont prometteuses. L'accompagnement des collectivités en est une. Les collectivités vont être en mesure de nous aider sur le volet foncier et d'aménagement. Nous avons enfin besoin de financements pour soutenir des innovations, qui requièrent toujours un petit coup de pouce initial.

### **THIERRY GUERRIER**

Qu'en est-il de la sensibilisation du public à ces opérations de tri sélectif et de l'engagement des collectivités pour rendre possible la récupération alimentaire des particuliers ?

### **JIMMY COLOMIES**

L'évolution en cours est rassurante. Le déchet cesse progressivement d'être considéré comme une chose honteuse qu'il faut cacher très loin. La mairie de Paris, par exemple, installe au contraire des bornes de tri bien visibles dans la rue et explique ce qui est fait des déchets après la collecte. C'est la démarche que nous avons retenue également afin de sensibiliser les individus.

### **THIERRY GUERRIER**

Nous savons que l'acceptabilité est encore très faible, notamment s'agissant des unités de méthanisation. Qu'en dites-vous ?

### **JIMMY COLOMIES**

En effet, cela demande un gros effort de communication sur les impacts que cela génère. Il est vrai que les solutions actuelles ne satisfont pas les particuliers. C'est précisément ce que nous essayons de résoudre en intervenant à plus petite échelle dans une approche décentralisée. L'impact visuel, les volumes et le trafic sont plus restreints. Les nuisances sont réduites parce que nous ne venons pas décharger directement les camions à même le sol, mais dans une trémie autolavable et autofermante.

### **THIERRY GUERRIER**

Où en est votre déploiement industriel et commercial ?

### **JIMMY COLOMIES**

Après quatre ans de R&D, notre démonstrateur a fonctionné pendant plus d'un an. Nous commercialisons notre première référence sur le marché des collèges du département des Yvelines. Notre objectif est de s'appuyer sur cette première référence pour nous développer sur tous les marchés nationaux voire européens.

# PITCH

## Produire du gaz renouvelable en 15 minutes, c'est possible !

### Robert MUHLKE

---



**Robert Muhlke**, ingénieur diplômé du Karlsruhe Institut of Technology (KIT) et de l'École des Mines de Nancy, Robert Muhlke est depuis 2015 directeur de Projet chez GRTgaz, en charge de la filière « Gazéification Hydrothermale ». De 2009 à 2015, il a travaillé au sein de la Direction Gaz et Électricité de Tractebel France (Engie), en charge de la création et la montée en puissance des activités « Ingénieries » dans les domaines gaz, production d'électricité et réseaux d'énergie. Précédemment, entre 1995 et 2009, il a occupé différentes missions de responsabilité dans le groupe GdF (GdF Suez, Engie) : chef de Projet senior au Centre d'Ingénierie de GRTgaz en charge des travaux sur les sites frontaliers vers la Belgique et l'Allemagne, responsable régional pour le développement de la cogénération dans les régions Rhône-Alpes, Auvergne et Bourgogne, etc. De 2017 à 2018, il fut membre de la Mission 2017 du Think Tank FNEP, co-auteur du livre « #Sobériser, innover pour un monde durable » (le mot « sobériser » créé à l'occasion de ce livre a été déposé).

---

*Thierry Guerrier*

*Pouvez-vous nous expliquer le principe des technologies de biomasse et la plus-value que cela génère ?*

Bonjour et merci pour votre invitation. Ici, je représente un peu tous les développeurs de la technologie que j'essaye de faire émerger comme filière en France. Il s'agit de la gazéification hydrothermale. Cette technologie connaît actuellement un bel essor après avoir longtemps été sous-estimée. La ressource utilisée est composée de toutes les biomasses liquides, à savoir les résidus et déchets dont la composante liquide est prépondérante. La matière sèche ne représente qu'entre 5 et 50 % du total. La méthode que nous utilisons consiste à copier ce que fait la nature en plusieurs millions d'années pour créer du gaz naturel. Dans la partie sèche, nous sommes intéressés par la partie organique qui contient évidemment le carbone. En France, 340 millions de tonnes de biomasses liquides sont produites chaque année. Nous pouvons en valoriser environ 100 millions par an. Je publierai une note publique sur ce point à la rentrée prochaine.

Parmi les biomasses liquides nous ciblons en particulier les boues des stations d'épuration municipales et industrielles dont la composante liquide est très importante, les résidus liquides agricoles (déjections animales, etc.), les digestats issus des installations de méthanisation qui ne peuvent pas toujours être épandus dans les champs agricoles. Les effluents industriels et les résidus liquides de la filière agroalimentaire peuvent être également des intrants intéressants : certains comme la liqueur noire des papetiers sont très riches en matière organique. D'autres tels que les micro-et macroalgues

ouvrent des perspectives intéressantes pour le futur.

La gazéification hydrothermale est un procédé thermo-chimique qui fonctionne en eau supercritique, à la limite entre les phases liquide et gazeuse. N'existant pas dans la nature, nous pouvons créer l'état supercritique artificiellement au moyen d'une installation fonctionnant à une pression d'environ 250 à 300 bars et à une température entre 400°C et 700°C. Le procédé permet tout d'abord de séparer tous les éléments solides contenus dans l'intrant dont des sels minéraux (phosphore, potassium), métaux et métaux lourds. Cette séparation des sels se fait soit au moyen d'un dispositif dédié soit dans la phase de gazéification par précipitation gravitaire.

La conversion en gaz par gazéification qui en suit s'opère avec ou sans catalyse. Elle provoque la constitution d'un nuage gazeux composé principalement de molécules de CH<sub>4</sub> (> 50%), d'hydrogène et de CO<sub>2</sub>. Une injection d'hydrogène en amont du gazéifieur permet de porter la proportion de CH<sub>4</sub> jusqu'à presque 90 %.

Le procédé sans catalyse génère en plus quelques molécules d'hydrocarbures plus complexes (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) en diminuant légèrement (entre 5 et 10%) le pourcentage des molécules de CH<sub>4</sub> dans le gaz final. À l'issue de ce stade, une séparation de phase s'opère à haute pression (200 bars) permettant de récupérer d'un côté les molécules gazeuses dont le CH<sub>4</sub>, et de l'autre côté une eau claire riche en azote. Le mélange gazeux est ensuite épuré afin d'isoler le CH<sub>4</sub> de l'hydrogène et du CO<sub>2</sub> et de l'injecter dans le réseau de gaz.

L'azote soluble (ammonium) se trouvant dans l'eau claire de qualité au moins industrielle peut être enlevé par dénitrification rendant l'eau quasi potable ou susceptible à tout le moins d'être rejetée sans risque dans la nature après filtration du surplus de carbone résiduel qui peut s'y retrouver encore.

Cette technologie présente l'avantage de réaliser une conversion de carbone très élevée pouvant aller jusqu'à 99 % déjà atteintes avec certains intrants. Le reste ultime de l'intrant initial, la partie solide composée des cendres inutilisables, comporte ainsi un très faible volume.

Enfin, le procédé ne génère, autant avec que sans catalyse, presque pas de polluants (pas de NO<sub>x</sub> et très peu de CO). De plus, tout le soufre se trouvant éventuellement dans l'intrant, est capté en amont du gazéifieur.

L'efficacité énergétique est également très haute : elle varie entre 70 % et 90 % en fonction de la valorisation ou non de la chaleur fatale non récupérable dans le procédé. Elle peut être valorisée dans la production d'eau chaude pour alimenter par exemple un process industriel ou un réseau de chaleur.

L'installation est compacte et se présente de façon modulaire. En raison de la pression élevée exercée, et lié au fait que le coût s'élevant fortement avec la montée en taille, nous estimons que le gabarit des modules de gazéification hydrothermale se limitera à des débits allant de 0,5 à 3 t/heure.

Le coût du gaz renouvelable produit en bout de course pourrait, selon nos estimations, se situer entre 50 et 100 euros le MWh. Tout est fonction du coût de l'intrant exploité mais aussi des coûts annexes évités qui peuvent être très considérables. Je pense ici par exemple au coût du transport de digestats ou de boues qui ne peuvent pas être épandus localement.

Enfin, une telle installation est aussi un formidable outil de traitement des déchets et d'économie circulaire. Car elle sait traiter les intrants de la même manière qu'un incinérateur, avec un coût bien moindre, et en recyclant ou convertissant en plus tous les matériaux et molécules valorisables.

Ce processus de transformation s'opère enfin dans un temps très court, entre une et dix minutes selon le type d'intrant et le réglage souhaité. Je vous livre en conclusion un petit film en cours de finalisation.

## THIERRY GUERRIER

Comment se profile le modèle économique que vous avez retenu pour le développement de cette activité ?

## ROBERT MUHLKE

Concernant la technologie, un premier démonstrateur est en service aux Pays-Bas depuis l'année dernière. Il est soutenu par nos confrères de Gazunie. Sa capacité est de 2 t/h. Ils ambitionnent de la porter à 20 t/heure après cette première phase et d'installer une dizaine de modules avant trois ans.

En Allemagne, un pilote existe déjà, et la Suisse en comptera un également avant la fin de l'année.

En France, le CEA travaille avec un prototype sans catalyse d'une capacité de 10 kg/h.

Les potentiels utilisateurs de cette technologie sont typiquement des startups du type de celle que je représente ce matin. De gros opérateurs comme Suez ou Veolia, des équipementiers ou des industriels déjà actifs dans le gaz pourraient également y investir ou s'en saisir.

# PITCH

## Quand les équipements se mettent au service des réseaux d'énergie : cas concret de Carros (06)

### Guillaume Lehec

---



**Guillaume Lehec**, est depuis 2017 en charge au sein d'ENGIE du développement d'offres de développement et de gestion de microgrids visant à faciliter le développement de l'autonomie énergétique à partir notamment d'une production d'électricité renouvelable et locale. Dans ce cadre, il développe et pilote pour ENGIE des projets comme InterFlex qui est co-financé par la Commission Européenne. Il a commencé sa carrière en 2001 à la R&D d'ENGIE sur le développement de la cogénération. Lors de l'ouverture des marchés de l'énergie en 2004, il pilote une équipe développant des outils nécessaires au développement des offres commerciales d'ENGIE sur le marché de l'électricité en France : des solutions d'efficacité énergétique sur les marchés tertiaires et résidentiels et les outils de gestion opérationnelle de l'approvisionnement électrique du portefeuille de clients en France. En 2007, il prend en charge la gestion opérationnelle du contrat d'acheminement d'électricité liant ENGIE à ENEDIS. En 2010, il intègre la structure Energy Management d'ENGIE en France et pilote l'activité de couverture de la fourniture de gaz des clients résidentiels en offre de marché en France. En 2012, il devient directeur du département agrégation chargé de développer et d'opérer les offres et les solutions techniques de pilotage et de valorisation de la flexibilité de consommation des sites industriels et tertiaires.

---

#### *Thierry Guerrier*

*Que pouvez-vous nous dire de ce projet d'optimisation local d'énergie Interflex ?*

**B**onjour à tous. . InterFlex est un projet européen financé par la Commission européenne dans le cadre de son programme Horizon 2020. Son objectif est notamment de déterminer comment la flexibilité de consommation électrique à l'échelle locale peut faciliter l'intégration des énergies renouvelables sur le réseau de distribution d'électricité. En effet, à l'horizon 2030, les capacités photovoltaïques devraient tripler en France. La production renouvelable devrait représenter environ 40 % de la consommation contre 16 % aujourd'hui. À ce jour, la production de renouvelable est raccordée à plus de 70 % sur le réseau de distribution

d'électricité. Or le réseau a été conçu pour absorber de l'énergie issue du réseau de transport et le distribuer aux consommateurs qui y sont raccordés. Produire davantage d'énergie à l'échelle du réseau de distribution se heurte ainsi à des contraintes. Plusieurs solutions sont envisagées. Le renforcement du réseau de façon conséquente en est une. A l'échelle européenne, cela représenterait un montant de plusieurs dizaines de milliards d'euros à l'horizon 2030. Si bien que la Commission européenne a souhaité étudier dans quelle mesure la flexibilité de la consommation et de la production à l'échelle locale pouvait permettre de faire l'économie d'une partie de ces investissements dans le renforcement des réseaux. Il s'agirait de faire des économies pour le système électrique et ainsi au profit du consommateur final.

Tel est le point de départ du projet Interflex coordonné par Enedis, qui concerne cinq pays en Europe : la France, l'Allemagne, la Suède, la République tchèque et les Pays-Bas. Six démonstrateurs sont installés, dont un à Nice baptisé Nice Smart Valley, lequel nous permet d'étudier en lien avec notamment Enedis et GRDF comment développer et favoriser l'usage de la flexibilité à l'échelle locale et la valoriser. Nous avons choisi de tester un usage en particulier, appelé le « rooftop hybride ». Celui-ci permet d'arbitrer en permanence entre le gaz et l'électricité pour la production de chaleur. De plus, il permet également de produire du froid à partir d'électricité. Il fonctionne au moyen d'une pompe à chaleur électrique et d'un brûleur de gaz naturel et biogaz.

Il est équipé d'un système de régulation intelligent, ce qui lui permet d'arbitrer sur la base des tarifs appliqués aux clients, et aussi des rendements des différents systèmes. Par exemple, le rendement de la pompe à chaleur varie en fonction de la température extérieure. Il est plus élevé dans les périodes froides et moins élevé dans les périodes chaudes. Selon les cas, le gaz sera alors remplacé par l'électricité. Ces basculements n'ont aucun impact sur le confort des clients.

Au-delà de cette capacité d'arbitrage, ce dispositif apporte aussi de la flexibilité pour faire face aux différentes contraintes qui peuvent gêner le fonctionnement du réseau. Par exemple en cas de pic de consommation électrique, il soulagera le réseau de distribution électrique en basculant sur l'énergie gaz.

du fait de l'absence d'impact pour le confort des clients, cette flexibilité présente l'avantage de pouvoir durer de longue période. En effet, en général, les effacements qui portent sur la climatisation ou du chauffage électrique sont de courte durée, de l'ordre de quelques heures, afin d'éviter les impacts sur les clients. Notre solution autorise par contraste des parenthèses de plusieurs jours. Nous pourrions, par exemple, traverser les grands pics de froid de l'hiver.

La solution se substitue aussi à des produits conçus pour les effacements longs, mais qui sont assortis d'émissions élevées de carbone. Je pense en particulier aux groupes électrogènes qui concentrent encore aujourd'hui près de 50 % des capacités d'effacement en France.

Ces vertus s'accompagnent toutefois d'un surcoût d'environ 15 à 20 % par rapport à une pompe à chaleur traditionnelle électrique. Est-ce rentable dans ces conditions ? La rentabilité est fonction de la différence du prix du gaz et de l'électricité, du prix de l'énergie, de celui de l'acheminement, et des prélèvements divers appliqués à la consommation finale de l'électricité (TVA, etc.). La rentabilité dépend enfin des conditions climatiques, qui varient selon les régions.

C'est tout l'intérêt du lancement en janvier 2019 avec GRDF de ce démonstrateur à Carros (06). Il s'agit d'un « rooftop hybride » de 70 kW de consommation électrique. Il nous a déjà permis de tester son pilotage sur la base des prix de marché du gaz et de l'électricité. Nous avons simulé sa performance dans le cadre des appels d'offre RTE d'effacement, sur le marché de capacité et en termes de valeur pour le gestionnaire de réseau de distribution Enedis.

Annuellement, la valeur extraite en théorie est de l'ordre de 2 000 euros. Cette somme est à comparer au surcoût de ce système, qui est de l'ordre de 10 000 euros. À l'aune de ces éléments, le temps de retour s'établit à cinq ans, et nous travaillons encore à confirmer ces valeurs.

Les résultats sont encourageants. Le système se montre naturellement vertueux vis-à-vis du système électrique.

Quand la température est basse et que les prix sont élevés, le dispositif bascule vers le gaz. C'est précisément dans ces moments que le réseau électrique est sous tension. Sans qu'il soit besoin de contraindre son fonctionnement, il va ainsi soulager naturellement le réseau électrique quand celui-ci en a besoin.

Alors que nous nous attendions à trouver un fonctionnement électrique plus important, nous avons constaté une réalité bien plus complexe. Au cours de nombreuses périodes de l'année, notamment en novembre et en février, le rooftop hybride consomme beaucoup de gaz. Cela libère moins de flexibilité pilotable que ce qui était prévu. Mais ce n'est pas problématique dans la mesure où crée de la valeur pour le réseau de transport en réduisant le pic de demande.

Telles sont les enseignements de notre étude. Actuellement, nous menons la campagne pour savoir comment le système fonctionne pour générer de la flexibilité en été. Quelle est la durée optimale utilisée pour soulager le réseau ? En PACA,



l'enjeu est de pouvoir évacuer du réseau de distribution la forte production de photovoltaïque. La flexibilité consiste en une surconsommation ponctuelle propre à absorber cette production solaire, qui n'est pas utilisée immédiatement localement et ne peut être acheminée.

#### **THIERRY GUERRIER**

Outre Carros, avez-vous d'autres implantations ou projets en cours ?

#### **GUILLAUME LEHEC**

Effectivement, dans le cadre du Nice Smart Valley, nous testons des chaudières hybrides. Les clients sont des particuliers. La chaudière fonctionne sur le même principe en produisant de la chaleur tantôt avec du gaz, tantôt avec de l'électricité. Elle n'atteint pas tout à fait les mêmes rendements, mais elle soulage les réseaux de distribution au plus près des utilisateurs. Nous avons également des modèles de chaudières réversibles ; nous évaluons actuellement leur efficacité économique.

#### **THIERRY GUERRIER**

Engie travaille beaucoup sur ces sujets et pratique quasiment de l'open innovation sur ces solutions.

#### **GUILLAUME LEHEC**

En effet, au sein d'Engie, la France est un marché intéressant, mais d'autres marchés très contraints sont prometteurs à court terme en Europe pour ce type de solution. Ainsi, en Allemagne, où de nombreuses contraintes sont associées à la production renouvelable, ce genre d'usage hybride pourrait trouver un sens à très court terme. Via ces démonstrateurs, nous travaillons ainsi sur le développement technologique et surtout sur la capacité d'export du savoir-faire français.

# L'innovation en action, la preuve par l'image

## Philippe Dujardin



---

**Philippe Dujardin**, précédemment Directeur Général Adjoint d'Awabot, Directeur Financier d'Erytech Pharma, Philippe Dujardin a l'expérience des sociétés de croissance. Il a également été directeur des Financements et des Relations Investisseurs du groupe Infogrames/Atari. Depuis 2014 chez BOOSTHEAT, après avoir été directeur financier et Chief Business Development Officer, Philippe Dujardin est maintenant en charge de la Direction Générale de BOOSTHEAT France, filiale française de distribution de BOOSTHEAT SA.

---

### *Thierry Guerrier*

*Voulez-vous nous présenter l'innovation dans le gaz que représente la pompe à chaleur que vous avez conçue au sein de Boostheat ?*

**M**erci à tous. Boostheat est une innovation gaz qui s'adresse à la maison individuelle. Je rappelle que le secteur de l'habitat représente 25 % de la consommation totale d'énergie. L'enjeu est énorme. L'usine Boostheat est implantée sur le site de Vénissieux, à la place d'une ancienne entreprise qui fabriquait des composants diesel. Preuve qu'il est possible de faire de la croissance verte avec des développements basés sur l'innovation gaz.

En bref, Boostheat est partie d'une innovation qui repose sur la haute qualité énergétique de la combustion du gaz. Celle-ci est de 800 ° de température. L'objectif était de savoir comment utiliser cette très haute température autrement que pour chauffer une eau à 35 ou à 50 °. La solution repose sur l'activation d'une pompe à chaleur et l'intervention d'un nouveau compresseur thermique. Il s'agit d'un petit compresseur innovant, qui remplace le compresseur volumétrique fonctionnant comme un ascenseur à calories.

Boostheat est finalement une pompe à chaleur gaz associée à une chaudière à condensation. La pompe à chaleur est hybride gaz/gaz. Parce que nous avons architecturé une chaudière de relève qui garantit un pouvoir thermique de 20 kW quelle que soit la température extérieure. Il s'agit du produit idoine qui permet d'organiser la sortie du fuel.

Notre startup a été créée en 2011 autour de cette innovation dans l'emploi des hautes températures de la combustion du gaz. Elle repose sur une rencontre exceptionnelle avec notre partenaire Erdf, qui a donné lieu, dès 2013, à la définition d'un premier prototype de compresseur et nous a facilité un accompagnement dans la recherche et la commercialisation de ce produit. Le prototype a reçu un prix au salon Interclimat. L'installation du site à Vénissieux a été finalisée en juillet 2017 et dès 2018 les premières chaudières ont été mises en place avec le concours innovation de l'Ademe. Nous sommes marqués CE depuis novembre 2018.

Il s'agit de la chaudière la moins énergivore du monde, et nous conservons l'appellation de chaudière parce que cela fait sens auprès des particuliers.

Nos marchés sont l'habitat individuel et le petit habitat collectif. Nous souhaitons aborder le marché des collectivités locales et le marché associatif des locaux, des crèches et des écoles pour lesquels notre solution 20 kW répond déjà aux besoins.

Nous sommes basés en France, mais nous avons déjà une filiale en Allemagne qui gère une chaudière test dans les laboratoires d'Innogaz. La semaine prochaine, nous serons élus à la prime du Bafa qui permet de faire baisser fortement le prix à la consommation finale. Une autre filiale est installée en Suisse, pays d'origine de notre actionnaire principal Holdigaz. Il a été engagé dans l'entreprise 45 millions de ressources, et 95 collaborateurs. Le site industriel se double d'un laboratoire de recherche à Toulouse où travaillent trente personnes.

Nous sommes pleinement inscrits dans la nouvelle filière de l'écosystème du gaz. Nous verdissons le gaz en apportant une unité d'énergie renouvelable à la combustion et une unité carbone.

Notre écosystème est composé de deux actionnaires gaziers étrangers Fluxys et Holdigaz, et de grands partenaires et soutiens tels que GRDF, Butagaz, Innogi. Notre ambition est aussi d'aller chercher des installateurs diffus et de rénover le partenariat avec les plombiers et les professionnels de l'installation.

Cela tient à notre volonté commerciale disruptive d'interpeller directement le client final. Il s'agit de dire à l'écocitoyen que la transition passera par la responsabilité des actes individuels.

Vous comprenez que nous sommes de plain-pied dans les grands enjeux de la transition énergétique en travaillant à la réduction de l'émission de gaz à effet de serre. J'ai rappelé aussi la part de la consommation énergétique finale dans le bâtiment, qui est de 25 % ; j'ajoute que 66 % des chaudières gaz et fuel en Europe ont plus de vingt-cinq ans. Énormément de choses restent donc à faire en matière d'optimisation énergétique. La chaudière est la belle oubliée. Les politiques ont beaucoup pensé à la mobilité, ils ont simplement oublié le monde du chauffage. Nous construisons avec le gaz un vecteur naturel et écologique.

Comment se présente le Boostheat 20 ? C'est un compresseur thermique. Il s'agit d'un nouveau moteur à combustion externe tout à fait adapté au travail sur l'inertie et au chauffage des maisons. Il atteint des rendements extrêmement élevés. Tandis que la pompe à chaleur électrique comprime par voie volumétrique, nous comprimons par voie thermique. Pour employer une image, nous avons la puissance d'une cocotte-minute contre celle d'une pompe à vélo. Nous utilisons par ailleurs un fluide frigorigène naturel – le CO<sub>2</sub> – qui nous paraît plus adapté car il a un impact incommensurablement plus faible en termes de rejets de GES que les HFC.

L'architecture d'ensemble comprend une chaudière individuelle de la taille d'un gros réfrigérateur. La partie basse est occupée par le système thermodynamique, la partie haute est la chaudière gaz à condensation et son ballon. S'ajoute enfin un aérotherme, qui capte les calories dans l'environnement.

Nous tentons de réunir la fiabilité de la chaudière gaz, l'efficacité de la pompe à chaleur. D'un point de vue réglementaire, nous sommes une pompe à chaleur hybride. Nos prix sont intéressants et nous valent de figurer parmi les 1 000 solutions Solar Impulse. Nous avons été primés comme l'innovation gaz de l'année en Allemagne.

Ce produit est clairement destiné à remplacer une vieille chaudière fuel dans une maison. L'installation n'appelle pas de compétence de frigoriste et est à la portée du seul plombier. Celui-ci n'aura qu'à installer une ligne d'eau au niveau de l'aérotherme. Il n'est plus utile de conserver un appoint. Le système permet enfin de produire des Enr à partir d'une solution gaz. Nous souhaitons développer notre dispositif de connexion à distance pour le doubler d'une maintenance prédictive. Au-delà de la technologie, c'est un enjeu de services.

Le produit répond aux nouvelles classes énergétiques A3+ qui vont être publiées en septembre. L'emploi du fluide frigorigène répond à l'interdiction des gaz polluants HFC. Mais l'enjeu le plus immédiat est bien le remplacement des chaudières fuel.

En conclusion, Boostheat souhaite s'adresser au client final. Contrairement à nombre de fabricants qui sont inscrits dans une chaîne de valeur très longue de distributeurs et perdent le contact avec l'utilisateur, nous avons le souci de garder ce lien. Dans ce sens, Boostheat facture le client final jusqu'à son installation.

C'est un point important, car nous ambitionnons de transformer le produit en un service.

# Débat prospectif

## L'énergie en 2050

### ANIMATEUR

**Thierry Guerrier**  
Journaliste

---

**Adeline Duterque**  
Directrice du centre de recherches  
corporate d'ENGIE

**Guillaume Sainteny**  
Maître de conférences à l'École  
polytechnique

**Marc Robert**  
Professeur à l'université Paris Diderot  
(projet Mars, faire du méthane à partir  
du CO<sub>2</sub> et du Soleil)

# Le point de vue du Crigen

## Adeline DUTERQUE



---

**Adeline Duterque**, diplômée d'HEC, a commencé sa carrière au sein de Gaz de France, où elle a occupé plusieurs responsabilités dans les domaines du commercial, de la clientèle et de la stratégie. Elle a notamment été directeur commercial de GrDF, chief economist et directeur prospective d'ENGIE. Elle préside actuellement le Conseil d'Administration de GRTGaz et dirige le centre de R&D corporate d'ENGIE (CRIGEN).

---

### *Thierry Guerrier*

*Décrivez-nous, s'il vous plaît l'activité et la vision du Crigen.*

Bonjour. Le Crigen est le Centre de recherche et développement corporate d'Engie. Sa mission est d'accompagner la stratégie du groupe dans le cadre d'une transition vers le zéro carbone. Nous sommes organisés en neuf "labs". Trois sont dédiés aux nouveaux gaz, (biogaz-biomasse, hydrogène et liquéfaction des gaz verts), trois autres sont centrés sur les clients (industrie 4.0, ville et bâtiment du futur, environnement et société), enfin, trois lab supports accueillent les technologies émergentes telles que l'intelligence artificielle, les drones, les robots, les nanotechnologies et viennent nourrir tous ces travaux de recherche. Ces laboratoires occupent environ 200 chercheurs concentrés pour l'essentiel sur le site de Saint-Denis, mais aussi à Singapour, et près de Lyon, où nous avons mis en place un démonstrateur sur la pyrogazéification.

### **THIERRY GUERRIER**

Le public commence à comprendre que le tout-renouvelable, le tout-solaire ou le tout-éolien sont des solutions illusoire. Le véritable enjeu réside bien davantage dans le mix énergétique. Dans ce mix, la part du gaz devrait être importante. Vous avez précisément travaillé sur le mix énergétique européen à l'horizon 2050. Que nous enseigne cette enquête ?

### **ADELINE DUTERQUE**

Il y a trois ou quatre ans, Engie a réalisé une étude technico-économique sur la question de savoir ce que serait un mix énergétique 100 % renouvelable en Europe à l'horizon 2050. Quelques tendances fortes se dégagent.

D'abord, il n'y aura pas de solution unique valable pour toutes les configurations, même si le développement de l'efficacité énergétique est un incontournable. Plusieurs technologies auront leur place. De plus, d'un pays à l'autre, l'optimum technico-économique n'est pas le même. Sur ce point, nous avons fait abstraction des mécanismes de soutien éventuels. Nous avons modélisé des baisses de coût. Il en ressort qu'un mix 100 % renouvelable est réalisable à coût moyen de l'ordre de 80 euros la tonne de carbone. Cet investissement permettrait de décarboner complètement le mix européen. Dans cette logique, plus nous décarbonons, plus les dernières unités sont chères. Pour les 5 % restants, il faut trouver un prix du carbone à 250 euros la tonne. En définitive, deux options sont envisageables pour décarboner.

La première consiste à faire du tout-électrique en surdimensionnant pour parvenir à couvrir la pointe de consommation

avec du renouvelable électrique. Dans la seconde option, nous dimensionnons du renouvelable électrique sur la consommation de base. La pointe saisonnière étant couverte par des appoints qui fonctionneraient au biogaz. Cette deuxième solution apparaît nettement moins coûteuse qu'un surdimensionnement global.

### THIERRY GUERRIER

Pensez-vous que la raison nous conduira plutôt vers cette solution ?

### ADELINE DUTERQUE

Au prix actuel, il reste du travail de R&D à réaliser pour aboutir à une valeur du biogaz suffisamment compétitive pour que cette énergie entre dans le mix. Nous l'estimons à ce jour à 60 euros du MW/h. C'est la cible à atteindre pour pouvoir se passer des subventions. Plusieurs recherches y concourent. Sur la production de biogaz de première génération, la baisse des coûts doit être réalisée à chaque maillon de la chaîne. À quel endroit installer le méthaniseur, étant entendu que l'existence d'un *sourcing* de biomasse utile à proximité est un facteur clé de compétitivité ? Nous développons des outils, pour cette raison, qui permettent d'optimiser l'installation des unités de méthanisation dans les territoires en favorisant les logiques d'économie circulaire. Une fois le méthaniseur installé, il s'agit ensuite d'optimiser la gestion des intrants au moyen de capteurs - lesquels mesurent en temps réel le comportement des intrants. Grâce à ce suivi, l'exploitant peut se voir proposer d'ajouter tel ou tel type d'intrant en vue d'optimiser sa production, ainsi que le lieu où trouver ces intrants proches complémentaires, et aussi leur disponibilité et leur prix.

Nous pouvons encore agir sur les coûts au stade de l'épuration avant l'injection. En bout de course, il convient enfin de piloter l'ensemble du système et s'assurer de son bon fonctionnement. À cette fin, nous travaillons avec GRDF sur des systèmes de télépilotage de toutes ces infrastructures.

Concernant l'hydrogène, il est évident que l'énergie en question entrera dans le mix européen. Certaines études parlent d'une proportion de 18 %, mais celle-ci sera vraisemblablement très variable d'un endroit à l'autre. La réduction des coûts constitue également un enjeu dans le domaine de l'hydrogène vert. Ces coûts sont dépendants de la baisse des prix de l'électricité renouvelable - sur laquelle nous n'avons pas de prise. Mais ils dépendent aussi du coût de production des électrolyseurs. Nous travaillons beaucoup sur des électrolyseurs haute température. Nous pensons qu'ils offrent à terme le meilleur potentiel de baisse des coûts sur de gros volumes. Nos recherches portent également sur des solutions de reformage du biogaz à plus petite échelle pour des utilisations délocalisées d'hydrogène. Avec GRDF, enfin, nous étudions les modalités d'injection d'hydrogène dans le réseau de distribution. À titre d'illustration, notre centre d'essai basé à Dunkerque vient de faire passer avec succès à 20 % la part d'injection d'hydrogène dans le réseau.

# Faire du CO<sub>2</sub> une matière première renouvelable

## Marc ROBERT



---

**Marc Robert**, est Professeur à l'Université de Paris depuis 2004. Formé à l'École Normale Supérieure (ENS Paris-Saclay), il a obtenu une thèse en électrochimie 1995 puis a poursuivi sa formation aux États-Unis (Ohio State University) avant de démarrer sa carrière académique en France en 1997. Il a été membre junior de l'Institut Universitaire de France de 2007 à 2012, il en est membre Senior depuis 2017. Il dirige une équipe de recherche d'une vingtaine de personnes dans un laboratoire mixte entre l'Université de Paris et le CNRS, le laboratoire d'Electrochimie Moléculaire. Ses travaux portent sur la compréhension fondamentale de la réactivité chimique et sont maintenant centrés sur la réduction catalytique du CO<sub>2</sub> en carburants par électrochimie et photochimie, un domaine dans lequel il a déposé plusieurs brevets et publié de nombreux articles internationaux.

---

### *Thierry Guerrier*

*Vous travaillez sur le CO<sub>2</sub> dans une perspective de recyclage intégral dans le cadre du projet Mars. Expliquez-nous l'enjeu de ce projet.*

**B**onjour à tous. En effet, notre idée est d'utiliser le CO<sub>2</sub> comme matière première renouvelable que l'on fait entrer dans une boucle d'économie circulaire. Cela revient à utiliser des énergies renouvelables pour transformer ce CO<sub>2</sub>, par exemple, en carburant lequel formera à son tour du CO<sub>2</sub> qui sera encore réutilisé. À ce jour, nous avons imaginé un petit dispositif qui reste au stade de *proof of concept* de laboratoire. C'est un mini-réacteur de la taille d'une tasse à café. Il utilise uniquement de l'énergie solaire à température et pression ambiantes, un peu d'eau, un catalyseur à base de fer pour transformer le CO<sub>2</sub> en méthane, lui-même renouvelable. C'est le principe de la photosynthèse qui fixe le CO<sub>2</sub> à partir du Soleil, mais nous l'appliquons à partir de catalyseurs, dont la particularité et l'objectif du cahier des charges sont d'utiliser des matériaux extrêmement abondants.

### **THIERRY GUERRIER**

Pensez-vous être en mesure de passer à une échelle beaucoup plus grande, à quelle échéance et comment ?

### **MARC ROBERT**

En effet, nous avons formé un consortium avec trois partenaires GRDF, GRT Gaz et Terega, qui nous soutiennent sur

des recherches en amont, mais qui ont également pour objectif de développer un pilote de laboratoire. À partir de là, nous pourrions envisager de passer à une échelle industrielle ou préindustrielle. Ce sont des perspectives de dix à quinze ans.

#### **THIERRY GUERRIER**

Quelles sont vos cibles opérationnelles ?

#### **MARC ROBERT**

Dans cette salle, le public est bien plus compétent que moi pour vous parler des utilisations du gaz naturel. Mais nous pensons aux applications dans la mobilité urbaine, à la génération de la chaleur... tout dépend de l'échelle à laquelle nous travaillons. L'originalité est aussi de mettre au point des technologies multi-échelle adaptées autant aux petits besoins locaux qu'à des usages industriels.

#### **THIERRY GUERRIER**

Votre solution a quelque chose du Graal qui permettrait de recycler le CO<sub>2</sub>. Comment percevez-vous l'évolution de votre écosystème ?

#### **MARC ROBERT**

Sur le plan de la recherche d'abord, il faut savoir qu'un mouvement de fond absolument gigantesque est à l'œuvre au niveau international. Les acteurs se multiplient tant en Chine, en Europe qu'aux États-Unis. Les financements publics et de R&D explosent. Parallèlement, l'intérêt industriel s'accroît dans plusieurs secteurs bien au-delà du gaz.

À brève échéance, notre objectif vise au développement d'un pilote de laboratoire dans un ou deux ans et au dépôt de brevets pour protéger nos avancées technologiques. Enfin, nous créons le partenariat préindustriel pour en faire une véritable technologie.

Notre équipe, d'une vingtaine de personnes, travaille actuellement dans une unité mixte du CNRS et de l'université Paris VII dans le XIII<sup>e</sup> arrondissement de Paris.



# Donner la priorité au développement des énergies renouvelables ?

## Guillaume SAINTENY



**Guillaume Sainteny**, est président de GS conseil, cabinet spécialisé dans le développement durable. Il enseigne également le développement durable à AgroParisTech après l'avoir enseigné à Science Po Paris et à l'École Polytechnique. Guillaume Sainteny a exercé plusieurs fonctions au sein du ministère de l'Écologie, du Développement durable de l'Énergie et des Transports, notamment celles de directeur adjoint du cabinet du ministre puis de directeur d'administration centrale (Directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale). Il siège dans le Conseil de plusieurs Fondations, think tank ou publications. Son dernier ouvrage paru est « Le Climat qui cache la forêt. Comment la question climatique occulte les problèmes d'environnement » (Rue de l'échiquier, 2015).

### *Thierry Guerrier*

*Vous défendez de façon constante une approche très proche des faits et de la réalité scientifiques. Dans cette optique, quelle est votre vision du mix énergétique qui se dessine ?*

**B**onjour à tous. Je suis assez d'accord avec ce qui a été dit tout à l'heure par GRDF. Il existe de nombreux impondérables. Nous avons aujourd'hui ce débat sur l'énergie en 2050. Cela s'apparente à avoir tenu, en 1988, un débat sur l'énergie en 2019. Or, en 1988, nous n'avions quasiment pas d'ENR ou de voiture électrique, ni gaz de schiste, ni convention climat, ni protocole de Kyoto, ni accord de Paris, ni paquet climat-énergie. C'est dire que, d'ici à 2050, des événements, des inventions techniques, des évolutions du cadre juridico-politique peuvent changer du tout au tout les paramètres du secteur de l'énergie.

Le mix énergétique et le mix électrique possibles ou souhaitables varient d'un pays à l'autre, pour des raisons évidentes de différences de culture, d'avancées techniques et de ressources. Par exemple, j'étais en Espagne récemment, et j'étais frappé par la très faible opposition à l'implantation d'éoliennes. Les Espagnols semblent attacher moins d'importance au paysage alors que cela sous-tend les fortes oppositions que nous connaissons en France.

L'acceptation sociale des énergies est un enjeu majeur qui pèse, évidemment, sur le mix possible ou souhaitable en fonction des contextes. Cela a toujours été un problème en France, que ce soit avec le charbon, avec le nucléaire, puis avec les éoliennes. Et cela se vérifie encore avec le gaz de schiste, la méthanisation ou avec le projet de relancer l'hydroélectricité, et cela ne saurait tarder s'agissant du solaire au sol. Donc, quasiment tout type d'énergie suscite des oppositions. Une réflexion sur le mix énergétique ne peut pas ne pas prendre cela en compte.

Par ailleurs, nous connaissons, en France, une grande instabilité des politiques publiques de l'énergie. Par exemple, le crédit d'impôt pour la transition énergétique a été modifié plus d'une fois par an depuis sa création en 2005.

Il est difficile pour les opérateurs de s'orienter dans un tel cadre. C'est le cas du gaz. Aujourd'hui, la place qui lui est donnée dans la transition énergétique par les pouvoirs publics n'apparaît pas avec la plus grande clarté. Comme on le sait, il existe deux écoles : celle pour laquelle le gaz peut être une bonne énergie de transition et celle pour laquelle il est à ranger avec les énergies fossiles. Mais, là encore, tout dépend du contexte national et local. Par exemple, le recours au gaz aura un intérêt différent selon les énergies alternatives dont dispose tel ou tel pays.

Mais, en tout cas, je m'interroge, depuis plusieurs années, sur un aspect de la transition énergétique à la française et je voudrais partager cette interrogation avec vous. Dans sa transition énergétique, la France a clairement donné la priorité aux énergies renouvelables sur les économies d'énergie. Est-ce pertinent ? En premier lieu, les renouvelables viennent remplacer une électricité qui, en France, est déjà décarbonée. Ensuite, cette priorité ne permet pas de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> et autres émissions de polluants des secteurs qui demeurent dépendants d'énergies carbonées comme les transports. Ce secteur est pourtant le premier secteur émetteur de CO<sub>2</sub> en France. Si l'objectif de la transition est de diminuer le contenu carbone de l'énergie (et non de l'électricité) utilisée en France, dans le secteur des transports, l'apport du gaz pourrait être une composante utile au moins à court terme. Surtout, le bilan carbone de cette priorité sur le mix électrique est insignifiant. Prenons l'exemple d'un panneau solaire importé de Chine. Du berceau à la tombe, par kWh, son équivalent en contenu CO<sub>2</sub> est d'environ 75 g. Celui du mix électrique français actuel est de 79 g. C'est l'épaisseur du trait. Cela ne contribue donc pas à décarboner le mix en France. En Allemagne, le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh du mix électrique actuel est de 461 g. Cela montre qu'une politique de développement des EnR permet de contribuer à décarboner le mix électrique en Allemagne ou dans des pays comme la Pologne, l'Espagne, l'Italie ou la Grande-Bretagne, mais ne le permet pas en France ou en Suède. Par ailleurs, au sortir de la crise des Gilets jaunes, on peut rappeler que l'essor des EnR a entraîné une baisse du pouvoir d'achat, puisqu'il a été financé par une taxation qui a augmenté le coût de l'électricité. Si, par exemple, la priorité avait été donnée à la rénovation thermique, cela aurait entraîné, au contraire, des économies d'énergie et donc une amélioration du pouvoir d'achat, ainsi qu'une augmentation de la valeur du bien rénové donc des actifs des ménages. Et, enfin, nous aurions réduit nos importations, ce qui n'est pas le cas avec la priorité donnée aux ENR qui suppose d'importer une très grande partie des composants. Nous transférons donc simplement une partie de notre dépendance énergétique et géostratégique du Moyen-Orient vers la Chine.

# Conclusion

## Bernard AULAGNE



---

**Bernard Aulagne**, président de l'association Coénove depuis 2014 et ancien élève d'HEC, Bernard Aulagne, a fait toute sa carrière chez GDF Suez (désormais Engie) au sein de la direction marketing et stratégie et de la direction du développement France, créant notamment la marque DolceVita. L'association Coénove a été créée à l'initiative d'industriels équipementiers, d'énergéticiens et d'acteurs de la filière bâtiment désireux d'apporter leur contribution aux débats sur la transition énergétique et à sa réussite. Leur analyse repose sur une double conviction : l'atteinte des objectifs ambitieux de la transition énergétique ne sera possible que par une approche fondée sur la complémentarité des énergies et l'énergie gaz a un rôle clé à jouer dans cette transition, d'une part pour accélérer le développement des énergies renouvelables, d'autre part en devenant progressivement elle-même une énergie renouvelable.

---

*Thierry Guerrier*

*Bernard Aulagne, en guise de conclusion, que retenez-vous de ces débats ?*

**T**out d'abord, cette première a permis d'atteindre nombre d'objectifs que nous nous étions fixés, notamment montrer le dynamisme de la filière gaz en matière d'innovation dont le député Fugit nous a expliqué qu'elle était à l'intersection de l'écologie et de l'économie. Je suis très content d'avoir entendu parler de micro-méthanisation, de speed-méthanisation. Cela montre effectivement les perspectives importantes d'innovation.

Je retiens également que l'un de nos premiers objectifs est l'idée de ne pas circonscrire la notion d'énergie renouvelable à l'électricité. Il est vrai que nous en avons beaucoup parlé, que cela a coûté très cher à la France, mais l'électricité n'a pas le monopole de la notion d'énergie renouvelable et on le voit bien avec le développement des différentes formes de gaz renouvelables, qui présentent, rappelons-le, l'intérêt d'être stockable et de ne pas être intermittente, ce qui est souvent ce que l'on entend dès lors que l'on prononce le terme d'énergie renouvelable. Il y a bien là un logiciel à modifier et il convient de bien intégrer le gaz dans le panorama des énergies renouvelables.

Je crois qu'il est important de savoir d'où l'on part. La photographie du mix énergétique de la France aujourd'hui montre cette différence très forte entre l'été et l'hiver et la manière dont nous avons besoin de toutes les énergies pour faire face à la pointe hivernale, et notamment le gaz, puisqu'en période de pointe hivernale, l'électricité représente seulement 30 % de la couverture des besoins de puissance maximum alors que le gaz représente en 45 %. Toutes formes de production confondues, d'autres énergies comme les réseaux de chaleur, le fioul ou le bois,

complètent le tableau.

Ceci posé, deux écoles coexistent : d'un côté, il faut sortir le gaz puisqu'il est fossile, étant donné la place qu'il occupe, et ce sont malheureusement certains courants que l'on rencontre y compris au sein l'administration. Et de l'autre côté, travailler sur les deux piliers de la transition énergétique : d'une part efficacité énergétique et baisse drastique des besoins en matière de gaz, et d'autre part verdissement du gaz le plus rapidement possible avec les différentes techniques abordées ce matin.

Nous publierons très prochainement un scénario alternatif à la SNBC qui a été présentée en début d'année, qui présentera comment, moyennant des gains d'efficacité énergétique, nous arriverons à avoir du gaz 100 % renouvelable en 2050, compatible avec les potentiels identifiés aujourd'hui.

Ce matin, la notion d'énergie comme un service a également été évoquée et, en effet, la méthanisation va au-delà de la fourniture d'énergie et offre à la société française des externalités positives en matière d'économie circulaire, en matière de recyclage, de traitement des déchets. Sans oublier les bénéfices pour la filière agricole en termes de nouvelles méthodes d'agro-écologie au niveau des traitements des effluents et le moindre recours aux pesticides et aux différents engrais. Dès lors que l'on revient sur une énergie à base locale, on évite le risque de dépendance par rapport à certains pays et de déficit de notre balance commerciale.

Au-delà des coûts, la difficulté réside aujourd'hui dans la valorisation de ces externalités positives. Des études sur ce sujet sont en cours en liaison avec le comité stratégique de filière. Adeline Duterque a évoqué un prix-cible de 60 à 65 euros par mégawattheure pour le biométhane, mais les premières études sur la monétisation de ces externalités positive conduisent à un prix de 50 à 60 euros (la valorisation étant partagée entre l'État, le consommateur et les agriculteurs).

#### **THIERRY GUERRIER**

Étant donné que vous estimez avoir atteint une partie des objectifs que vous vous étiez fixé avec cette réunion, envisagez-vous une deuxième édition d'Innogaz ?

#### **BERNARD AULAGNE**

Oui, tout à fait. Dans la mesure où une partie de nos objectifs a été atteinte, nous devons poursuivre dans cette voie. Ce format me plaît bien et nous allons en effet commencer à travailler dans une logique de préparation d'une nouvelle session, avec peut-être davantage de place laissée à l'hydrogène, car c'est clairement une voie d'avenir.

Je tiens enfin à remercier toutes les personnes présentes pour leur assiduité et leurs questions, tous les orateurs qui ont bien voulu se prêter au jeu des différentes questions-réponses et de leur disponibilité pour cette matinée ainsi que Thierry Guerrier pour le dynamisme de son animation. Merci à tous et à une prochaine fois.

Un événement organisé par :

