

Rencontre Icam 2018

préparée par Rémi Reiss (77 IL) et son équipe



Comme chaque année, les alumni ont répondu présents lors de la Rencontre Icam, qui avait pour thème « la transition énergétique et ses défis industriels ». De brillantes tables rondes se sont succédées tout au long de la journée et ont permis aux ingénieurs Icam de se retrouver et de débattre autour de sujets de fond, dans l'esprit convivial et fraternel qui caractérise cette Rencontre. Retour en mots et en images !

Cette Rencontre Icam 2018 s'articulait autour d'un vrai débat de société, qui confronte les avis des scientifiques et experts de terrain : "passer au tout renouvelable en 2050, est-ce réaliste ?" Pour tenter de répondre à cette grande question, l'association Icam Alumni a rassemblé ses ingénieurs dans la magnifique Cité Internationale Universitaire de Paris, autour d'ateliers, le matin, puis de conférences l'après-midi, qui n'ont pas manqué de susciter remarques, questions et intérêt. Après la messe de début de journée, organisée en l'église du Sacré-Cœur de Gentilly, les alumni ont gagné le point de rendez-vous de la journée et se sont répartis, selon leur intérêt, dans les différents ate-

liers thématiques : quatre tables rondes sur l'électricité, le nucléaire, l'efficacité énergétique et le gaz du futur ; et un grand temps de présentation sous le signe de l'entrepreneuriat, pour les étudiants I4, les alumni témoignant du lancement de leur activité, et les candidats au Trophée Icam Alumni.

Les accords de Paris, signés lors de la dernière COP21, fixent des objectifs ambitieux, mais néanmoins essentiels : maintenir la hausse des températures sur la planète en-dessous des 2°C. Contenir le réchauffement climatique suppose de diminuer drastiquement la part des GES dans l'atmosphère, avec pour conséquence de décarboner l'énergie. Un enjeu de taille lorsque l'on sait que 82% de la consommation d'énergie finale, en France, dépend des énergies fossiles.





La transition énergétique et ses défis industriels

Electricité, génération stockage

Intégrer les sources renouvelables pour la production d'électricité est l'un des premiers leviers qu'il est possible d'actionner pour répondre aux objectifs ambitieux à horizon 2050. La France, très engagée, souhaite atteindre, dès 2030 une part de 40% d'énergies renouvelables (EnR) dans la production électrique globale. Maxime Planque (109 IL), en charge du projet éolien en mer chez Edf, a confirmé la croissance rapide de ces sources renouvelables, encouragée par des initiatives politiques porteuses et une volonté de sécuriser les approvisionnements énergétiques. Déployer les EnR suppose, cependant, de gérer la question du stockage et de la distribution, avec un maillage à repenser en profondeur. Guillaume Gréau, responsable du développement « énergies renouvelables » chez Constructions Mécaniques de Normandie, a présenté le principe des hydroliennes, des turbines fonctionnant sur le modèle de roues à aubes, actionnées par le courant. Une solution émergente, développée tant pour le fluvial (potentiel mondial équivalent à 3 réacteurs nucléaires) que pour le milieu marin, où les perspectives sont importantes, avec des déploiements commerciaux à l'horizon 2022. Enfin, Coline Wallaert (115 IL), actuellement chez Auddicé environnement, a pu démontrer toutes les possibilités d'appropriation de ces solutions durables par les territoires, avec l'exemple de la Région Hauts-de-France, qui s'engage dans la « 3ème révolution industrielle » (rev3).

Le nucléaire : potentialités énergétiques et technologiques

Considérée plus que toujours comme une énergie jeune et d'avenir par les représentants de la filière, le nucléaire offre de nombreuses potentialités de développement et, bien sûr, de perspectives pour les futurs ingénieurs et techniciens. Pour Jean-Luc Salanave, expert nucléaire et enseignant ECP, les différents projets en cours témoignent de cette vitalité et constituent une composante essentielle de la transition énergétique, grâce au recyclage des combustibles usés, à la mise en place de petits réacteurs modulaires ou encore aux recherches sur la fusion dans le cadre du projet ITER. Une dynamique confirmée par Marie Annick Biette (91 IL) d'EDF, évoquant les projets d'EPR dans le monde et les besoins de la filière en compétences



d'ingénieurs généralistes. C'est d'ailleurs la voie choisie par Camille Lecherf (115 IL), Louis Levesque (114 IL) et son homonyme Louis Levesque (108 IL), qui ont fait part de leur expérience respectivement en maintenance de site (dans le domaine de la robotique industrielle), contrôle non destructif et conduite d'exploitation de tranche. Grâce à leur polyvalence et leur vision globale, ces jeunes ingénieurs ont trouvé leur place et bénéficient de belles perspectives d'évolution dans une filière très dynamique.



Effacité énergétique : halte aux déperditions

Jean-Yves Aubé (70 IL) a proposé d'étudier de près l'efficacité énergétique de la France, et le constat est sans appel : entre l'énergie primaire produite, et l'énergie utile réellement distribuée, le rendement n'est que de 41%. Des pertes considérables sont occasionnées sur le réseau de distribution, sans compter les pertes au niveau des consommateurs. Il est ainsi raisonnable de penser que l'efficacité énergétique française est sans doute inférieure à 30%. Il est donc urgent de trouver des systèmes combinant qualité et quantité. Dans le bâtiment, qui représente 46,8% des consommations d'énergie, les initiatives à l'œuvre se tournent vers une conception globale, avec des solutions très efficaces. Christian Cardonnel, consultant, a présenté la méthode « CUBE » de construction unifiée, qui croise et optimise tous les aspects d'un bâtiment : son orientation, ses usages, son inertie, sa ventilation et des sources d'énergies renouvelables intégrées. Les ingénieurs ont ici un rôle capital à jouer, selon lui, car la construction de tels bâtiments suppose la conception de modèles mathématiques avancés. Eric Allmang (91 IL), fondateur d'Incubethic a, quant à lui, partagé les initiatives d'industriels qui s'engagent dans des actions d'efficacité énergétique. Selon le principe « zéro culpabilité, mais 100% responsabilité », les entreprises sont de plus en plus nombreuses à transformer en profondeur leurs process (remplacer, par exemple, l'air comprimé par une autre solution) ou à réaliser des travaux de rénovation qui leur permettent d'atteindre le référentiel ISO 50001. Jean-Yves Aubé a conclu ces présentations par des chiffres importants : l'efficacité énergétique représente un potentiel de 300 000 emplois, pour quelques 67,3 milliards d'euros d'investissements.



Le gaz, énergie du futur

Énergie fossile, le gaz est pourtant considéré par beaucoup comme une énergie d'avenir, grâce aux recherches et développements de solutions de gaz renouvelables et complémentaires, d'aujourd'hui à l'horizon 2050. De fait, la part du biogaz dans le mix énergétique est appelée à croître, grâce aux initiatives comme celle de Xavier Gabreau (109 IL), co-fondateur de Valogreen, une société valorisant les déchets organiques agricoles par la méthanisation. Chargé de développer l'hydrogène pour la mobilité et le biogaz chez Air Liquide, Guillaume Lombard (109 IL) a témoigné, quant à lui, de la place croissante de l'hydrogène et du biogaz dans le développement des mobilités propres, pour les voitures individuelles comme les flottes de véhicules. Des projets qui soulèvent la question du stockage de l'électricité issue des énergies renouvelables, par nature intermittentes, qui pourrait être résolue grâce à sa conversion en hydrogène ou en méthane.

Un thème repris par Antoine Jabet (109 IL) d'ERDF, qui est également revenu sur l'élaboration d'un modèle économique de distribution du gaz destiné aux mobilités. Enfin, la pluralité des énergies renouvelables, dont le gaz, est également vecteur d'un regain d'intérêt pour les réseaux urbains de chaleur, évoqués par Romain Donat (109 IT) d'ENGIE.





Alumni et entrepreneurs !... Trophées Icam 2018

La matinée du 7 avril a offert l'opportunité aux étudiants de 4ème année de « pitcher » leur projet de création d'entreprise (PCE), sur lequel ils ont travaillé durant leurs études. Ils ont ouvert la voie à d'autres présentations : les témoignages enthousiasmants d'ingénieurs Icam entrepreneurs venus partager leur expérience, ainsi que les projets d'alumni sélectionnés pour le Trophée Icam 2018 de l'Innovation, du Numérique et de la Création d'Entreprise.

Cette année, 27 candidats ont participé au Trophée Icam 2018, et le jury a présélectionné 6 projets qui ont été présentés le samedi matin. En final, le vote a couronné les 3 projets suivants :

Catégorie Innovation

Eolienne de pompage optimisée, par Bernard-Gilles Flipo (86 IL)

Eolienne de pompage mécanique destinée aux pays du Sahel, avec optimisation du pompage par création et stockage d'électricité en cas de vent fort et restitution en cas de vent faible.

Catégorie Start-Up

MyChauffage, par Jérémie Bigo (108 IL)

Vente et installation de systèmes de chauffage par internet.

Catégorie Numérique

Picomto, par Emmanuel Toulisse (101 AL)

Une solution logicielle web et mobile pour créer, gérer, partager, exploiter et analyser des instructions visuelles de travail : modes opératoires, procédures de maintenance.

Coup de cœur spécial du jury pour Save Our Agriculture par Flavien Kouatcha (2009).

Félicitations aux lauréats et bravo à tous les candidats au Trophée, qui ont rivalisé d'audace, d'inventivité et d'enthousiasme dans leurs propositions !

Autres participants Catégorie Start-Up

Ramonetou, par Arnaud de Rougé (109 IT)

Société de ramonage de tous types de conduits, uniquement le ramonage et tout le ramonage !

La Vie est Belt, par Hubert Motte (116 AL)

La vie est Belt est une marque d'accessoires de mode en matières recyclées et façonnées à Tourcoing, par des hommes et des femmes éloignés de l'emploi.

Solutech Tchad, par Nguéadoum Ouaingar (FA 2010)

Cabinet de Consulting-Etudes-Réalisation-Formation en Management de la maintenance industrielle et gestion de projet. Génie industriel, génie civil, informatique et télécoms.

My Little Garden, par Jérémie Delbart (2017)

Réalisation de serres hydroponiques entièrement automatiques, pour produire des légumes biologiques rapidement et sans effort. Un site internet permet à la communauté My Little Garden de se retrouver et d'échanger leurs productions.

Magma Composites, par Olivier Pavia (110 AB)

Chantier de conception et de fabrication de pièces en matériaux composites avec un bureau d'études intégré.

3D'Experts, par Mélanie Muller

Accompagnement complet des entreprises désireuses de mettre en place l'impression 3D dans leurs processus de conception et de production.

Draw Your Beer, par Martin Marescaux (120 IL)

Création de bière en deux clics selon sa recette, avec son étiquette et son conditionnement.

Unite, par Gurvan Touzé (116 AB)

Unite accompagne la digitalisation de la chaîne de valeur prothétique dans le secteur médical.

Brasserie Bellenaert, par Pierre-Benoît Billiet (113 IN)

Brasserie artisanale flamande, éco-responsable et indépendante, cuvées éphémères différentes tous les mois, ateliers pédagogiques et culturels.

Box'Cycle, par Guillaume Chaumet (119 AN)

Box'Cycle est un système de stockage de vélos vertical, sécurisé et innovant. Il permet de garer des vélos en toute sécurité avec une place au sol réduite.

RC Conseil, par Renaud Crumeyrolle (107 IT)

Création d'une entreprise de maîtrise d'œuvre et de conseil en maison individuelle.

Sac Papier, par Bell Landry (2013 Ucac)

Entreprise de fabrication de sacs papier pour emballage grand public au Cameroun.

Energ, par Richard Tchamgoue (2016 Ucac)

Accroître la disponibilité d'énergie à travers la réduction de la consommation d'énergie et l'électrification des zones enclavées.





Autres participants Catégorie Numérique

Sportihome, par Sylvain Morel (104 IT)

Plateforme web & mobile combinant un guide des spots communautaires et un site de réservation de logements chez d'autres sportifs. Un partage d'expériences sportives immersives accessible à tous.

PubPointSmartDraw, par Jovial Douanla

Création d'un logiciel intelligent à travers lequel n'importe quel professionnel pourra depuis son domicile, produire sa vidéo de présentation 2D, avec scènes et personnages préfabriqués.

Epic&POC, par Bertrand Stelandre (88 IL)

Prototypage d'expériences utilisateur dans les domaines de l'IOT (Internet Of Things), de la mobilité, de l'automobile, de la ville connectée et de la maison intelligente.

Licken, par Perrin Grandne (110 IT)

Conception et mise en œuvre d'un outil de traçabilité décentralisé permettant à tous les acteurs du réseau d'utiliser une base de donnée commune et partagée. Technologie basée sur la blockchain.

Hibou, par Claude Noumbissie (2007 Ucac)

Hibou est une application qui permet à tout patient de s'assurer de l'originalité du médicament avant de l'acheter.

Autres participants Catégorie Innovation

Save Our Agriculture, par Flavien Kouatcha (2009)

Conception et installation d'unités aquaponiques pour la production optimale et contrôlée d'aliments biologiques en espace urbain.

Milum, par Guillaume Barlow (119 IN)

Kits optiques avant-arrière pour cyclistes : allumage automatique des feux de position, feux stop (freinage), appel de phare manuel/automatisé.

Wettoncraft, par Eric Divy (89 IL)

Wetton 56 : the first trailer-free Inflatable Boat !

Bhallot, par Jean-Baptiste Astau (114 IT)

Après deux ans au contact d'une des fibres naturelles des plus résistantes au monde, le jute, création de nouveaux débouchés pour cette fibre tout en s'appuyant sur des savoir-faire d'artisans certifiés commerce équitable.

FiftyTruck, par François Le Quemeneur (109 IN)

Fifty Truck développe une intelligence artificielle capable d'accroître considérablement la vitesse et la pertinence de rapprochement entre les besoins d'expédition des clients et les capacités de transport disponibles.

LACHTS, par Lucas Heurtault (118 IT)

Conception d'un équipement de survie en avalanche destiné à allonger le temps de survie en cas d'ensevelissement.

Table ronde : "Quelle transition énergétique ? L'espace des possibles, imaginons 2050"

A partir de 3 scénarii de l'Ademe (cf encadré page 24), quatre intervenants prestigieux ont été amenés à s'exprimer sur la faisabilité des projets présentés. Ils ont confronté leurs points de vue et visions dans un échange très constructif et optimiste pour le métier d'ingénieur.

Antoine Bonduelle (81 IL) a réalisé une introduction permettant de poser les bases des échanges : la littérature scientifique annonce que des technologies existent et peuvent permettre de réussir la transition énergétique, avec, certes, des conséquences selon les différents scénarii possibles. Cependant, tous les experts s'accordent à dire qu'il est urgent de sortir du schéma des hydrocarbures, ce qui implique

de bouleverser les transports, le bâtiment, l'urbanisme, l'agriculture, etc. Dans tous les cas, les solutions envisagées sont très high-tech. Antoine Bonduelle rappelle également qu'il s'agit ici de « l'une des aventures des plus enthousiasmantes de l'industrie, car les humains doivent créer les conditions de leur survie ». Voici un condensé des grandes idées débattues lors de cette table ronde.





“Décarboner l’amont et électrifier l’aval”: la piste hydrogène

Considérée plus que toujours comme une énergie jeune et d’avenir par les représentants de la filière, le nucléaire offre de nombreuses potentialités de développement et, bien sûr, des perspectives pour les futurs ingénieurs et techniciens. Pour Jean-Luc Salanave, expert nucléaire et enseignant ECP, les différents projets en cours témoignent de cette vitalité et constituent une composante essentielle de la transition énergétique, grâce au recyclage des combustibles usés, à la mise en place de petits réacteurs modulaires ou encore aux recherches sur la fusion dans le cadre du projet ITER. Une dynamique confirmée par Marie Annick Biette (91 IL) d’EDF, évoquant les projets d’EPR dans le monde et les besoins.

Ne pas se focaliser uniquement sur l’énergie

Telle sera la clé de la réussite, selon Benoît Lebot. Chaque semaine se construit l’équivalent de la ville de Paris, partout dans le monde, et ce sans aucune considération pour le changement climatique alors que les choix d’infrastructures, de matériaux et d’intelligence des systèmes sont la clé pour rendre des bâtiments durables. « L’énergie est l’étape qui vient juste après », selon lui. Il rappelle également que nous avons surtout besoin des services que nous rend l’énergie ; il faut d’abord aller vers plus de sobriété, avec de vrais engagements individuels et collectifs, de moins consommer. Recalibrer les besoins permettra ensuite de trouver les bonnes sources d’énergies pouvant y répondre.

Quelles pistes énergétiques ?

Pierre Papon identifie différentes opportunités : le photovoltaïque, très sûr, mais qui exige de s’affranchir du silicium; la bio-énergie (bioéthanol); et le thorium comme substitut à l’uranium. Pour la question des batteries électrochimiques, une alternative au Li-ion est nécessaire : Lithium-oxygène ? Sodium ? Zinc ?... Elles doivent être en mesure de stocker plus de 200 Wh/kilo. Sachant que l’usage des terres rares risque de poser, à terme, des problèmes d’approvisionnements : des solutions de recyclage devront être imaginées.

Benoît Lebot rappelle qu’en 2050, l’énergie qui sera la plus consommée en France sera la biomasse. Les agrocarburants peuvent être une piste toute aussi importante que l’électricité.

L’avenir selon l’Ademe

- Commencer dès aujourd’hui à réduire la consommation d’énergie, avec une priorité affichée dans le secteur du bâtiment (tertiaire et résidentiel), qui peut y contribuer à hauteur de 50% grâce à la rénovation de 500 000 logements. Le transport, lui, a une part de 30% à jouer.
- Aller vers une offre énergétique diversifiée et durable, un “mix énergétique” où les énergies renouvelables doivent prendre une part de 35%.
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40% d’ici 2030, avec des leviers dans le bâtiment, mais aussi l’industrie et la production d’électricité et de chaleur.

Source : contributions à l’élaboration de visions énergétiques 2030-2050, Ademe.



La révolution digitale

Le digital a un rôle crucial à jouer dans la transition énergétique. Les ENR replacent le consommateur au cœur du système, avec des unités de production plus petites, très décentralisées, qui seront pilotées grâce au digital. Mais selon Jean-Marie Dauger, cela pose de réelles questions en matière de stabilité du réseau, mais aussi en termes de sécurité (cyber-attaques) dont il faudra tenir compte. Tous s’accordent aussi à reconnaître qu’il est presque impossible d’imaginer la révolution qu’offrira le digital à l’avenir, de la même manière que les bouleversements ont déjà été colossaux ces 50 dernières années. Pierre Papon rappelle à titre d’illustration que la blockchain consomme 50 TWh, soit l’équivalent de 10% de la production d’électricité française. L’impact du numérique sur la consommation énergétique est donc « une inconnue qui se superpose à d’autres scénarii ». Et Pierre-Etienne Franc souligne que dans le domaine des transports, la part toujours plus importante du digital dans les véhicules va impliquer de trouver des solutions de batteries extrêmement performantes (l’hydrogène est à nouveau ici mis en avant).

Les ingénieurs ont un rôle crucial à jouer

Les intervenants sont unanimes : les besoins en ingénieurs vont de pair avec les enjeux de la transition écologique. Ces derniers devront relever les défis techniques permettant de décarboner les industries, stocker l’énergie de façon stable et sécurisée, trouver des alternatives à l’épuisement des terres rares, étendre l’usage de l’hydrogène ou encore construire des bâtiments efficaces... Un « re-engineering » complet est en marche et, comme le souligne Pierre-Etienne Franc, “L’industrie a pu être longtemps pointée du doigt, mais c’est elle, grâce à son génie technologique, qui parviendra à nous sortir des difficultés”.

Les intervenants de la table ronde

Pierre Papon, physicien, spécialiste de physique thermique, ingénieur ESPCI et professeur émérite à l’ESPCI Paris-Tech. Directeur général du CNRS de 1982 à 1968, PDG de l’Ifremer de 1989 à 1995.

Benoît Lebot, Directeur exécutif de l’IPEEC (International Partnership for Energy Efficiency Cooperation). Il accompagne les pays du G20 sur les questions de l’efficacité énergétique. Membre de l’organisation « Negawatt ».

Pierre-Etienne Franc, Président du CA d’Air Liquide Advanced Technologies, auteur de « Entreprise et Bien Commun en Entreprise » et « L’Hydrogène : la transition énergétique en marche ».

Jean-Marie Dauger, co-chair du conseil mondial de l’énergie, il a notamment été directeur général adjoint d’Engie durant dix ans (2005-2015).

La table ronde était animée par **Antoine Bonduelle (81IL)**, qui dirige le cabinet E&E Consultants : il fournit études et conseils sur les questions énergétiques et climatiques aux collectivités, entreprises ou ONG. Antoine Bonduelle est, par ailleurs, conseiller au Conseil économique et Social et représentant du réseau Action Climat France.



La conférence de haut vol de Gaël Giraud, sj

Spécialiste en économie mathématique, prêtre et membre de la Compagnie de Jésus, Gaël Giraud est économiste en chef de l'Agence Française de Développement. Il a mené plusieurs études à l'AFD, qu'il a choisi de partager avec l'ensemble des alumni Icam. Le public a apprécié, à n'en pas douter, la sincérité et la transparence qui ressortait de cette présentation, certes peu optimiste, mais ancrée dans la réalité.

Sans entrer dans les brillants détails économiques présentés, nous pouvons ici rendre compte de plusieurs constats : premièrement, l'augmentation du PIB est directement reliée à l'augmentation de la consommation d'énergie, et son élasticité – contrairement à l'avis de certains économistes – est proche de 60%. Ce qui signifie qu'en l'état, diminuer la part des consommations énergétiques mondiales de 10% par exemple, revient à faire baisser le PIB mondial de 6%. Et inversement. Un autre graphique présenté démontre qu'en revanche, la courbe de consommation du pétrole s'est décollée du PIB, mais ce n'est pas le cas des autres énergies fossiles. Au total, 80% de l'énergie produite aujourd'hui est issue des hydrocarbures. Gaël Giraud pose donc la question suivante : est-il réaliste de vouloir conserver une croissance de 2% par an, tout en ambitionnant de décarboner et réduire les consommations d'énergie globales ?

Une forte pression sur les ingénieurs

Pour atteindre les objectifs des Accords de Paris, la neutralité carbone doit être atteinte en 2050. Pour l'instant, les pouvoirs publics soutiennent encore la thèse d'accélérer la décroissance CO₂/énergie, tout en augmentant le PIB par habitant – habitants dont le nombre ne cesse de croître et sera proche des 9 milliards en 2050. Le risque ? « Une très forte pression sur les ingénieurs, qui vont devoir trouver des solutions de croissance, sans CO₂ ». Par ailleurs, les infrastructures liées aux EnR requièrent des minerais dont l'extraction commence à poser problème. Le pic d'extraction du cuivre, par exemple, sera atteint en 2060. Certes, le recyclage est possible, mais il n'est qu'une solution à court terme (en année 1 on recycle 80%, l'année suivante 80% de la première part, et ainsi de suite jusqu'à zéro). Une autre grande question est celle de la biodiversité. Gaël Giraud reprend ensuite des données de l'IPBES* et rappelle que notre empreinte écologique mondiale est supérieure à 1 depuis les années 90 (il nous faut plus d'une planète pour subvenir à nos besoins). Il constate qu'à l'heure actuelle, la pression anthropique exercée sur l'environnement est telle qu'aucun pays n'est en mesure de prétendre cumuler une empreinte écologique inférieure à 1 et un IDH (Indice de développement humain) satisfaisant (à minima 0,8 comme la Russie). Autrement dit, l'enjeu est aussi de construire un monde où il fera bon vivre, avec une empreinte écologique faible, tout en respectant les droits humains fondamentaux.

90 000 milliards de dollars à investir mondialement

L'économiste poursuit sa présentation en avouant que la société ne prend pas le chemin d'une neutralité carbone en 2050, ce qui n'empêche pas de concrétiser des solutions rapidement. Ces solutions devront s'orienter dans la rénovation des bâtiments anciens, dans la mobilité verte avec notamment l'usage de l'hydrogène (et, en France, la poursuite du déploiement des lignes TGV comme alternative à l'avion), et le verdissement des processus agricoles et industriels. 50 000 à 90 000 milliards de dollars devront être investis sur 15 ans dans le monde pour parvenir à contenir l'augmentation de température terrestre en-dessous des 2°C. Différents types de financement sont envisageables, comme la tarification carbone, la taxe sur les transactions financières, le bonus-malus vert ou la création monétaire par la BCE (à des fins de création de valeur, ce qui contiendrait un élan inflationniste). Enfin, Gaël Giraud a conclu sa présentation par les scénarii du Rapport Meadows de 1972. Un physicien australien a réalisé un back testing sur la période 1972-2008 pour évaluer les trajectoires mentionnées dans ce rapport. Deux scénarii sont tout à fait en phase avec la réalité, mais il s'agit des deux pires trajectoires, qui conduisent à un effondrement planétaire. Il ne s'agit pas ici de prétendre faire des prédictions, mais on est en mesure de penser qu'il n'est pas impossible que nous allions vers de grandes catastrophes mondiales. Gaël Giraud conclut enfin que l'essentiel des solutions est entre les mains des ingénieurs, qui doivent, à court terme, trouver les moyens de faire baisser le ratio CO₂/quantité d'énergie consommée.

*Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

