



Débat public sur la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Compte-rendu de l'atelier « Recherche et Innovation » du 30 mai 2018 (Solaize) *Nouvelles technologies pour les énergies renouvelables et stockage de l'énergie*



Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie

I – Présentation de l'initiative

- **Organisateur** : Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (Ancre).
- **Intitulé de l'évènement** = Atelier PPE « Recherche et Innovation (R&I) » sur les nouvelles technologies pour les énergies renouvelables et sur le stockage de l'énergie.
 - o Remarque : un second atelier R&I aux thématiques complémentaires portant sur le pilotage des réseaux et des systèmes, et sur la conversion d'électricité en gaz sera organisé le 25 juin 2018 sur le site de Saclay.
- **Date et lieu** : 30 mai 2018 sur le site d'IFP Energies nouvelles (IFPEN) à Solaize, près de Lyon.
- **Forme de l'initiative** : conférence/débat en plénière (amphithéâtre) sur invitation (fichier institutionnel Ancre ; contacts régionaux des membres fondateurs et associés de l'Ancre et relais des pôles de compétitivité des régions Aura, Occitanie et PACA).

II- Déroulement

- **Documents distribués**
 - o Synthèse du dossier du maître d'ouvrage sur la PPE
 - o Fiche CESE « Avis sur la mise en œuvre de la LTECV »
 - o Brochure et questionnaire CNDP sur le débat public PPE
 - o Programme de l'atelier
 - o Liste des participants
- **Programme**
 - o *Introduction* : interventions de l'Ancre (D. Houssin, Président d'IFPEN), de la CNDP avec vidéo (J. Roudier) et de l'Académie des technologies (B. Tardieu, Président de la Commission « Énergie et changement climatique »)

- *Interventions/débat articulés autour de 6 thématiques* : énergies marines, bioénergies, solaire, batteries, stockage thermique, et autres stockages ; chaque thématique a été structurée autour, en moyenne, de 3 interventions de courte durée suivies d'échanges avec la salle
- *Conclusions* par la CNDP et l'Ancre
- **Animation** : Ancre sur le volet « *Nouvelles technologies pour les énergies renouvelables* » et CNDP sur le volet « *Stockage de l'énergie* ».
- **Intervenants** : 16 orateurs (hors introduction/conclusion) issus du milieu universitaire (6 orateurs), d'organismes de recherche (8 orateurs) ou de l'industrie (2 orateurs) : CEA, CNRS, IFPEN, BRGM, École centrale de Nantes, Insa Lyon, NaWatechnologies, Université de Nantes et Steadysun.
- **Participation** :
 - Près d'une centaine de participants issus d'organismes de recherche (36 %), d'universités (23 %), de l'industrie (22 %), d'institutionnels régionaux (14 %) et autres secteurs d'activité (5 %).
 - Globalement, plus de 30 questions posées tout au long de cet atelier et regroupées en temps réel par les animateurs pour organiser les réponses des orateurs.
- **Durée des présentations/échanges** : 3h20 contre 2h30 originellement prévu (pause annulée).
- **Documents joints**
 - Flyer d'inscription (cf. annexe I)
 - Programme définitif avec présentations (cf. annexe II)

III - Contenu des échanges

III-1- Thématique n°1 : Énergies marines

Principaux éléments mis en avant par les orateurs

- L'importance, juste après le solaire, des gisements et potentiels techniques de l'éolien à terre et en mer.
- La maturité de l'éolien offshore posé, filière industrielle aujourd'hui en très forte croissance.
- Le bon positionnement sur la filière de l'éolien offshore flottant - proche aujourd'hui du stade commercial – de la France qui dispose, de surcroît, d'une ressource en vent importante et de conditions de sites (Bretagne, Méditerranée), notamment en termes de profondeur d'eau, très favorables à son déploiement.
- Le coût élevé du raccordement au réseau pour le développement de l'éolien offshore, notamment en haute mer (meilleure acceptabilité sociale), qui doit être pesé à l'aune de solutions alternatives (et émergentes) comme, par exemple, le stockage d'énergie et la conversion de l'électricité en d'autres vecteurs énergétiques sur site.
- Les avancées ou ruptures technologiques requises pour le développement des autres énergies marines (hydrolienne, énergie thermique des mers, énergie des vagues, etc.) à apprécier sous l'angle coûts/potentialités.
- L'importance et l'impact de la R&I orientée sur la baisse des coûts technologiques (exemple du projet Provence Grand large sur des éoliennes de 8 MW) dans le développement de ces filières énergétiques.

Principaux points de dialogue et d'échanges avec la salle

- La durée de fonctionnement des éoliennes, critère auquel il est préféré le facteur de charge (c'est à dire le ratio entre la quantité d'énergie effectivement produite et la quantité d'énergie qu'elle pourrait produire) : 20 à 25 % pour l'éolien onshore et 50 à 60% pour l'éolien offshore.
- La nature de la R&I liée à l'éolien flottant qui combinent à la fois recherches scientifiques (ex : outils de simulation et de conception (aérodynamique, hydrodynamique, dynamique des structures), interaction de sillage dans un parc offshore posé) et développements technologiques (ex : conception des systèmes, flotteurs). A terme, lors du déploiement massif de ces technologies sera également posée la question des outils industriels et des infrastructures à mettre en place.
- Les verrous scientifiques, techniques et industriels liés au raccordement à la côte des systèmes énergétiques marins. Ont, en particulier, été évoquées la détection de défauts sur les câbles et dans un cadre plus large les questions de maintenance et d'optimisation des opérations, à peser au regard des pertes en production qui peuvent être considérables. Les questions d'acceptation sociétale et de diminution des durées de développement d'un parc éolien ont été également évoquées avec la souplesse que peut apporter la mise en place de permis « enveloppe ».
- Les alternatives au raccordement à la côte pour la production électrique de l'éolien en haute mer, qui pourrait être par exemple la production sur site (= usines flottantes) d'hydrogène (power-to-gaz) ou de liquides (power-to-liquid) comme le méthanol, l'ammoniac ou des carburants de synthèse, étant précisé que tout cela relève aujourd'hui de concepts qu'il conviendrait d'explorer.

III-2- Thématique n°2 : Bioénergies

Principaux éléments mis en avant par les orateurs

- Les enjeux climatiques, de compétitivité économique nationale et de sécurité d'approvisionnement territoriale auxquels répond le développement des bioénergies (bois, coproduits de l'agriculture, bio-déchets (yc. boues de stations d'épuration et combustibles solides de récupération)).
- Les nombreux défis de R&I à relever dans ce domaine portant sur des thématiques multiples et variées : ressources en biomasse terrestre et marine (biologie des systèmes centrée sur les parois végétales (2G), micro-algues (3G)) ; technologies de prétraitement et de fractionnement/séparation (bioraffinerie) des ressources végétales (à moindre coût énergétique et économique) ; synthèse par fermentation ou par voie chimique et enzymatique (catalyse hybride, couplage) ; technologies de fractionnement et de séparation des produits ; thermochimie (gazéification et synthèse) ; combustion mais aussi organisation territoriale (intégration, conflit d'usage) et durabilité globale (écologie industrielle, etc.).

Sur chacun de ces thèmes un travail commun entre les deux alliances de recherche Ancre (énergie) et AllEnvi (environnement) - positionnement sur la chaîne TRL, verrous scientifiques et techniques, acteurs, benchmarking européen – est en cours de finalisation (disponibilité en T3-2018). De même une feuille de route sur le développement de filières biocarburants aéronautiques en France a été élaborée et sera présentée dans le cadre du débat public sur la PPE et des assises nationales du transport aérien.

- Le déploiement industriel (à l'horizon de cette PPE) des biocarburants avancés (2G) - aujourd'hui en phase de démonstration (projets Futurol de production d'essence-bioéthanol par voie biochimique et projet BioTFuel de production de gazole/kérosène par voie thermochimique) - qui permettra une réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 85 % par rapport aux carburants fossiles mais aussi des créations d'emplois agricoles, sylvicoles et industriels sur l'ensemble du territoire national, et qu'il convient de soutenir tant au niveau national qu'europpéen dans un contexte international très concurrentiel.
- Une prise en compte accrue des sciences humaines et sociales (SHS), par exemple pour l'organisation des filières de collecte et d'exploitation de la ressource forestière.

Principaux points de dialogue et d'échanges avec la salle

- Les questions environnementales et l'importance des analyses de cycle de vie (ACV) menées du puits à la roue et des simulateurs de procédés auxquels il est systématiquement aujourd'hui fait appel pour qualifier et comparer entre elles les différentes filières énergétiques dans ce domaine. Il convient également de contextualiser les technologies à déployer en fonction des besoins et des ressources disponibles sur un territoire. Enfin, à une question sur les consommations électriques et de vapeur associées à ces technologies, il est rappelé que nombre d'entre elles (BioTfuel par exemple) sont exportatrices net d'électricité et de vapeur.
- L'objectif d'un 100 % d'énergies renouvelables dans les réseaux gaziers atteignable à l'horizon 2050 et qui pourrait se partager à parts égales entre gazéification de la biomasse, méthanisation de déchets organiques (chez l'agriculteur) et power-to-gas.
- L'intérêt tout relatif de produire uniquement de l'hydrogène à partir de la biomasse par rapport à la production d'un méthane ou de chaînes hydrocarbonées.
- La maturité réelle des filières de 3^{ème} génération 3G (micro-algues) qui ont fait l'objet de (trop ?) nombreuses communications ces dernières années et dont le développement n'est pas aujourd'hui escompté avant l'horizon 2040 (au mieux).
- La pyrogazéification des déchets organiques (ou des bois B) qui semble aujourd'hui se heurter davantage à des verrous de type réglementaire plutôt que technique. Ce n'est pas le cas des combustibles solides de récupération (CSR) qui présentent un potentiel d'exploitation important (production de chaleur ou de gaz) au niveau national mais qui cumulent à la fois de nombreux verrous techniques et réglementaires, les installations susceptibles de les valoriser (idem pour le bois B) étant des installations classées ICPE. Par ailleurs, il est rappelé l'existence de la plateforme Gaya qui propose, de façon relativement ouverte, les essais de différentes techniques, notamment de pyrogazéification.
- Le développement de la valorisation des déchets par méthanisation, actuellement en forte croissance en France, avec en particulier, l'existence de grosses stations d'épuration des eaux de plus en plus couplées aujourd'hui à une méthanisation. A une question sur le traitement des métaux lourds, il est répondu que le problème ne se pose pas pour la méthanisation elle-même, mais pour les digestats et constitue effectivement un verrou technologique à lever (traitements hydrothermaux, etc.).

III-3- Thématique n°3 : Solaire

Principaux éléments mis en avant par les orateurs (seul le solaire photovoltaïque a été traité)

- La baisse importante (division par un facteur 10 en 10 ans) des coûts du solaire photovoltaïque (de l'ordre 60 €/m² aujourd'hui) due principalement aux volumes de production. A titre d'exemple, la croissance mondiale en 2018 (100 GW) équivaut à la puissance installée en France et des relais de croissance importants existent en Asie, Amérique et Asie. Dans ce contexte, à noter également la diversification des grandes centrales jusqu'aux toitures, l'intégration toiture devenant progressivement la norme (Californie).
- Les efforts de R&D à porter prioritairement sur les matériaux (pérovskites, composés à base de cuivre, oxydes), sur les cellules, sur les modules, sur de nouveaux procédés (haute performance, haut débit, bas coûts), nouveaux concepts (cellules à porteurs chauds, etc.) et moyens de caractérisation/simulation ainsi que sur l'intégration système (bâtiment, transports, réseaux, etc.). En outre, compte tenu d'un contexte très concurrentiel, il convient d'anticiper les évolutions futures et de se positionner également sur la recherche amont (bas TRL) pour ouvrir de nouveaux champs d'application en s'appuyant sur la recherche fondamentale.

Le franchissement de la barre des 30% de rendement du photovoltaïque est un défi majeur appelant une accélération des efforts de R&D sur le développement des multijonctions silicium-couches minces. A retenir également la feuille de route R&D IPVF « 30³ » fixant des objectifs 2030 pour les modules de rendement > 30 % à un prix < 30c\$/Wc.

- Le coût important des moyens de substitution à mobiliser (= besoin de réserve) pour faire face à l'incertitude de la production solaire (par nature intermittente), qui va de 2€/MWh (prix du marché) à 50 €/MWh (cas des petits systèmes isolés insulaires), dont la réduction peut passer par une prévision améliorée de la production solaire via l'intégration logicielle d'informations à différents niveaux (modèles météo, imagerie satellitaire, caméra au sol) fonction du niveau d'agrégation (site, région, pays) et de l'horizon temporel (1 minute à 15 jours) recherchés.

Principaux points de dialogue et d'échanges avec la salle

- La position dominante de la Chine a été rappelée ; ce n'est pas une fatalité sous réserve d'innover et de mettre sur le marché (durablement en forte croissance) de nouvelles technologies compétitives. Il faut une volonté de tous les acteurs, nombre d'entre eux étant d'ores et déjà très mobilisés en France (IPVF, INES, Photowatt, SunPower, etc.).
- Le photovoltaïque organique dont le rendement reste faible (de l'ordre de 6 %) peut se développer sur des marchés de niche ou permettre de nouvelles pistes comme les pérovskites hybrides qui sont en train de révolutionner aujourd'hui ce secteur (axe silicium/pérovskites pour les tandems).
- Les analyses ACV et les questions de recyclage étant précisé que :
 - o Le temps de retour d'un panneau photovoltaïque par rapport à l'énergie grise qu'il a consommée est de l'ordre d'un an voire moins (quelques mois) pour une durée de vie pouvant aller jusqu'à 25-30 ans.
 - o Le recyclage existe déjà (existence de programmes européens et de sites dédiés (PV Cycle)) et n'est pas plus difficile que celui de la métallurgie ou de l'hydrométallurgie pour extraire de l'aluminium, etc.

- Les autres filières du solaire : solaire à concentration dont le développement industriel a été fortement impacté par l'explosion du photovoltaïque.

III-4- Thématique n°4 : Batteries

Principaux éléments mis en avant par les orateurs

- La croissance du marché mondial des batteries (65 G\$ en 2016), avec, en tête, les batteries Plomb-acide (34 G\$; 370 GWh) et le grand dynamisme des batteries au lithium Li-Ion (25 G\$; 80 GWh ; + 22 %/an) qui aura rattrapé le plomb d'ici quelques années. Le transport (via le véhicule électrique) sera le principal moteur de ce marché en termes de volume et donc de réduction des coûts ; le stationnaire suivra sans doute la voie des technologies promues par le secteur du transport, sauf pour quelques applications de niche.
- La production de matériaux nécessaires (lithium, cobalt, nickel) pourrait être un facteur limitant pour le tout électrique gros véhicule, un segment sur lequel pourraient se développer les hybrides de type hybride rechargeable (PHEV). 98 % des batteries lithium-ion sont aujourd'hui produites en Asie (Chine, Corée et Japon). Des technologies alternatives au lithium-ion sont à l'étude (tout solide, sodium-ion, potassium-ion, magnésium-ion, aluminium-ion) mais, globalement, le lithium continuera à répondre dans les prochaines années à un grand nombre de marchés autour du transport et de l'électronique.
- Les enjeux de R&I pour les batteries Li-ion concernent leurs performances en début de vie qui doivent être adaptées en fonction de l'application ; leurs performances en sécurité (instabilité) qui nécessitent des développements importants sur le BMS (Battery Management System) et enfin leurs performances en endurance que ce soit en mode cyclage (charge/décharge) ou calendaire (en repos). A ce titre, on notera la mise en place d'ici la fin de l'année du consortium Comutes (IFPEN, CEA, CNRS, Ifsttar, EIGSI, IMS, UTC) qui permettra de lancer des grandes campagnes d'essais d'endurance et de vieillissement des batteries.
- Les questions liées au devenir et/ou recyclage des batteries usagées à appréhender comme un vrai défi de l'économie circulaire.

Principaux points de dialogue et d'échanges avec la salle

- Les questions environnementales prises dans un contexte élargi (pollution de l'air, etc.) et de l'impact du développement d'une économie circulaire, en termes de réduction des pollutions plus classiques, l'occasion de rappeler qu'il existe aussi un vrai enjeu pour les batteries en seconde vie dans le domaine du stockage stationnaire.
- Le rôle des batteries pour le stockage stationnaire : à réserver sur des durées courtes (2-3 semaines maximum) pour le stockage solaire ou éolien par exemple sous réserve de batteries à très bas cout (seconde vie ?), les batteries n'étant, par contre, pas adaptées pour le stockage inter-saisonnier.
- Le potentiel des batteries nickel : peu d'acteurs présents sur cette technologie dont le développement pour le véhicule électrique se heurte à une moindre compétitivité que les batteries lithium.

III-5 Thématique n°5 : Stockage thermique

Principaux éléments mis en avant par les orateurs

- L'importance du stockage thermique dans le domaine du bâtiment, dont la partie thermique (eau chaude, sanitaire, chauffage) représente près de 65 % de la consommation énergétique de ce secteur et sa progression attendue, en partie liée au développement des réseaux de chaleur qui deviendront beaucoup moins centralisés et beaucoup plus distribués avec l'arrivée des énergies renouvelables (solaire photovoltaïque ou thermique, petites éoliennes, systèmes de récupération sur des eaux grises ou des eaux usées, géothermie superficielle, etc.).
- Les axes de recherche portent sur l'amélioration (de l'existant) du stockage en eau (simulation et expérimentation autour de la stabilité de la stratification thermique dans les réservoirs) et sur le stockage de plus forte densité requis au niveau des « sous-stations » (en dessous des immeubles, par exemple) avec des efforts à porter sur les matériaux à changement de phases et biosourcés (polyols). Pour augmenter encore la densité énergétique, des phénomènes de réaction physique ou de réaction chimique sont également envisagés. Les principaux verrous concernent les matériaux (caractérisation) et la maîtrise/optimisation des phénomènes de transfert de chaleur de masse dans ces derniers.
- En ce qui concerne le stockage de chaleur souterrain, principalement utilisé aujourd'hui en stockage inter-saisonnier et qui a vocation à se développer (réseaux de chaleur), de nombreuses technologies existent : stockage en réservoir enterré, en puits/cavités minées, en champs de sondes, en aquifères, etc. Ces technologies sont d'ores et déjà mises en œuvre à échelle 1, ont une faible empreinte en surface et des coûts d'investissement de l'ordre de 50 à 100 €/m³ eau-équivalent. Les verrous à lever portent en particulier sur la modélisation des couplages thermo-hydro-mécano-chimiques, sur l'optimisation de la gestion prédictive du système global et sur le développement de méthodes pour la prise en compte de ces technologies dans la planification énergétique territoriale.

Principaux points de dialogue et d'échanges avec la salle

- L'importance de l'acceptabilité sociale, à nécessairement prendre en compte, pour toutes questions relatives au sous-sol.
- L'existence d'expérimentations conduites à assez grande échelle sur des réseaux de chaleur avec d'autres technologies que des stockages sous forme d'eau : réponse positive donnée avec l'exemple d'une dizaine d'opérations déjà réalisées au niveau mondial dans le domaine du stockage en champs de sondes.

III-6- Thématique n°6 : Autres stockages

Principaux éléments mis en avant par les orateurs

- Le stockage de masse sous forme hydraulique, déjà très utilisé en particulier sous forme de stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) qui ouvre la voie à des systèmes innovants : système par gravité actionnant un piston en béton (démonstration en cours aux Emirats Arabes Unis), STEP marines ou DOGES (Deep Ocean Gravitational Energy Storage) qui pourraient être installées sous les éoliennes, stockage d'énergie par flottabilité ou par flottaison, etc.

- L'apport du souterrain pour les STEP (utilisation des vides souterrains) et autres formes de stockage - air comprimé (avec ou sans récupération de chaleur), chaleur (basse température, électrochimique), gaz (gaz de synthèse, biogaz, hydrogène) - qui présentent de nombreux avantages (volumétrie, confinement/sécurité, emprise au sol, etc.) mais également apport du souterrain pour produire les ressources (Li, Co, Ni, Tr, C, Pt) requises pour le déploiement des nouvelles technologies de la transition énergétique.

C'est un domaine sur lequel la France dispose de compétences et savoir-faire forts (hydrocarbures, géothermie, mines, stockage du gaz, CSC, etc.) et qui nécessitent des efforts de R&D importants pour développer ce type de stockage massifs à temps de décharge longs.

- Le stockage d'énergie par air comprimé et plus spécifiquement le stockage adiabatique qui pose des enjeux d'amélioration de l'efficacité énergétique et d'optimisation économique, et qui nécessite des efforts de R&D sur la conception du schéma de procédés et sur l'optimisation du stockage de chaleur et des échanges thermiques.
- L'intérêt des batteries redox dont le principe repose sur la circulation d'électrolytes stockant l'énergie sous forme électrochimique, permettant un échange ionique à travers des membranes avec des efforts de R&D à porter sur l'identification et la qualification d'électrolytes organiques, et sur l'optimisation du procédé fondée sur la modélisation multi-échelle de la batterie.
- Les super condensateurs, avec en particulier l'utilisation de nanocarbones pour le stockage qui permet des chargements très rapides et une comparaison avantageuse par rapport aux batteries lithium pour des applications de stockage de l'ordre du quart d'heure ou de la demi-heure (véhicules urbains à faible autonomie et à chargement rapide, gestion de l'énergie du véhicule, technologies 5G, etc.).

Principaux points de dialogue et d'échanges avec la salle

- La géothermie, peu évoquée au cours de cet atelier, qui représente une source d'énergie importante en France avec différents sites présentant des niveaux de chaleur très diversifiés (bassin parisien, Alsace, Pyrénées, région Aura).

IV- Conclusions

Des interventions introductives et conclusives, on retiendra :

- ***L'existence d'un potentiel réel de décarbonation du mix énergétique français à l'horizon 2050*** dès lors que sont mobilisées de nouvelles technologies et qu'évoluent les comportements.
 - o Parler davantage des questions de mobilité et de chaleur que d'électricité et de nucléaire.
 - o Des ruptures fortes sur les technologies et sur leurs performances (coût/efficacité) sont indispensables notamment sur les réseaux, le stockage massif d'électricité, et les technologies de captage, stockage ou de valorisation du CO₂.
 - o Importance de cerner les besoins en ressources minières pour les technologies de la transition énergétique.
 - o Préciser l'avantage tiré par la France de l'atteinte de la neutralité carbone dès 2050 : récit collectif autour d'un objectif commun ? positionnement industriel ?

- **La R&I est un des éléments essentiels de la transition énergétique** ; elle doit s'inscrire dans une double dimension temporelle et systémique
 - o Dimension temporelle d'une part, en articulant les temps relativement courts de la PPE avec ceux plus longs de la recherche et du déploiement technologique. Cela consiste à :
 - Ne pas relâcher l'effort sur les technologies existantes (comme le moteur thermique) pour gagner en efficacité énergétique et en impact environnemental et climatique grâce au déploiement des meilleures d'entre elles,
 - Préparer l'arrivée de technologies sur les marchés, en particulier via des actions de démonstration territorialisées et des politiques publiques adaptées associées à des montages financiers innovants (nationaux, territoriaux) permettant de passer le cap de la faisabilité industrielle (comme les carburants de 2^{ème} génération),
 - Favoriser la recherche amont à bas TRL sur les technologies génériques et préparer les innovations de rupture de demain afin de diminuer le risque d'un déficit de solutions innovantes pour le plus long terme.
 - o Dimension systémique d'autre part, en promouvant et organisant mieux la recherche sur les sujets transverses : conversion entre vecteurs énergétiques et couplage des réseaux, développement de capacités de stockage (électricité, chaleur, gaz), co-transitions numérique et énergétique, etc. Cette transversalité englobe également la construction d'approches systémiques multi-échelles et la mise en œuvre de nouvelles gouvernances pour fournir des solutions intégrées de l'échelle locale à l'échelle du pays (voire de l'Europe) ; elle inclut aussi dès le début du processus de R&I l'intégration des sciences humaines et sociales (SHS) pour favoriser le déploiement des nouvelles technologies de l'énergie et faire du citoyen un acteur à part entière de la transition énergétique.

- **Points de vigilance**
 - o Se donner les ambitions de la neutralité carbone en 2050 et renforcer les efforts de R&I.
 - o Cerner le plus tôt possible les enjeux industriels potentiels et encourager le déploiement de filières industrielles françaises (élaborer une chaîne complète de production ; se positionner sur les niches qui permettent de faire de la plus-value au niveau industriel, etc.).
 - o Importance des investissements à consentir pour atteindre les objectifs de la LTECV et foisonnement des technologies possibles : sélection à prévoir sur la base de critères économiques (coût/efficacité) et environnementaux (coût de la tonne de CO₂ évitée) et des stratégies industrielles associées (avantages compétitifs, conquête de nouveaux marchés).
 - o Nécessité d'une adaptation aux usages et aux territoires.

Enfin, sur l'atelier proprement dit, on retiendra de par la richesse et la qualité des présentations et des débats :

- L'intérêt de faire figurer, à part entière, les questions de R&I dans les exercices en cours de la SNBC et de la PPE, facteur incontournable pour atteindre les objectifs de la LTECV et du Plan-Climat.
- La cohérence des thèmes abordés et des questions posées avec les interrogations des citoyens, qui préfigure un bon dialogue entre la société civile et le monde de la R&I.

ANNEXE I



La Commission particulière chargée du débat public et l'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie Ancre ont le plaisir de vous inviter à participer à un atelier sur la contribution que peut apporter la recherche et l'innovation (R&I) à l'évolution de la politique énergétique nationale, organisé dans le cadre du débat public sur la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

Atelier « R&I » : nouvelles technologies pour les énergies renouvelables et stockage de l'énergie

Mercredi 30 mai 2018 de 14 h à 17 h

sur le site d'IFP Energies nouvelles (IFPEN)

à Solaize, près de Lyon

La PPE sera établie fin 2018 par le ministère de la Transition écologique et solidaire. Elle rassemblera les orientations et les moyens d'action des Pouvoirs publics pour atteindre les objectifs de la loi votée en 2015 pour lutter contre le réchauffement climatique et du Plan climat pour atteindre la neutralité carbone au milieu de ce siècle. Le rôle de la recherche est déterminant dans l'atteinte de ces objectifs.

Cet atelier « R&I » traitera plus particulièrement des **nouvelles technologies pour les énergies renouvelables** (bioénergies, énergies marines, solaire, etc.) et du **stockage de l'énergie** (stockage électrique, stockage thermique, etc.), en visant la mise en exergue des résultats de la recherche susceptibles d'applications opérationnelles sur les dix prochaines années et des verrous scientifiques, techniques et sociétaux à lever sur cette même période.

Chaque thématique sera abordée par de courtes interventions des experts de l'Ancre (cf. programme joint) suivies d'un échange avec l'ensemble des participants, dont les questions, analyses et points de vue permettront d'enrichir ce débat public.

Nous comptons donc sur votre participation active, que nous vous remercions de bien vouloir confirmer à l'aide de ce [formulaire interactif](#).

ANNEXE II



Débat public sur la Programmation pluriannuelle de l'énergie Atelier « Recherche et Innovation » Nouvelles technologies pour les énergies renouvelables et stockage de l'énergie

Mercredi 30 mai 2018 de 14 h à 17 h
sur le site d'IFP Energies nouvelles (IFPEN)
à Solaize, près de Lyon

Programme

Accueil des participants à partir de 13 h 30

14 h 00 – 14 h 20 : Introduction

- Accueil et intervention de Didier Houssin, Président d'IFPEN, Ancre
- Présentation des objectifs et du déroulement de l'atelier R&I par Jacques Roudier, Commission nationale du débat public (CNDP)
- Intervention de Bernard Tardieu, Président de la Commission « Énergie et changement climatique » de l'Académie des technologies

14 h 20 – 15 h 20 : Les nouvelles technologies pour les énergies renouvelables

Chaque thématique est structurée en 2-3 interventions de 3 minutes (chercheur ou start-up) suivies de 10 minutes d'échanges avec la salle.

- **Thématique 1 : Énergies marines**
Daniel Averbuch (IFPEN), Aurélien Babarit (École Centrale de Nantes)
- **Thématique 2 : Bioénergies**
Jack Legrand (Université de Nantes), Isabelle Maillot (CEA), Jean-Christophe Viguié (IFPEN)
- **Thématique 3 : Solaire**
Franck Barruel (CEA), Daniel Lincot (CNRS), Xavier Le Pivert (Steadysun)

15 h 20 – 15 h 50 : Pause

15 h 50 – 16 h 50 : Le stockage de l'énergie

Chaque thématique est structurée en 2-3 interventions de 3 minutes (chercheur ou start-up) suivies de 10 minutes d'échanges avec la salle.

- **Thématique 4 : Batteries**

Arnaud Delaille (CEA), Laure Monconduit (CNRS), Sébastien Patoux (CEA)

- **Thématique 5 : Stockage thermique**

Frédéric Kuznik (INSA Lyon), Isabelle Maillot (CEA), Charles Maragna (BRGM)

- **Thématique 6 : Autres stockages**

Daniel Averbuch (IFPEN), Pascal Boulanger (NaWatechnologies), Jacques Pironon (CNRS), François Tardif (CEA)

16 h 50 – 17 h 00 : Conclusions par Didier Houssin et Jacques Roudier
