

Ne plus opposer les énergies

Présentation

Jean-Marie Heyberger (74 IL), membre du Comité de rédaction

En prolongement au thème de notre Rencontre Icam notre dossier sur les énergies nouvelles est éclairé par le point de vue de deux experts, avant que la parole ne soit donnée aux alumni qui ont accepté de nous présenter leur engagement dans des domaines variés mais tous porteurs pour notre avenir :

1/ Le point de vue de Laurence Daziano, maître de conférence en économie à Sciences Po et membre du conseil scientifique de la Fondation pour l'innovation politique.

Dans son projet présidentiel, Emmanuel Macron avait repris l'objectif, fixé par la loi de transition énergétique, de ramener de 75% à 50% la part du nucléaire dans la production électrique française à l'horizon 2025 et d'augmenter la part des énergies renouvelables dans notre consommation.

La réussite de la transition énergétique dépendra, avant tout, de notre capacité à traiter cette question importante de manière factuelle et objective, en commençant par ne plus opposer les énergies.

Une transition énergétique réussie passera par le développement de toutes les énergies décarbonées, de manière à assurer, d'une part, un «mix» énergétique équilibré et au coût le plus avantageux, une continuité d'approvisionnement qui nous permettra de surmonter les épisodes de pics de demande et une protection du climat et de notre santé.

L'objectif fondamental est de réduire la proportion des gaz à effet de serre. Or la répartition de la consommation finale d'énergie en France montre qu'elle est issue pour plus des 2/3 de combustibles fossiles.

La politique à mettre en œuvre pour réussir la transition énergétique vise moins à substituer à une énergie nucléaire une énergie renouvelable que de réduire la part de l'énergie fossile de notre consommation. La France dispose d'atouts méconnus, comme, par exemple, l'énergie hydraulique qui produit 12% de l'électricité consommée.

2 / Le point de vue de Jean-François Carencio, Président de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE).

Une partie de la lutte contre le réchauffement climatique passe par l'évolution du mix énergétique.

Dans ce domaine il faut dire la vérité. On ne bâtit pas une politique énergétique, qui n'est pas seulement un sujet économique et financier mais aussi un sujet sociétal, sur des non-dits et des faux dits. Or la vérité, c'est que, globalement, les prix des énergies renouvelables baissent et que ceux du nucléaire sont en hausse, les uns et les autres convergeant entre 50 et 65 euros du MW/h. Une autre vérité est que la production par le charbon est devenue insupportable. Enfin, une troisième vérité est de rappeler que le nucléaire contribue aujourd'hui à 75% de la production d'électricité en France. Dire



Approvisionnement énergétique mondial 2010 / 2035 (Evolution)

Pétrole	32% / 28%
Charbon	27% / 21%
Gaz	22% / 25%
Énergies renouvelables	13% / 19%
Nucléaire	6% / 6%

(Source : estimations Total)



que cette part peut tomber à 50% demain ou même en 2025, c'est mentir. La consommation d'électricité va baisser, et c'est dans ce contexte qu'il faut travailler sur l'objectif de réduction de la part du nucléaire à 50%, mais plutôt à une échéance 2035 et en rappelant que cette filière emploie 200 000 personnes en France.

L'enjeu immédiat, c'est de réduire l'empreinte écologique de notre production d'électricité et donc de fermer les centrales au charbon et au fuel et, aussi, de chercher à "verdir" le gaz.

Enfin, pour faire passer la croissance des énergies renouvelables de 2 à 5 GW par an, on ne pourra pas se passer des grandes entreprises du secteur, en espérant des retombées sur l'industrie française et européenne. Il faut que le gouvernement apporte son appui aux filières d'avenir. En France, on dépense 7 milliards d'euros par an pour le renouvelable alors que l'Allemagne en investit 25 M€!... Et il faut aussi que les opposants systématiques comprennent que l'on ne fait pas de solaire sans panneaux photovoltaïques, ni d'éolien sans mâts!...

En tous cas voilà de beaux challenges à relever par nos ingénieurs généralistes qui se sentent motivés par la diversité des technologies à mettre en œuvre et par l'effort de communication et de persuasion nécessaire à l'évolution des mentalités pour réussir cette révolution vitale qui facilitera l'avènement d'une économie plus équitable et solidaire.

Après le tour du monde de l'avion solaire (Solar Impulse), nous vous présentons Energy Observer, un laboratoire flottant des énergies renouvelables. Sera-t-il aussi emblématique ?



Hervé Le Sourme
Icam Nantes

Des prouesses techniques pour un catamaran hors du commun

L'équipe projet de l'Icam Nantes a réalisé plusieurs prouesses techniques en concevant des éoliennes capables de supporter des conditions climatiques extrêmes. Ces éoliennes à axe vertical sont d'une forme hélicoïdale, plus complexes de conception, mais qui permettent de s'adapter aux vents changeants avec un meilleur rendement.

En premier lieu, il a fallu adapter l'éolienne à une installation sur un bateau, l'emplacement des pièces qui la composent a donc été modifié. En privilégiant les matériaux composites, l'équipe a su optimiser la conception et le poids de l'éolienne pour cet usage original, permettant entre autres d'améliorer le rendement et de démarrer les turbines à de faibles vitesses de vent.

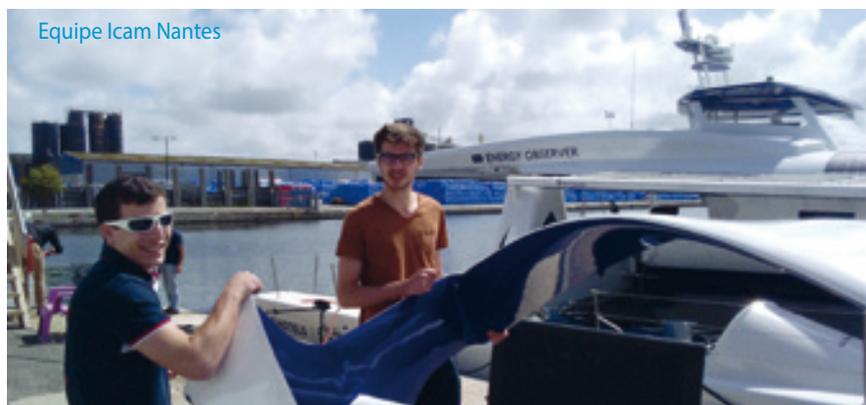
meilleur rendement à faible vitesse de vent, ainsi qu'un nouveau variateur de vitesse qui récupère l'énergie », explique René Aubrée, enseignant-chercheur en Electronique et Génie Electrique à l'Icam de Nantes.

Une grande aventure collective

Depuis 2015, plus de 10 élèves se sont succédés pour travailler à temps plein aux côtés des chercheurs sur ce projet, dans le cadre de leur mémoire scientifique (une mission d'ingénierie d'envergure qui clôture leur formation). Un projet collectif qui illustre bien la démarche projet et la rigueur scientifique propres aux ingénieurs formés par l'Icam. « C'est un projet très formateur, très concret et en accord avec notre intérêt pour le développement durable et les énergies renouvelables », s'enthousiasme



« Le rapport légèreté et résistance est aussi important, car il permettra ici de supporter des conditions climatiques extrêmes », complète Hervé Le Sourme, enseignant-chercheur à l'Icam de Nantes en mécanique des structures. Des innovations ont aussi été réalisées dans le cadre des développements de la partie électrique. « Nous avons optimisé la production d'énergie par rapport à ce qui existe aujourd'hui. Nous avons développé une nouvelle génératrice avec un



Pierre Monnier, l'un des trois étudiants de l'équipe actuelle. En outre, ce projet bénéficie de la contribution d'ingénieurs et de chercheurs venus d'horizons très différents : centres de recherche (CEA-Liten, INES), bureaux d'études, entreprises...

« Dans le cadre de ce grand travail en commun avec de nombreux acteurs, nous avons apporté autant d'importance à l'aspect scientifique qu'à l'aspect projet et avons dû inventer ensemble des solutions innovantes sur ces deux terrains », commente Hervé Le Sourme.

Les éoliennes seront installées en mai, avant le grand départ. L'aventure ne

s'arrête pas là, Energy Observer permettra à l'Icam d'accroître son expertise pour poursuivre ses travaux, en phase avec son ambition : une recherche en lien avec le monde économique, et un partage au plus grand nombre par l'accompagnement de la transition environnementale et sociétale des entreprises.

Le stockage et la gestion de l'énergie, la revalorisation des co-produits industriels et des déchets, les matériaux et traitements innovants, la dynamique des structures, les évolutions industrielles, sociétales et environnementales, et l'usine du futur : telles sont les thématiques qui rythment la recherche à l'Icam.

L'énergie produite par ces éoliennes permettra de faire fonctionner un hydroglisseur qui produira l'hydrogène énergie à partir de l'eau. Cet hydrogène permettra à la pile à combustible de générer de l'électricité.





Les équipes CMN et HydroQuest devant un module d'hydrolienne fluviale

EMR (Energie Marine Renouvelable) à CMN (Constructions Mécaniques de Normandie)

Thierry Regnault (81 IL)



Près de Cherbourg, le resserrément entre l'île d'Aurigny et la pointe de la Hague au Nord-Ouest du Cotentin accélère les courants de marées qui atteignent 11 nœuds (20 km/h) au niveau du Raz Blanchard. De l'autre côté de la Presqu'île, le Raz de Barfleur génère des vitesses de courant similaires mais avec un potentiel de développement inférieur. Le potentiel du Raz Blanchard est estimé entre 3 et 5 GW soit 3 centrales type EPR ou quelques milliers d'hydroliennes.

CMN

CMN est un chantier naval de 320 personnes, situé à Cherbourg, et appartenant au groupe Privinvest. L'activité principale du chantier est la construction de navires militaires et civils de

moyenne taille (30-80 m). Pour palier aux cycles de la construction navale, CMN a toujours été à la recherche d'activités complémentaires. Depuis les années 60, CMN a participé comme sous-traitant à la construction des centrales nucléaires EDF et à la centrale de retraitement de la Hague (Orano ex-Areva).

CMN a commencé à s'intéresser aux énergies renouvelables au début des années 2010, au moment des appels à candidatures pour champs éoliens offshore. Compte-tenu de la proximité de Cherbourg avec le 2^e potentiel hydrolien européen, CMN a choisi d'orienter ses recherches vers le secteur hydrolien et s'est associé avec la start-up grenobloise HydroQuest.

HYDROQUEST

La société HydroQuest a été créée pour commercialiser la turbine HARVEST, issue d'un important programme de recherche qui a réuni 4 laboratoires de Grenoble sur une période de 10 ans sous la direction du professeur Achard. Ce programme a été co-financé par EDF. La turbine HARVEST est basée sur l'application dans l'eau du principe de l'éolienne Darrieus (3 pales tournant autour d'un axe vertical).

La turbine HARVEST combine 2 rotors contrarotatifs placés côte-côte vis-à-vis du courant, ce qui permet d'équilibrer les réactions au niveau du support. Des carénages accélèrent les filets d'eau sur les turbines pour en améliorer le rendement. La turbine HARVEST est modulaire : elle est composée de un ou plusieurs étages de ces turbines.

Hydroliennes Fluviales

HydroQuest a, d'abord, cherché à développer cette turbine pour des applications fluviales. Sur les hydroliennes fluviales, les turbines sont placées sur un bras solide d'un radeau ancré au fond de la rivière. Ce bras permet leur remontée hors de

l'eau pour des opérations de maintenance. Ces turbines ne nécessitent pas la construction de barrages et permettent la fourniture d'une énergie décentralisée. Une première application a été l'alimentation du village de Camopi dans la jungle

de Guyane. Suivirent un autre prototype sur la Loire et un autre dans l'estuaire de la Gironde. Aujourd'hui CMN et HydroQuest ont entrepris la construction en série d'hydroliennes fluviales à Cherbourg (40kW et 80kW) : 4 doivent être installées entre Villeurbanne et Caluire et 39 sur le Rhône à l'aval du barrage de Génissat.

Hydrolienne marine Ocean Quest



Depuis 2015, CMN et HydroQuest ont entrepris le développement d'une hydrolienne marine. Le développement marin présente plusieurs difficultés :

- Les courants marins sont tournants et s'inversent toutes les 6 heures. Le démonstrateur marin sera muni de déflecteurs symétriques qui ont été testés en bassin,
- Les périodes d'étalement (c'est-à-dire pendant lesquelles le courant est faible) sont de courte durée, ce qui complique les opérations d'installation et de maintenance,
- Lorsqu'ils sont contrariés par le vent, les forts courants marins peuvent engendrer très rapidement des états de mer très difficiles,
- L'environnement est agressif :
 - Les forts courants charrient des galets qui volent au-dessus du fond
 - La corrosion
 - Le biofouling (encrassement biologique) qui ajoute de la traînée au fil des ans.

Le démonstrateur Ocean Quest (1 MW) est en cours de construction. Il comporte 2 étages de rotors de 8 m de diamètre. Il doit être implanté sur le site expérimental d'EDF de Paimpol-Bréhat pour une campagne d'évaluation. Il reposera sur une fondation posée sur le fond marin et sera raccordé à la côte. Ce programme bénéficie d'un soutien de l'ADEME.

Le rôle des ingénieurs

Le développement d'une hydrolienne fait appel à plusieurs disciplines :

- La mécanique des fluides,
- La mécanique (guidage des rotors mais aussi travaux d'installations),
- La structure et la tenue à la corrosion,
- L'électrotechnique (rotation de la turbine 12 tr/mn),
- La télécommande, l'instrumentation et la transmission de données.

La difficulté majeure est d'ordre économique : pour s'implanter durablement dans le mix énergétique, l'hydrolienne devra présenter des coûts d'acquisition et d'opération les plus réduits possibles.

On attend d'un ingénieur qu'il participe à relever ces challenges et notamment le challenge économique en privilégiant des solutions simples et rustiques.



Hydrolienne fluviale HARVEST

Un avenir pour l'énergie solaire

Jean-Yves Quinette (76 IL) Dr-ing., Expert judiciaire

La production d'énergie est en passe de devenir, avec la gestion et le traitement de l'eau, une des préoccupations majeures de notre siècle. Les sources d'énergie employées depuis le 19^e siècle et un peu plus tard pour le nucléaire, ont démontré leur puissance, mais aussi leurs limites : si elles ont permis une accélération du développement économique et humain, les prochaines générations héritent d'un monde écartelé entre des dépenses énergétiques toujours croissantes et des impacts environnementaux qui atteignent désormais l'échelle planétaire.

Les énergies renouvelables, et parmi elles l'énergie solaire, ont également leurs limites, mais surtout de multiples réponses aux questions posées par leurs devancières. Ces questions sont simples, et leurs réponses claires : la ressource, tant que le soleil brille, est infinie. Ses coûts de conversion ne cessent de diminuer, alors que ceux des énergies fossiles et nucléaires ne peuvent que croître, en raison, d'une part, de la réduction des gisements disponibles, et de l'accroissement des contraintes de

Solaire thermique

Après une période d'essais et de mises au point qui ont limité les applications du solaire thermique à la production d'eau chaude sanitaire, il fait maintenant son entrée dans le monde industriel. Plusieurs injections dans des réseaux de chaleur sont maintenant en fonction, depuis plus de 20 ans dans les pays scandinaves, mais également en France tout récemment. Une centrale de plus de 2000m² de capteurs vient d'être inaugurée à Chateaubriand. La compétition restera sévère tant que les dégagements de CO₂ ne seront pas inclus dans les coûts des chaufferies fossiles, mais cette situation ne peut que changer.

Solaire photovoltaïque

Cette autre technique de conversion est la seule à présenter une modularité et une souplesse d'utilisation aussi large: la puissance des générateurs varie de quelques mW (montres, calculettes) à plusieurs cen-

	Energies classiques	Solaire, thermique ou photovoltaïque
Avantages	Forte densité énergétique, stockage facile, continuité, contrôlabilité	Modularité, propreté, fiabilité, simplicité, ressources infinies
Contraintes	Technologies complexes (nucléaire), coûts croissants, ressources limitées, effluents	Discontinuité, faible densité énergétique, stockage coûteux

sécurité, d'autre part. De plus, les effets conjugués de la réduction des consommations et de la concurrence déjà palpable des énergies renouvelables, obèrent durablement la rentabilité de ces investissements.

Paradoxalement, l'intensification du développement du photovoltaïque n'a pas été prévu : il bénéficie en effet indirectement de la numérisation des réseaux, qui, en optimisant leur gestion, en réduisant les temps de réponse, facilite grandement l'injection de flux variables. Et une deuxième innovation renforce encore sa pertinence : il s'agit de l'arrivée des véhicules électriques, à une, deux ou quatre roues. La nécessité du stockage trouve ainsi une justification supplémentaire et incontournable.

taines de MW (centrales au sol). Elle est totalement statique (ni vibrations, ni effluent, ni usure) et utilise un des matériaux les plus inoffensifs et répandus sur la planète : le silicium.

L'électrification en cours des activités humaines ne pourra se faire qu'en employant une ressource sûre, souple, modulaire, propre et à très bas prix. On pourra, par exemple, très prochainement, recharger son véhicule électrique à coût nul, dans la mesure où le prix des panneaux solaires rejoint celui des simples toitures en tuiles.

En deux mots : un parcours

Depuis mon entrée à l'Icam, ces questions d'énergie m'ont toujours semblé d'une



Recharge de batteries par des panneaux solaires

importance majeure : j'ai effectué mon stage de fin d'études en 1976 entre un fabricant de capteurs solaires à Perpignan et le laboratoire CNRS du Four Solaire d'Odeillo. Après quelques (très) courtes infidélités au sujet, j'ai repris un DEA en 1978, puis une thèse de Thermodynamique et Energétique, soutenue fin 1981.

Depuis, ces préoccupations ne m'ont plus quitté, et j'ai rejoint un collègue ENSAM rencontré à l'Université pour fonder Tecsol S.A., bureau d'études techniques spécialisé en énergétique du bâtiment en général, et énergies solaires en particulier. Nous sommes maintenant plus de 40, répartis entre métropole, Antilles et Réunion.

L'usage de l'énergie solaire est passé en 40 années d'une niche marginale à une industrie planétaire, et à notre échelle, nous y avons contribué.

L'intérêt propre de mon travail a toujours été la grande variété des tâches à accomplir, des savoir-faire à mobiliser, et leur constante évolution. Mes missions d'ingénierie m'ont conduit en pirogue sur le Maroni (Guyane), en 4x4 au Parc du Banc d'Arguin (Mauritanie) pour de l'électrification rurale, mais aussi dans les bureaux de la Commission Européenne où je contribue toujours à diverses fonctions d'expertise et d'évaluation des projets qu'elle finance. Je pense avoir ainsi réussi à combiner ma curiosité technique personnelle avec une finalité collective de progrès réel.

Les énergies renouvelables, créatrices d'une nouvelle métallurgie...



Christian Traisnel (72 IL)

Si mon attrait pour certaines énergies renouvelables n'est pas récent (aide à la méthanisation en région en 1985 !), c'est ma participation au lancement et au développement des éco-activités en Région Nord (en lançant avec d'autres le cluster CD2E en 2002, puis le pôle de compétitivité sur l'économie circulaire TEAM² en 2010) qui m'a fait approcher de plus près ce domaine.

Dans les Hauts-de-France, en lançant une plateforme de test du photovoltaïque de près de 100 KW en 2008, nous voulions démontrer l'intérêt de cette énergie dans cette région. A ce jour, il est clair que, en testant plus de 10 technologies sur plusieurs années, certaines (hybrides ou couches minces) sont plus favorables dans le Nord que dans le Sud. Tout est affaire de bon choix et de bon dimensionnement. Le lancement, en 2011, des premières études sur l'autoconsommation a été aussi précurseur, et la suite logique. Dans la panoplie des énergies renouvelables étudiées avec de nombreux experts depuis 15 ans, on peut assurer qu'il y a un **réel atout pour le photovoltaïque**

et son stockage (et la Région possède un grand fabricant de batteries sur le sujet), que le grand éolien a fait ses preuves, mais que le micro-éolien semble encore peu pertinent. Quant au solaire thermique, il n'est pas assez développé alors qu'il a du potentiel, et la géothermie évolue trop lentement malgré l'apparition de nouvelles technologies dites « basse température ». La région Hauts-de-France s'engage fortement sur la méthanisation, avec, parfois, des engouements à modérer, car l'acceptabilité sociale de ce type d'énergie est encore très faible.



Une science récente mais déjà très avancée, l'Analyse en Cycle de Vie, apporte des outils très utiles pour piloter le développement de ces énergies renou-

velables. Ainsi, par exemple, une étude du CNRS Grenoble présentée au COMES en 2016 montre que l'on consomme 10 fois plus d'acier par MW éolien que par MW hydraulique, et 4 fois plus que par MW nucléaire. Les proportions sont dans des ratios de 5 et 2 pour le béton. D'où la difficile mesure des impacts réels en CO² en développant ces EnR, et la nécessité de s'outiller de nouvelles méthodologies d'appréciation pour quantifier leur contribution à la lutte contre le changement climatique entre autre...

La transition énergétique tant attendue, et la transition numérique qui l'accompagne sont et seront extrêmement consommatrices de métaux stratégiques et terres rares. À tel point que leur production et leur usage deviennent un enjeu pour les Nations Unies et la Commission Européenne depuis 10 ans. On est passé de 3 métaux dits « stratégiques » en 1980 à près de 60 à ce jour. Ces matériaux et leur maîtrise vont bouleverser nos industries, avec des impacts mondiaux. Ce nouveau challenge, le pôle de compétitivité TEAM² veut contribuer à le relever sur un aspect vu comme prometteur : celui du recyclage. Cette voie semble la plus pertinente pour en limiter les impacts, mais elle nécessite de créer, pour y parvenir, une nouvelle hydrométallurgie et une nouvelle pyrométallurgie... Les Hauts de France sont leader en Europe sur ces sujets, mais tout est encore à faire.

Si vous voulez mieux saisir ces enjeux, venez écouter Guillaume Pitron, auteur du récent livre « La guerre des métaux rares » lors de notre prochain congrès les 14 et 15 juin à Ville-neuve d'Ascq.

Changeons, aussi, notre mentalité de consommateurs d'énergie

Si on vous dit énergie renouvelable (EnR), le réflexe est de penser solaire ou éolien, donc production d'électricité. Mais savez-vous que le chauffage représente 60% des besoins énergétiques du secteur résidentiel ou tertiaire? Peut-être pas!... Il est donc un vecteur incontournable et hélas trop méconnu de la transition énergétique.

En sortant de l'icam il y a 9 ans, j'ai décidé de travailler sur les projets du chaud renouvelable, et plus particulièrement des réseaux de chauffage urbains (RCU): des canalisations d'eau chaude ou de vapeur circulent dans une ville, un quartier, pour alimenter collectivement des bâtiments tels que des bureaux, logements, en chauffage et eau chaude sanitaire. Ce RCU peut devenir un véritable service public géré par une collectivité. La centralisation de la production de chaleur permet de mobiliser efficacement des EnR qui se complètent:

- récupération de chaleur fatale (ex : sorties d'usine d'incinération),
- géothermie lorsque le potentiel du sous-sol le permet (gros potentiel en Ile-de-France!),
- solaire thermique pour des RCU basse température,
- combustion de bois s'il ne vient pas de trop loin,



■ et à la fin on complète avec des chaufferies gaz, qui pourront être alimentées par du biométhane grâce aux nombreux projets de méthanisation à venir!...

Si on se débrouille bien, on peut ainsi tout à fait obtenir un mix énergétique de 100% énergie renouvelable. Concrètement, cela coûte encore trop cher. Mais les RCU deviennent de plus en plus compétitifs par rapport au gaz dont le prix est très bas. Les EnR y occupent donc une place de plus en plus importante.

De la même manière que pour les RCU, les réseaux de froid urbain (RFU) occupent une place à part entière. Encore peu nombreux en France, ils vont se développer prochainement, j'en suis convaincu, particulièrement aux Etats-Unis et au Moyen-Orient où les besoins sont énormes et exponentiels. Le froid « renouvelable » est plus compliqué mais des solutions restent à inventer : ainsi à



Romain Donat (109 IT)

Marseille un réseau de froid est alimenté en partie par le fond de la Méditerranée : c'est de l'énergie infinie!...

Je voudrais rajouter que lors de ma première expérience professionnelle à l'ADEME, l'Agence publique de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, j'ai appris qu'au-delà du développement des énergies renouvelables (EnR) en cours, la transition passe en premier lieu par cette « maîtrise de l'énergie », c'est-à-dire que nous devons d'abord changer la mentalité de chacun pour mieux et moins consommer. La technologie ne suffit pas!...

La conséquence de cette transition énergétique est que les grandes sociétés historiques de l'énergie (incluant Engie chez qui je travaille depuis 2 ans) et les PME du secteur opèrent une franche transition dans leurs activités depuis moins de 10 ans. Elles n'ont plus le choix, et c'est une chance pour nous autres ingénieurs car il y a du travail dans ce domaine et pour encore longtemps!... Les métiers sont nombreux : études, maîtrise d'ouvrage, innovation... Alors ingénieurs ou futurs ingénieurs, n'hésitez pas à saisir l'occasion!...

L'Outre-Mer, une transition pleine d'énergie(s) !

Après une première expérience dans une start-up développant des projets solaires, j'ai rejoint le groupe Quadran (Direct Energie), producteur d'électricité renouvelable. D'abord en métropole, et depuis maintenant 2 ans en Guadeloupe, en tant que responsable d'exploitation Caraïbes.

Les Antilles françaises sont, aujourd'hui, dépendantes à plus de 90% d'importations de combustibles fossiles (charbon sud-américain & diesel européen) pour leur consommation d'énergie. L'objectif ambitieux d'atteindre l'autonomie à l'horizon 2030 a été fixé, et il implique de nombreuses transformations à mener et des challenges à relever !

Une prise de conscience, d'abord, que les ressources locales peuvent être valorisées et contribuer efficacement. La géothermie de ces îles volcaniques, la combustion de biomasse énergétique cultivée sur les sols pollués des anciennes bananeraies, et, dans une moindre mesure, l'hydraulique des rivières et cascades vertigineuses peuvent fournir une énergie de base. Les alizées et le soleil, abondants dans les Caraïbes, pouvant aisément assurer le complément.

Au niveau technico-économique ensuite, où les réseaux électriques vont nécessairement intégrer une part prépondérante d'EnR intermittente. L'exploitation des nouvelles installations, de plus en plus fine et

complexe, permet déjà de maîtriser et de garantir la production injectée, grâce au couplage de systèmes de prévisions et de stockage. Les améliorations attendues dans les domaines des batteries, les promesses de l'hydrogène, ou encore la complexification et mutualisation des algorithmes de pilotage des productions et consommations, doivent permettre de franchir encore un cap !



Sylvain Tavernier (109 IT)

Au niveau humain, surtout, où ces projets par nature très décentralisés n'ont finalement de sens qu'avec l'appui de tout l'écosystème local. Les discussions avec les collectivités et la population voisine, afin qu'ils intègrent et s'approprient ces installations sont passionnantes, et bien souvent passionnées ! La formation et l'accompagnement de techniciens capables d'exploiter ces technologies innovantes, dans des environnements aussi singuliers qu'isolés à Marie-Galante, Désirade ou encore aux Saintes, occasionnent à chaque fois des rencontres spéciales et des liens très forts ! Cette expérience me donne, ainsi, le sentiment de contribuer à la préservation de ces archipels et de leurs paysages paradisiaques, et de favoriser, aussi, leur résilience



face aux menaces bien réelles causées par le réchauffement climatique, dont les plus récentes se prénommaient Irma ou Maria. J'ai également l'espoir que ces transformations en Outre-Mer préfigurent un mouvement plus global, où chacun pourra être

acteur, et mettre à profit son énergie au service d'un monde plus agréable et plus durable !

Amis toulousains, n'hésitez plus à transformer le profil de vos ailes d'avion en pales d'éoliennes !

Développeur de projets éoliens, un métier aux multiples facettes

Après l'Icam et l'ICAI de Madrid (où j'ai découvert les énergies renouvelables dans le cadre d'un échange Erasmus), je me suis engagé, en 2010, dans le secteur des énergies renouvelables pour satisfaire mon envie d'œuvrer concrètement à la transition énergétique. En effet, j'avais à cœur de renverser le paradoxe énergétique du tout nucléaire et de la consommation d'énergie à outrance dans lequel la France se trouvait.

Développer un projet éolien comporte une dimension militante que je n'avais pas anticipée mais qui me plaît beaucoup. En effet,



cela requiert de l'engagement, de la conviction et de la persévérance et ce, d'autant plus qu'en France, les obstacles sont nombreux et les projets mettent, en moyenne, 6 ans à sortir de terre alors qu'il en faut moitié moins dans bon nombre de pays voisins.

Il faut savoir apprivoiser les changements réguliers de réglementation, l'évolution des contraintes aéronautiques, lutter contre les idées reçues, faire preuve de pédagogie auprès des riverains...

C'est aussi un secteur en perpétuelle évolution, une industrie qui est jeune et dans laquelle il reste encore beaucoup à inventer. Dans l'éolien, on n'est jamais au bout de ses surprises et l'on en apprend tous les jours sur des sujets très variés. Outre les fonctions de gestion de projet et de coordination d'études qui semblent naturelles pour un ingénieur généraliste, mon métier comporte une importante facette de communication externe. Après avoir grandi en banlieue parisienne, j'ai appris à évoluer dans le monde rural, à prendre en compte les problématiques des agriculteurs ou des propriétaires de leurs terrains. J'ai, aussi, appris à échanger avec les élus de petites communes qui doivent faire toujours plus avec de moins en moins de ressources. Enfin, j'ai appris à échanger avec des élus départementaux, régionaux, des parlementaires, le corps préfectoral, les différentes administrations françaises. Un exercice encore bien différent.

En quoi je m'appuie sur ma formation d'ingénieur Icam, aujourd'hui, me direz-vous ? Celle-ci me donne une culture scientifique essentielle pour appréhender l'ensemble des sujets techniques liés à cette industrie. Celle-ci touche, en effet, aussi bien la méca-

trique des fluides, le génie civil, le génie électrique, que la résistance des structures. Par ailleurs, les valeurs de l'Icam telles que la proximité, l'écoute et l'ouverture d'esprit me permettent de répondre aux attentes locales et de concevoir des projets sur mesure, qui ne répondent pas uniquement à un cahier des charges technique, mais à toute la complexité des spécificités de ce territoire. Enfin, c'est un secteur d'activité qui offre de beaux challenges car le marché est en pleine révolution. L'ouverture du marché électrique à la concurrence et la disparition des systèmes de tarifs d'achats ont conduit la filière éolienne à une profonde transformation. Ainsi, j'ai eu l'opportunité, ces dernières années, outre mes fonctions de développement de projet, de travailler sur des sujets tels que le développement de système d'information ou la conduite du changement par le lean management.

Les années à venir, je n'en doute pas, seront aussi pleines de challenges à relever. Il s'agira, selon moi, tout d'abord, d'inventer des moyens de consommer différemment, moins et plus intelligemment. Et ensuite de convaincre l'opinion publique que nous avons tous à y gagner !



Thomas Herbinet (110 IL)