



COMMISSION DE
L'Océan Indien



Actes du deuxième Forum régional des énergies durables

09 - 11 avril 2019, MOCA (La Réunion)



Cette publication a été produite par la Commission de l’océan Indien à travers le programme ENERGIES financé par l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité des auteurs et ne reflète pas nécessairement les opinions de la COI.



Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité des auteurs et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

TABLE DES MATIÈRES

JOUR 1	3
Séance d'ouverture.....	3
La coopération internationale pour la transition énergétique dans les territoires insulaires	7
Table-ronde 1 : Vulnérabilité des Etats insulaires face aux effets du changement climatique ...	7
Table-ronde 2 : Le défi de la précarité énergétique : quelles réponses dans les îles de l'océan Indien	11
JOUR 2	14
Introduction de Véronique Espitalier-Noël, Chargée de mission à la COI.....	14
Le Rôle du régulateur : consultation sur les grands enjeux et rôle de stimulation pour aller vers une économie décarbonée.....	15
Table-ronde 3 : Vers un nouveau paradigme énergétique dans les Etats insulaires : 2025, une étape décisive	16
Atelier 1 : Tertiaire et MDE : Analyse de la demande, instrumentation, choix de solutions EE	20
Atelier 2 : Le secteur diffus : des efforts au cœur de la promotion des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique	27
Atelier 3 : Echanges universitaires autour de la transition énergétique : collaborations en faveur du renforcement de compétences.....	30
JOUR 3	37
Atelier 4 : Secteur de la construction résidentielle et tertiaire : potentiels des approches bioclimatiques, optimisation des systèmes énergétiques et outils en appui	37
Table-ronde « Green Building Council »	41
Atelier 5 : Avancées en faveur des énergies renouvelables dans les pays insulaires	44
Mise en perspectives Smart Cities et formation professionnelle	52
Session de clôture et de conclusions de la Région Réunion et de la COI.....	59
Le programme ENERGIES de la COI : mise en relief des résultats obtenus	59

Avant-propos

La COI en appui aux Etats membres pour relever les défis de l'efficacité énergétique dans l'Indianocéanie

Par Marc Maminiaina

Chargé de mission à la Commission de l'océan Indien

Le deuxième Forum régional des énergies durables qui s'est tenu à La Réunion du 9 au 11 avril de cette année en collaboration avec la Région Réunion s'est voulu être une plateforme pour promouvoir et faciliter les échanges régionaux sur la transition énergétique en Indianocéanie et plus particulièrement la thématique de l'efficacité énergétique. Nous nous réjouissons vivement de la réussite de la deuxième édition de ce rassemblement régional impulsé par le programme ENERGIES – financé par l'Union européenne et mis en œuvre par la Commission de l'océan Indien.

Pendant deux jours et demi, plus de 200 participants issus des secteurs public et privé et des mondes académique et scientifique ont pris part aux ateliers, tables rondes et débats axés autour des économies d'énergies dont le vaste potentiel reste largement sous-exploité dans la région. L'efficacité énergétique a d'ailleurs été identifiée par le Réseau de la transition énergétique de l'océan Indien (RTEoi) mis sur pied par le programme ENERGIES comme l'un des piliers majeurs en matière de coopération régionale entre les Etats membres de la COI dans leur quête d'une plus grande autonomie énergétique (de même que l'énergie solaire et l'aménagement du territoire).

Le programme ENERGIES s'est fixé comme ambition de donner plus de visibilité et de clarté à la filière énergétique dans la région, afin notamment de créer les conditions propices à la mobilisation des acteurs et des investissements dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. La logique derrière cet objectif est simple, laquelle répond à la nécessité de concilier les impératifs de développement socio-économique avec la nécessité de préservation de l'environnement : en tant qu'Etats insulaires en développement, les pays de la région se doivent de réduire aussi bien leur dépendance aux importations d'hydrocarbures que leurs émissions de gaz à effet de serre.

La publication des Actes du deuxième Forum régional des énergies durables s'inscrit directement dans cette démarche. En effet, cet ouvrage, qui contient une richesse d'informations sur les tenants et aboutissants des développements en matière d'efficacité énergétique dans la région, ainsi que sur le secteur de l'énergie dans son ensemble, se veut être un outil de travail pour tous ceux qui souhaitent contribuer à la transition énergétique en Indianocéanie.

Bonne lecture !

JOUR 1

Séance d'ouverture

Animée par **Philippe Jean-Pierre**, *Conseiller auprès du Président de la Région Réunion*, la séance d'ouverture a valu aux participants de prendre connaissance des observations et analyses du Secrétaire général de la COI, de l'Ambassadeur de l'Union européenne auprès de la République de Maurice et de la République des Seychelles, du représentant du Président du Conseil de la COI, du représentant du Conseil régional de La Réunion ainsi que de celui du préfet de La Réunion.

La session d'ouverture a aussi comporté une intervention de Mme Catherine Edwige, Commissaire à la Commission (française) de régulation de l'énergie, consacrée à la nécessité, pour la transition énergétique dans les territoires insulaires, d'une coopération internationale.

S.E.M. Hamada Madi, *Secrétaire général de la Commission de l'océan Indien*, fut le premier intervenant à la séance d'ouverture, faisant valoir que l'accès aux énergies renouvelables pourrait bien être, pour les pays bénéficiant d'une faible électrification conventionnelle, l'occasion d'accéder au moins à certains usages de base d'un service électrique.

« La transition énergétique aura un effet de levier très significatif en termes de croissance, d'emplois et d'attractivité globale de nos pays », a déclaré le secrétaire général de la COI, M. Madi Hamadi, lors de cette session inaugurale. « L'implantation d'un écosystème d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique décuplera l'impact des investissements dans les technologies propres tout en offrant de nouvelles opportunités à nos populations en créant des modèles de développement plus inclusifs et donc plus efficaces », a poursuivi M. Hamadi. Cette ambitieuse vision d'avenir se déployait dans un contexte économique que l'intervenant avait pris soin de bien préciser : depuis 2009, soit au cours de la dernière décennie, le coût du photovoltaïque a baissé de 90 %. Néanmoins, observe le secrétaire général, « alors que nos territoires insulaires sont particulièrement vulnérables et que notre dépendance vis-à-vis des hydrocarbures impacte négativement nos balances de paiements tout en contribuant au changement climatique, il est un fait que les gisements d'énergies renouvelables demeurent largement sous-exploités dans nos pays ».

Les Etats membres de la COI, observait son secrétaire général, affichent des niveaux de développement disparates et, par extension, des taux d'accès différents à l'électricité: La Réunion, Maurice et les Seychelles ont un taux d'électrification de 100%, alors que pour l'Union des Comores et Madagascar ce chiffre n'atteint encore que 74% et 17%, respectivement. Au coût qu'elles ont atteint, les énergies renouvelables représentent une opportunité extraordinaire de développement et de saut technologique qualitatif pour les pays de la COI. Ce sont elles qui permettront d'électrifier les territoires, d'atteindre l'autonomie énergétique et de décarboner les économies. Elles offriront également aux jeunes générations de techniciens et d'ingénieurs de l'Indianocéanie de se familiariser avec des « process » scientifiques et techniques de pointe.

Rappelant que c'est à l'occasion du 33^e Conseil des ministres de la COI que fut annoncée l'acceptation du Conseil régional de La Réunion d'organiser en 2019 une conférence internationale sur les énergies renouvelables, le secrétaire général a aussi évoqué l'engagement du programme ENERGIES de la COI, et de son partenaire, l'Union européenne, en vue la deuxième édition du Forum régional des énergies durables, cela faisant suite à la première édition, tenue les 28, 29 et 30 mai 2018. Ce programme, souligne le secrétaire général de l'organisation, *« consiste justement à fédérer et mutualiser les ressources techniques, humaines et financières dont disposent les Etats membres de la COI de manière à consolider et amplifier la portée de celles-ci dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ».*

A ce jour, ENERGIES considère les réalisations suivantes comme faisant partie de son bilan :

- le rassemblement des sociétés d'électricité et des régulateurs d'énergie de la région au sein respectivement du Club des électriciens et du Réseau des régulateurs afin qu'ils puissent partager leur expertise et leurs expériences ;
- la réunion des ministères de l'Energie et des services météorologiques des Comores, de Madagascar, de Maurice et des Seychelles, avec l'Université de La Réunion, autour du projet IOSNet pour l'élaboration d'une base de données des gisements d'énergies solaire et éolienne, cela financé par le Fonds européen de développement (FED) et le Fonds européen de développement régional (FEDER) ;
- l'organisation, autour du réseau patronal Business Mauritius, des comités de pilotage public-privé dans chaque pays membre de la COI pour la mise en œuvre du Programme régional d'efficacité énergétique, répliquant et régionalisant ainsi le Programme national d'efficacité énergétique mauricien qui était lui-même issu d'une collaboration entre Maurice et La Réunion ;
- le lancement, avec les acteurs de la filière des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, d'une plateforme régionale de transition énergétique, le Réseau pour la Transition énergétique dans l'océan Indien ou le *Indian Ocean Energy Transition Network* dont beaucoup est attendu ;
- la soumission, avec l'Agence universitaire de la Francophonie, d'une candidature dans le cadre de l'appel à projets annuel Erasmus+ de l'Union européenne pour un projet de formation sur les énergies durables pour les cinq États membres ;
- le cofinancement de 16 projets de démonstration aux Comores, à Rodrigues et à Madagascar, visant à produire de l'électricité de sources renouvelables. Ces projets, qui relèvent d'un volet emblématique du programme, celui de son appel à propositions, relèvent aussi bien des secteurs public et privé que de la société civile. Ils s'articulent autour de différents types d'énergies renouvelables comme le solaire, l'hydraulique, la biomasse et le biogaz.
- la mise en œuvre de trois contrats de subvention a) pour la réalisation d'une unité de désalination solaire à l'île Rodrigues ; b) pour l'équipement du village d'Ambakivao à Madagascar par six de ses habitantes devenues ingénieures solaires suite à une formation de six mois en Inde et 3) pour l'utilisation rationnelle de la biomasse via des unités de distillation à foyer économe dans le cadre du développement de la filière Ylang Ylang à Mohéli et à Anjouan, aux Comores.

ENERGIES prendra fin dans quelques mois et l'enjeu, pour la COI, est de pouvoir pérenniser les actions du programme afin de soutenir ses États membres dans leur démarche de transition énergétique. D'ores et déjà, la COI a tiré quelques conclusions en matière de promotion des renouvelables et d'efficacité énergétique :

- le solaire photovoltaïque et la biomasse sont les principales énergies-ressources qui permettront à terme aux pays de la région de s'affranchir des énergies fossiles ;
- le potentiel global de réduction des consommations et des puissances électriques dans les pays de la COI est très significatif et oscille entre 15% et 35 %, ce qui ouvre des perspectives considérables.

« Les énergies renouvelables représentent une opportunité extraordinaire de développement et de saut technologique qualitatif pour l'Indianocéanie. Ce sont elles qui vont nous permettre d'électrifier nos territoires, d'atteindre l'autonomie énergétique et de décarboner nos économies », a déclaré l'intervenant.

« La mobilisation et l'exploitation de ces ressources et de ce potentiel nécessiteront la mise en place de politiques incitatives et une réglementation claire. En réunissant les acteurs des secteurs public et privé, ainsi que des centres de recherche et de formation, ce deuxième Forum régional des énergies durables constitue une plateforme d'échanges sur des questions qui auront un effet déterminant sur l'avenir de nos îles », a conclu le Secrétaire général Hamadi.

S.E. Madame Marjaana Sall, *Ambassadeur de l'Union européenne auprès de la République de Maurice et de la République des Seychelles*, a rappelé quelques initiatives fortes de l'Union européenne en matière d'accès à l'énergie.

« Le thème choisi pour ce forum, l'efficacité énergétique est le moyen par excellence pour réussir la transition énergétique et lutter contre le changement climatique. Au sein des Etats membres de la COI, le potentiel d'efficacité énergétique est réel, permettant de réduire le coût des importations et d'accroître la compétitivité des entreprises », a déclaré Mme Marjaana Sall, ambassadeur de l'Union européenne auprès des République de Maurice et des Seychelles.

« On ne peut pas parler d'efficacité énergétique sans l'implication du secteur privé ; plusieurs thèmes, portant sur le résidentiel et le tertiaire, la planification urbaine et le transport, intéressent le secteur privé. Ils seront au programme de cette deuxième édition », a poursuivi la diplomate européenne. « Le potentiel de l'énergie durable comme outil de lutte contre la pauvreté est reconnu par tous. Néanmoins, plus d'un milliard de personnes dans le monde (dont plus de la moitié en Afrique) n'y ont pas accès. C'est pourquoi l'Union européenne a décidé de faire de ce secteur une de ses priorités au niveau global et régional », a-t-elle ajouté.

Dans le cadre de ses efforts pour la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et de l'Accord de Paris sur le changement climatique, l'Union européenne a démontré de diverses manières sa détermination à promouvoir le secteur de l'énergie :

- le budget de 3,7 milliards d'euros afin de contribuer à l'échelle internationale à l'accès de 40 millions de personnes à l'énergie, à l'accroissement de 20 % de la production de renouvelables et à la réduction de 20 % des émissions de CO₂.
- le lancement du Plan d'investissement extérieur pour encourager l'investissement privé dans le développement durable ;
- l'Alliance Afrique-Europe pour des investissements et des emplois durables qui permettra, dans les cinq prochaines années, de créer 10 millions d'emplois en Afrique, dont bon nombre dans le secteur de l'énergie durable.
- le financement à plus de 300 millions d'euros du programme ElectriFI (*Electrification Financing Initiative*) qui vise à soutenir des investissements privés dans le domaine de l'électrification des régions rurales mal desservies des pays en voie de développement.

Par ailleurs, plus directement dans l'océan Indien, l'UE accompagne depuis 2014 la Commission de l'océan Indien dans la mise en œuvre du programme régional Energies, un programme de 15 millions d'euros, pour promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

Ce programme a permis certaines réalisations significatives :

- Le lancement d'une quinzaine de projets d'énergies renouvelables à Madagascar, aux Seychelles, aux Comores et à Rodrigues.
- La formation des acteurs régionaux intervenant dans la réglementation du secteur de l'énergie et des journalistes pour mieux sensibiliser le public aux problématiques liées à l'énergie durable.
- La mise en place d'un réseau des régulateurs de l'océan Indien dont l'objectif est d'échanger sur les besoins et enjeux insulaires en matière de transition énergétique des Etats Membres de la COI.
- La création d'une plateforme de gestion de connaissances pour faciliter la mutualisation des ressources relatives aux énergies renouvelables et à l'efficacité.

L'efficacité énergétique - qui est le thème central du ce deuxième forum - est un axe prioritaire de ce programme régional. A ce titre, plusieurs initiatives ont été menées ou sont en cours dont :

- une étude pour permettre le labelling des équipements électroménagers à Maurice et aux Seychelles ; la sensibilisation aux économies d'énergie à Maurice, aux Comores et aux Seychelles.

- le lancement d'un Programme d'Efficacité Energétique au niveau régional, basé sur l'expérience mauricienne et proposant aux opérateurs du tertiaire des autres Etats membres une cartographie du potentiel d'efficacité énergétique.

Ce programme a permis la réalisation des audits énergétiques, ce qui a mis en évidence le potentiel des économies d'énergies dans des bâtiments publics à haute consommation d'énergie fossile à Madagascar, à Maurice, aux Seychelles aux Comores. Une autre étude, qui vise à développer une réglementation pour la conception des bâtiments à faible consommation d'énergie, vient tout juste d'être finalisée.

S. E.M. Dick Esparon, *secrétaire d'Etat du ministère de la lutte contre la Pauvreté et représentant du Président du Conseil de la Commission de l'Océan Indien, S. E. Vincent Mériton*

Le représentant du président du conseil de la COI, Vincent Mériton, en l'occurrence le secrétaire d'Etat seychellois à la Lutte contre la pauvreté, Dick Esparon, s'est quant à lui livré à une présentation du dispositif énergétique de l'archipel. En effet, la République des Seychelles s'est fixée quelques objectifs : 5 % de renouvelables dans le mix énergétique à l'horizon 2020 et 15 % à l'horizon 2030. Les petites unités photovoltaïques décentralisées ont atteint une capacité totale de 3 MW. Cela s'ajoute aux 6 MW des huit éoliennes, installées dès 2013.

Alin Guézello, *conseiller régional de La Réunion*

Au titre de La Réunion, le conseiller régional délégué aux énergies renouvelables, Alin Guézello, s'est exprimé au nom du président du conseil régional, Didier Robert, empêché. D'emblée, l'intervenant a évoqué un changement de paradigme, lié aux mutations du monde de la production, invitant à s'intéresser à l'économie circulaire. « *La transition énergétique n'est pas un frein mais, bien au contraire, un levier de croissance pour nos territoires. Il est nécessaire que nous nous inscrivions dans une démarche visant le passage d'une économie linéaire à une économie circulaire* », a souligné M. Guézello. « *Il s'agit ainsi d'adopter une approche transversale grâce à un processus d'apprentissage interrégional* », a-t-il ajouté, cela intervenant aux plans de l'innovation, de la recherche, de la fiscalité, de la formation et de la politique industrielle.

M. Pascal Gauci, *Secrétaire général pour les affaires régionales auprès du préfet de La Réunion*

S'exprimant au nom de l'Etat, Pascal Gauci, secrétaire général pour les affaires régionales auprès du préfet de La Réunion, a, quant à lui, rappelé que, dès 1997, à l'occasion du Protocole de Kyoto, la France s'est résolument inscrite dans une démarche de lutte contre le réchauffement climatique, engagement qui s'est poursuivi, entre autres et de manière marquante, par la mise en place de l'Accord de Paris, issu de la COP 21. « *Cette politique repose sur deux piliers : l'adaptation et l'atténuation* », a fait valoir le représentant du préfet de La Réunion. L'atténuation, c'est réduire de deux degrés le réchauffement ; l'adaptation, c'est ce qui relève de l'inévitable, compte tenu de l'inertie du système climatique mondial. Les priorités de la France pour la décarbonation : les transports, les bâtiments, l'agriculture et la forêt, l'industrie, les énergies et les déchets. La France vise la neutralité carbone en 2050. Cela impliquera, entre autres, une réorientation des investissements en faveur de la transition énergétique.

Intervention de Catherine Edwige, Commissaire à la Commission de régulation de l'énergie (CRE), membre du Collège des commissaires

La coopération internationale pour la transition énergétique dans les territoires insulaires

• Catherine Edwige, Commissaire à la commission (française) de régulation de l'énergie (CRE)

La coopération internationale pour la transition énergétique dans les pays insulaires

- Travailler sur la transition énergétique dans les territoires insulaires fait partie des missions essentielles de la CRE. « Nous avons la conviction que cette réflexion ne peut se faire isolément, chacun dans son pré carré national mais bien davantage en coopération avec les territoires voisins, ce qui est bien le but de ce forum », a souligné Mme Edwige. Les réalités contrastées des îles de la COI nécessitent des réponses différentes aux enjeux de la transition énergétique, il ne peut y avoir de solution générique valable pour chacun de ces territoires.

Les choix historiques ont généré des mix énergétiques à base principalement thermique et fossile, complétés éventuellement d'ouvrages hydrauliques. Cela paraît plus problématique lorsque l'on tient compte du fait que les territoires insulaires sont parmi les plus exposés aux conséquences du réchauffement climatique, qu'il s'agisse de l'élévation du niveau de la mer, de la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes ou de l'impact sur la biodiversité. Toutefois, la révolution numérique, la révolution énergétique bouleversent la donne.

Dans les îles, les nouveaux modes de production énergétique, renouvelables et décentralisés, permettront d'améliorer les conditions d'approvisionnement, de réduire la pollution ainsi que les coûts de production, à mesure que ces énergies gagneront en maturité. « Le régulateur doit voir au-delà de son marché national et c'est ainsi que la CRE a développé une stratégie de coopération internationale, guidée par le partage de bonnes pratiques et la recherche de bénéfices mutuels entre les autorités de régulation », prévoit l'intervenante.

« C'est dans ce contexte que je me suis rendue à Maurice, ajoute Mme Edwige, pour réfléchir à la valorisation de la bagasse dans les centrales thermiques ». C'est également dans cette perspective que la CRE a souhaité s'engager aux côtés du club des régulateurs de la COI. « L'avantage d'être née sur une île, c'est qu'on comprend tout de suite qu'il faut voyager », a avancé la conférencière, elle-même native de Guadeloupe.

Table-ronde 1 : Vulnérabilité des Etats insulaires face aux effets du changement climatique

Animation : Marc Dubernet, directeur régional, AFD océan Indien

Consacrée au thème de la vulnérabilité des Etats insulaires face aux effets du changement climatique, la première table-ronde réunira quatre experts, analysant les enjeux sous les angles a) de la climatologie et de la météorologie ; b) de la finance solidaire ; c) des problématiques internationales en matière d'énergies renouvelables et d) de la coopération régionale entre territoire insulaires.

Changement climatique : les enjeux et liens avec de nombreux projets collaboratifs

François Bonnardot, responsable de la direction climatologie à la Direction Interrégionale de Météo-France à La Réunion

L'intervenant a consacré sa présentation aux enjeux et liens avec divers projets collaboratifs que fait apparaître la prise en compte du changement climatique.

- Les changements climatiques sont réels. Ainsi, pour ce qui est de La Réunion, on a pu noter une hausse significative de la température moyenne, de l'ordre de 0,17°C par décennie, soit environ +0,85° ces 50 dernières années.
- Cette tendance se reflète sur le contenu thermique de l'océan Indien, notamment au niveau de la couche entre 0 et 700 mètres de profondeur. Ainsi on note depuis 1968 une augmentation de +0,5 à +0,6° C pour ce qui est de la température de surface, tant à proximité de La Réunion que dans la zone élargie du sud-ouest de l'océan Indien.
- Pour ce qui est de l'élévation des océans, les satellites altimétriques permettent de constater, par exemple, que la tendance est plus marquée dans l'océan Indien que dans l'océan Pacifique. Sur la période 1993-2017, l'élévation a été, en moyenne, de 5 mm/an, pour ce qui est de la région des Mascareignes.
- L'activité cyclonique sur le bassin sud-ouest de l'océan Indien présente une forte variabilité interannuelle et inter décennale. Aucune tendance n'est, dans l'état actuel des connaissances, décelable sur le nombre de systèmes tropicaux ayant affecté la région durant les 40 dernières années.
- Pour ce qui est de l'activité cyclonique, des travaux en cours à la direction OI de Météo-France mettent en évidence une migration des zones de genèse vers le Sud, depuis 30 ans, avec des pics d'intensité des cyclones très actifs.
- L'ensemble des simulations climatiques globales prévoient la poursuite du réchauffement dans notre région. Il existe en revanche des incertitudes pour ce qui est de l'évolution des précipitations même si l'on identifie un signal assez robuste de diminution des précipitations pendant l'hiver austral sur le sud de notre région.
- Pour ce qui est des enjeux et projets, il importe de conserver à l'esprit les notions de territoire et d'échelle, notamment parce qu'il s'agit de ne pas perdre de vue que les caractéristiques de chaque ensemble territorial peuvent, dans certains cas, moduler sensiblement les évolutions observées ou prévues aux niveaux régional et global.
- Les Mascareignes devraient ressentir un léger renforcement du flux d'alizé pendant l'hiver austral ; on s'attend aussi à une accentuation du contraste pluviométrique nord-est/sud-ouest.
- Parmi les projets collaboratifs régionaux : BRIO (*Building Resilience in the Indian Ocean*), financé par l'Agence française de développement/Adapt'Action, coordonné par la COI et Météo-France, vise la mise en œuvre d'un modèle climatique régional, cela devant servir à préciser les impacts (ressources en eau, habitat, énergie, agriculture), la démarche comprenant le développement d'applications orientées utilisateur ; RENOV'RISK est une démarche scientifique, engagée par l'université de La Réunion, pour obtenir une meilleure connaissance des cyclones, notamment l'activité cyclonique future.

La plupart des territoires de la COI étant petits, la résolution des systèmes de modélisation n'est pas assez fine pour les observer comme il se devrait. Des simulations de haute résolution sont nécessaires pour la région, ce qui, à la connaissance de l'intervenant, n'a pas encore été fait. Les études sur l'activité cyclonique future permettent d'entrevoir a) un peu moins de système dépressionnaires tropicaux qui concerneraient notre bassin ; b) un léger décalage vers le Sud des zones de genèse, ce qui est cohérent avec le réchauffement et c) la tendance vers une augmentation assez marquée, de l'ordre de 10 %, de l'intensité sur les systèmes de gamme modérée.

AFD Adapt'Action (Maurice) : études de vulnérabilité (zones côtières)

Alexandre Lauret, coordinateur régional, Facilité Adapt'Action, AFD

- Alexandre Lauret, en poste à Maurice, auprès de la facilité Adapt'Action de l'AFD, a présenté le travail entrepris pour combattre les vulnérabilités des pays exposés au changement climatique. Financée et mise en

œuvre par l'AFD, ce programme existe pour aider les pays en développement à réduire leur vulnérabilité, en mettant en place des actions en faveur de l'adaptation au changement climatique.

La présentation sera en trois temps :

- concepts de risque et de vulnérabilité ;
- présentation de la facilité Adapt'Action, spécialement dans l'océan Indien ;
- focus sur l'île Maurice ; études de vulnérabilité de plusieurs sites côtiers.

Le récent cyclone au Mozambique, suivi d'une poussée de choléra, établit le lien entre changement climatique et santé.

Il faut bien comprendre ce qu'est la vulnérabilité. Auparavant, sans changement climatique, les risques naturels étaient traités grâce à l'observation des phénomènes passés ; on connaissait les causes et on connaissait les conséquences. Aujourd'hui, avec le changement climatique, on est confronté à l'incertitude. On doit donc parler de vulnérabilité potentielle de nos sites.

Des actions humaines peuvent aussi accentuer la vulnérabilité au changement climatique.

- En termes financiers, si les effets du changement climatiques étaient insuffisamment anticipés, les coûts de l'adaptation pourraient se situer entre 140 et 300 milliards de dollars d'ici à 2030, entre 280 et 500 milliards de dollars d'ici à 2050.

Créé pour la mise en œuvre de l'accord de Paris, Adapt'Action dispose d'un budget de 30 milliards d'euros, pour la période 2017-2021, destiné à soutenir la mise en œuvre des Contributions déterminées au niveau national (CDN) et opérationnaliser l'Accord de Paris. Les bénéficiaires sont les pays d'Afrique, les Pays les moins avancés, les Petits Etats insulaires en développement (PIED), la COI et l'Organisation des Etats de la Caraïbe orientale (OECS).

Le premier axe d'intervention, portant sur la gouvernance, comporte un renforcement des capacités des entités effectuant le suivi et la mise en œuvre de la CDN pour une gouvernance « climat » efficiente. Le deuxième axe, celui des politiques publiques secteur par secteur, nécessite un appui à la déclinaison des CDN dans le cadre des politiques publiques et des plans d'action, afin de mieux intégrer les enjeux d'adaptation. Quant au troisième axe, la préparation de projets et programmes « climat », il entend accompagner la définition de programmes structurants, pouvant être financés par l'AFD ou d'autres bailleurs/partenaires de développement.

Pour l'ensemble de la COI, l'axe des politiques publiques s'intéressera aux simulations climatiques, alors que l'axe des projets s'intéressera à l'hydrométéorologie régionale. L'axe 1 portera, pour les Comores et Maurice, sur la révision des CDN et, pour Madagascar, sur un plan d'action pour les CDN. L'axe 2 portera, aux Comores, sur l'aménagement urbain; à Madagascar, sur la formation professionnelle et, à Maurice, axes 2 et 3 associés, sur la gestion du risque d'inondation et la gestion intégrée des zones côtières. L'axe 3, au Comores, portera sur la gestion des ressources naturelles alors que cela conduira, à Madagascar, à se concentrer sur l'adaptation de l'agriculture au changement climatique.

- A Maurice, la facilité Adapt'Action s'est spécialement préoccupée de l'érosion côtière, à cinq sites, au Nord-Ouest, au Nord et sur les côtes ouest et est : Port-Louis, Flic en Flac/Tamarin, Bel Ombre/Riambel, Belle-Mare, Adapt'Action y étudiant des bassins de captage, des zones d'inondation et des zones côtières.

Des cartes de risques de catastrophes ont été produites et l'île Maurice est encouragée, à court, moyen et long termes, à a) réduire la vulnérabilité des infrastructures déjà existantes ; b) éviter d'accroître la vulnérabilité dans les développements futurs ; c) anticiper et préparer un territoire résilient.

Selon la *Mauritius National Loss Database*, les précipitations intenses et les crues éclair (*flash floods*) représentent 76 % du total des pertes directes à Maurice. Dans 50 ans (à l'horizon 2070), les pertes directes dues aux inondations et à la submersion marine pourraient atteindre 59 milliards et 43 milliards de roupies mauriciennes respectivement (soit 1,5 milliard € et 1,1 milliard d'euros environ).

Résilience des pays insulaires face aux défis du changement climatique

Simon Benmarraze, responsable de programme, Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA)

L'IRENA a pour mandat d'encourager l'adoption et l'utilisation accrues et généralisées des énergies renouvelables dans la perspective du développement durable. Pratiquement, l'agence a pour objectif d'être un centre d'excellence des technologies du renouvelable ; facilitateur et catalyseur, son offre apporte une expérience en matière d'applications pratiques et de politiques, un appui pour toutes les questions liées aux énergies renouvelables, une aide aux pays pour qu'ils bénéficient du développement efficace et du transfert des connaissances et des technologies. A 2019, 13 petits Etats insulaires en développement - de l'Atlantique, de l'océan Indien et du Pacifique - s'étaient déjà fixés des objectifs ambitieux, visant une pénétration de 80 à 100 % d'énergies renouvelables dans leur mix énergétique.

- 259 MW d'énergie solaire photovoltaïque et 61 MW d'énergie éolienne ont été installés entre 2014 et 2017 pour un investissement mobilisé supérieur à 500 millions de USD. De 2014 à 2017, la puissance installée des principaux renouvelables, photovoltaïque, éolien et bioénergie, a augmenté de 56 %, soit une croissance moyenne annuelle de presque 20 %.
- La comparaison aujourd'hui des coûts actualisés de l'énergie démontrent que la baisse des coûts des énergies renouvelables (biomasse, éolien, hydraulique, photovoltaïque, solaire à concentration) les rend toutes plus compétitives, dans les PEID, que les centrales thermiques diesel.

L'IRENA et son initiative SIDS LIGHTHOUSES contribuent à la création d'un nouveau cadre international de coopération. Un des objectifs chiffrés est de viser une cible de 5 gigawatts (GW) de capacité installée dans les PEID d'ici à 2023.

En partenariat avec le *Abu Dhabi Fund for Development*, l'IRENA a lancé un projet de financement mettant à disposition de pays en développement, US\$ 50 millions par cycle, pour des installations de renouvelables. Cela couvre 50 % du projet, le reste devant être cofinancé. Les taux sont de 1 ou 2 %, pour des prêts remboursables sur 20 ans, avec un moratoire de cinq ans. Pour les deux prochains cycles, 136 millions de dollars seront décaissés.

Mise en place du Fonds Vert destiné au financement des projets traitant de l'adaptation et de l'atténuation dans la zone océan Indien

Jean-Baptiste Routier, conseiller régional en changement climatique et environnement à la Commission de l'océan Indien

Le consultant a centré son intervention sur la mise en place du Fonds Vert (pour le climat). Mécanisme financier de l'Organisation des Nations unies, rattaché à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), il a pour objectif de réaliser le transfert de fonds des pays les plus avancés à destination des pays les plus vulnérables afin de mettre en place des projets pour combattre les effets des changements climatiques.

50 % des budgets sont consacrés à l'atténuation et 50% à l'adaptation. Pour la destination, il y a deux priorités, les pays africains et les PEID. Cela confère à la région OI un potentiel d'écoute assez important vis-à-vis du fonds.

Les budgets peuvent aller, pour les plus importants projets, jusqu'à US\$ 250 millions.

Table-ronde 2 : Le défi de la précarité énergétique : quelles réponses dans les îles de l'océan Indien

Animation : Philippe Jean-Pierre, Conseiller auprès du Président de la Région Réunion

Panorama des interventions du Conseil régional de La Réunion en faveur des particuliers

Soudjata Radjassegarane, directrice à la DEECB, Conseil régional de La Réunion

Le Dr Radjassegarane a structuré sa présentation en trois volets : a) une gouvernance partagée dans un contexte de précarité énergétique; b) les dispositifs régionaux dédiés aux ménages en situation de précarité énergétique et c) objectifs et impacts globaux.

- Pour ce qui est de la gouvernance, partagée et impliquant plusieurs acteurs, de l'Etat et de la Région aux prestataires de services, elle doit être placée dans une perspective sociale qui demande de relever que 42 % de la population vit sous le seuil de pauvreté ; que la sortie de la précarité énergétique n'est prévue que pour 2025.

- Dans la perspective de l'aide aux ménages, il faut noter que l'eau chaude sanitaire constitue le principal poste de consommation énergétique de ces mêmes ménages. Ainsi, à titre d'exemple, pour 4 623 chauffe-eau solaires installés, entre 2011 et 2018, avec un financement venant à 70 % du FEDER, l'économie réalisée a été de 1 500 KWh et 200 euros chaque année.

Le dispositif SLIME REUNION (Service local d'intervention pour la Maîtrise de l'Énergie) a permis, quant à lui, entre 2014 et 2018, de toucher 14 500 ménages, principalement pour une aide à l'installation de chauffe-eau solaires. Cela a permis une économie annuelle de 450 KWh et de 55 euros.

Electricité de France (EDF) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie (ADEME), en partenariat avec les bailleurs sociaux, ont conçu des dispositifs dédiés aux ménages en situation de précarité énergétique.

- Du point de vue des objectifs et impacts globaux, la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) pour 2018-2028 prévoit, pour La Réunion, l'autonomie énergétique à l'horizon 2030. Pour atteindre les objectifs de la PPE, 38 millions d'euros seront investis. En contrepartie, la consommation électrique évitée sur le réseau territorial sera de 25 800 MWh/an. D'autre part, le développement des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et la maîtrise de la demande permettront d'éviter des émissions de CO2 de 18 200 t éq./an

Ces résultats ne sont que plus remarquables, notait l'animateur de séance, dans la mesure où ils ont été obtenus dans un contexte de croissance démographique, avec une population passant de 500 000 à 800 000 habitants en une trentaine d'années.

Projet FEMSOLAR – Madagascar : Formation des femmes au déploiement des énergies renouvelables

Voahirana Randriambola, Coordinatrice du projet WWF

Femmes malgaches entrepreneurs solaires rurales, dans le cadre du programme COI-ENERGIES, en partenariat avec la Direction générale de l'énergie, l'Agence de développement de l'électrification rurale, Barefoot College International (initié en Inde, à Tiloniya, au Rajasthan) et WWF-Madagascar. Il a démarré en juin 2016 et se terminera en mai 2019.

Ce projet vise à mettre en place un programme national qui va permettre aux communes rurales ou isolées d'avoir accès à des services solaires, grâce à des femmes. Des villages isolés, cela veut dire que le centre de santé le plus proche se situe à plus de 5 km. Ce sont aussi des villages où les communautés sont prises au cœur d'écosystèmes naturels prioritaires pour le développement du pays. Il est donc important, lorsque l'on parle de développement durable de considérer le bien-être de ces communautés et leur permettre d'avoir accès à des services d'électricité durables, pour l'accès à l'information, pour l'amélioration de l'éducation, de la santé, pour la sécurité. Les membres de ces communautés isolées représentent plus de six millions de personnes.

L'approche « Femme ingénieure solaire » développée par le *Barefoot College International*, a été valorisée, approche particulièrement adaptée car il s'agit de faire apporter l'électricité aux communautés par les communautés. L'extension du réseau de service public n'est pas envisageable avant plusieurs décennies et l'intervention d'un opérateur privé pour une électrification rurale décentralisée n'est pas, non plus, envisageable. Par exemple, Ambakivao est situé dans un écosystème de mangrove et n'est accessible que par bateau.

Une intervention en deux parties : la première va expliquer ce qu'est l'approche « Femme ingénieure solaire » qui a été mise en œuvre à Ambakivao ; la deuxième, va montrer comment, à partir de cette expérience et de la capitalisation, après cinq années de mise en œuvre de l'approche, les acteurs de cette démarche, à Madagascar, sont arrivés au développement d'un programme, le Programme national Barefoot College.

Cela implique toute la communauté. L'électricité est payante, elle est apportée par les femmes. Une comité villageois est mis en place pour la gestion financière. A Ambakivao, quatre femmes ont été sélectionnées. Deux d'entre elles n'avaient pas été scolarisées, elles étaient sans statut social particulier. Elles ont été volontaires pour se former à la technologie solaire, pendant six mois, dans un pays étranger, en Inde, apprenant à réparer et monter des systèmes solaires portables, ce pour quoi elles ont reçu l'accord de leurs familles et la bénédiction de la communauté. Elles reçoivent aussi, au Barefoot College, des formations supplémentaires qui leur permettent de mieux s'émanciper.

L'objectif, à l'horizon 2030, est d'avoir un réseau de 744 femmes ingénieure solaire, à Madagascar, pour le bénéfice de 630 000 ménages vivant en milieu rural isolé.

Précarité énergétique à l'échelle de la COI : actions déployées par la Fondation Abbé Pierre à La Réunion

Matthieu Hoarau, directeur

Présentation consacrée à la précarité énergétique à l'échelle de la COI.

Il s'agit d'inscrire la question de la précarité énergétique... de manière durable... parmi les enjeux des énergies durables, afin que cela ne soit pas qu'un épiphénomène faisant suite aux mouvements sociaux de ces derniers mois.

L'enjeu pour la Fondation Abbé Pierre (FAB), c'est de pouvoir analyser, interpellier et agir contre le mal-logement, sous toutes ses formes. Dans l'action, les responsables de la FAB sont, à la fois, porteurs d'initiatives et bailleurs de fonds, auprès de certains partenaires associatifs, à même de répondre aux besoins des ménages les plus précaires, cela également à l'international mais principalement en France.

L'antenne de La Réunion a vocation de rayonner sur l'ensemble de la zone océan Indien. Le projet de territoire vient d'être redéfini, sur le périmètre de La Réunion principalement, sur Madagascar, mais aussi

par rapport à Mayotte, dans le cas du plan logement d'abord. Une des orientations s'intitule : renforcer la lutte contre l'habitat indigne et la précarité énergétique. Les deux, selon la FAB, sont indissociables. Outre les interventions au niveau de la demande en énergie, il faut, plus fondamentalement, une rénovation du bâti, afin que les ménages consomment moins d'énergie mais aussi la consomment mieux.

Les chiffres clé de la précarité énergétique : à la Réunion, la dépense principale des ménages, c'est le logement, de par le coût du loyer auquel s'ajoutent les factures d'énergie et d'eau. Pour les pauvres, ceux qui gagnent moins de 1 000 euros par mois, en France et à La Réunion, le budget du logement atteint 60 % des dépenses totales.

En France, 8 millions de logements sont considérés des passoires thermiques. Cette évaluation n'existe pas à La Réunion. Au total, pour l'ensemble de la France, 12 millions de personnes sont touchées par la précarité énergétique, qui ne sont plus en mesure de payer leurs factures. Cela ne tarde pas à avoir des incidences sur la santé de ces personnes.

Un peu plus de 300 000 personnes vivent en-dessous du seuil de pauvreté à La Réunion.

17 000 logements sont recensés comme étant indignes.

114 ménages sont éligibles au chèque-énergie - entre 50 et 150 euros - qui est déployé à La Réunion principalement pour le paiement des factures EDF. On ne dispose pas de réponse quant à l'utilité effective de cette prestation sociale en matière de sortie de la précarité énergétique.

Au niveau du conseil départemental, un peu moins de 3 000 ZEP se sont qualifiés pour des aides concernant les fluides, pour des montants moyens de 185 euros.

Ce sont des montants qui sont importants mais on ne sait pas comment cela a effectivement un impact dans la vie des ménages. Ces chiffres sont essentiels, si on veut avoir des politiques à la hauteur des enjeux.

Au niveau de la FAB, les interventions au niveau national sont menées à travers une plateforme qui s'appelle Rénovons. Il s'agit d'une vaste alliance regroupant les forces vives de la société civile française, au sens large, engagées en faveur de l'efficacité énergétique grâce à la rénovation énergétique des logements.

JOUR 2

10 avril de 9h-09h20

Introduction de Véronique Espitalier-Noël, Chargée de mission à la COI

Au lancement des travaux techniques du Forum, la chargée de mission a tenu à faire le point sur le programme COI-ENERGIES, financé par l'UE, à hauteur de 15 millions d'euros et qui concerne les quatre pays ACP de la COI. La Réunion est associée au programme à travers ses propres financements et à travers le FEDER.

- Une des réalisations les plus emblématiques de ce programme, ce sont les contrats de subvention qui ont été signés, cela aboutissant à des projets concrets de production d'électricité à base d'énergies renouvelables. La communication de Mme Espitalier-Noël a aussi comporté la présentation d'un film faisant valoir trois initiatives de production énergétique à base de renouvelables, à Rodrigues (dessalement d'eau de mer par osmose inverse, dispositif à alimentation photovoltaïque), aux Comores (à Anjouan, favorisant l'usage de cuiseurs ne provoquant pas le déboisement) et à Madagascar (la formation de quatre femmes en Inde, au Barefoot College du Rajasthan). Cela illustre ce que le programme COI-ENERGIES apporte à nos îles, à destination prioritairement de leurs habitants.

« *Voilà trois exemples de ce que la COI peut faire, et a pu faire, en matière de projets concrets de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables* », a commenté la chargée de mission qui précisait que la COI apporte 50% du coût de ces projets, le porteur investissant les 50 % restants.

- Le deuxième type d'intervention concerne le renforcement des compétences des institutions des Etats membres. Par exemple le Master Plan des Seychelles, actuellement en cours, les formations proposées.
- Troisième type d'action : la constitution d'outils d'analyse et de connaissance en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Par exemple, la base de données solaire-éolienne (IOSNet), actuellement en phase de constitution, avec l'Université de La Réunion, pour être ensuite communiquée aux usagers, notamment pour ce qui est de l'ensoleillement.
- Quatrième axe : la sensibilisation et la communication. Des opérations régionales et nationales ont été menées. Au niveau régional, on aura noté une pièce de théâtre présenté dans les cinq îles, de même que la tournée d'un vélo solaire. Des journalistes - dont certains de Madagascar et des Comores - ont aussi été formés.

La COI a utilisé l'expérience de Business Mauritius et du ministère mauricien de l'Energie pour s'inspirer du Programme (mauricien) d'efficacité énergétique en vue le régionaliser, afin de développer un Programme régional d'efficacité énergétique. Cela est aussi un exemple typique de coopération régionale.

La COI et la région ont tenté aussi d'associer un maximum de jeunes de diverses manières à ce forum. « *Ils sont l'avenir de nos îles et l'avenir de la transition énergétique* », a conclu Véronique Espitalier-Noël, avant de passer la parole à Catherine Edwige, commissaire à la CRE.

Catherine Edwige, Commissaire à la Commission de régulation de l'énergie (CRE), membre du Collège des commissaires

Le Rôle du régulateur : consultation sur les grands enjeux et rôle de stimulation pour aller vers une économie décarbonée

L'intervenante propose un plan en quatre volets :

- 1) Les zones non interconnectées (ZNI), terres d'élection de la transition énergétique ;
- 2) Les missions de la CRE dans les ZNI ;
- 3) Le soutien aux ENR dans les ZNI ;
- 4) Les recommandations de la CRE pour les ZNI.

Les ZNI recouvrent la Corse et l'ensemble ultramarin français. Leur mix énergétique reste très carbonné. Toutefois, si des îles comme la Martinique ou Mayotte ont encore plus de 90 % de thermique dans leur mix énergétique, un territoire comme la Guyane, riche en eau, n'est qu'à 50 % de thermique, ayant depuis longtemps compté une large part d'hydraulique.

Dans l'ensemble des ZNI, la part du thermique est passée de 78 % en moyenne en 2002 à 65 % en 2017.

En moyenne à 226 euros MWh en 2017, le coût de production dans les ZNI est élevé. Par ailleurs, le marché de l'électricité n'y est pas ouvert. En revanche, au titre de la solidarité nationale, il existe une formule de péréquation tarifaire. En 2019, cette dernière devait recueillir 2 milliards d'euros.

• La CRE exerce un certain nombre de missions dans les ZNI, parmi lesquelles :

- a) le calcul des charges de service public de l'énergie (SPE) supportées par EDF SEI, EDM, et EEWF dans le cadre de leurs missions de service public ;
- b) la mise en œuvre du soutien aux EnR ;
- c) l'évaluation et l'approbation de la compensation afférente aux projets de contrats de gré à gré entre un porteur de projet et le fournisseur historique, cela effectué au niveau des :
 - Centrales de production
 - Solutions de maîtrise de la demande d'électricité (MDE)
 - Installations de stockage d'électricité
- d) Audits des sites de production et des coûts des filières ;
- e) Proposition des tarifs réglementés de vente de l'électricité depuis 2016 ;
- f) Avis sur diverses dispositions réglementaires ;
- g) Approbation de la compensation des études des projets d'approvisionnement électrique.

• Dans les ZNI, la CRE met en œuvre son soutien aux EnR. Cela porte sur la mise en œuvre des appels d'offres EnR, dont des avis sur le cahier des charges élaboré par le ministre.

La CRE fait aussi des recommandations pour les ZNI. A ce titre, elle peut requérir de :

- Renforcer la gouvernance pour assurer un traitement efficace des enjeux du système électrique ;
- Planifier rigoureusement les évolutions futures du système électrique ;
- Prendre en compte dans les PPE l'impact des actions de MDE ou de stockage ;
- Définir dans les PPE les besoins en matière de stockage ;
- Revoir les objectifs de développement de la filière biomasse en fonction des ressources disponibles ;
- Soutenir le développement d'une filière énergétique locale ;
- Mettre en place des références de prix administrées de la biomasse énergie ;
- Inclure dans les PPE des prescriptions explicites en termes de spatialisation et de technicité, établies par le gestionnaire de réseau ;

- Quantifier l'impact CSPE que créent les objectifs locaux de politique énergétique, supportés par l'ensemble de la collectivité nationale ;
- Assurer un fonctionnement efficace du système électrique ;
- Déterminer un cadre de régulation visant à inciter le gestionnaire de réseau à maîtriser ses coûts et à améliorer la continuité d'alimentation des utilisateurs ainsi que sa qualité de service ;
- Déterminer un cadre de régulation visant à inciter les opérateurs historiques à procéder à un appel efficace des moyens de production, en respectant la préséance économique ;
- Poursuivre les travaux de maîtrise de la demande électrique et d'envoi de signaux tarifaires aux consommateurs, pour maîtriser les charges de service public et les émissions de gaz à effet de serre ;
- Poursuivre le financement par les charges de service public des actions de MDE ;
- Veiller à une meilleure application de la réglementation thermique ;
- Travailler à un cadre de développement des véhicules électriques, incitant les utilisateurs à les recharger (voire injecter) sur le réseau en dehors des heures de pointes.

Table-ronde 3 : Vers un nouveau paradigme énergétique dans les Etats insulaires : 2025, une étape décisive

Animation : Simon Benmarraze, responsable de programme, Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA)

La stratégie de déploiement des énergies renouvelables dans les pays insulaires : tendances observées par l'IRENA

Simon Benmarraze, responsable de programme, Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA)

160 Etats-membres de l'IRENA. Dispose d'un programme spécifique pour le PEID, cela vise à les connecter à des sources de financement. Dans la région, il y eut des représentants des Comores, de Maurice, des Seychelles à une rencontre de l'IRENA, Madagascar étant en accession. Le staff de l'IRENA compte environ 160 personnes.

Le centre d'innovation et de technologie de l'IRENA propose à ses adhérents de :

- Planifier des feuilles de route technologiques et sectorielles afin de doubler les parts des EnR ;
- Faciliter le développement de projets bancables d'EnR ;
- Fournir des recommandations stratégiques et des perspectives technologiques ;
- Analyser les coûts de génération de renouvelables et les indicateurs de compétitivité.

Au niveau mondial, plus de la moitié des nouvelles capacités électriques sont des énergies renouvelables. Les mentalités changent, en termes de planification des infrastructures. Ce changement est dû à une baisse drastique des coûts, notamment du photovoltaïque et de l'éolien. Les énergies renouvelables deviennent un moyen de moins en moins coûteux de répondre aux nouveaux besoins en matière d'approvisionnement électrique.

Les principales technologies liées aux énergies renouvelables dans les îles (projets solaires, bioénergies, hydro-électricité ou éoliens se situent avantageusement dans la fourchette des coûts de production de

l'électricité d'origine fossile. L'ARENA n'a pas de préférence en matière de technologie, il s'agit d'aider les pays à choisir la plus pertinente pour leur réalité. Il faut seulement investir plus rapidement dans les technologies. En effet, les renouvelables :

- Stimulent la croissance mondiale : les EnR provoqueront un gain d'un point du PIB mondial en 2050 ; de 2015 à 2050 auront, elles auront provoqué une création de valeur 52 billions de dollars (52 Tera dollars, $5,2 \times 10^{13}$ dollars) ;
 - Améliorent le bien-être : des bienfaits de santé, d'environnement et climatiques que le PIB ne sait pas mesurer ; une économie cinq fois supérieure aux coûts additionnels de la décarbonation.
 - Créent des emplois : de 10,3 millions de salariés aujourd'hui, les renouvelables fourniront du travail, en 2050, à 28,8 millions de salariés. Les créations d'emplois seront supérieures aux pertes d'emplois dans le secteur fossile, lorsqu'ajoutées aux emplois procurés par l'efficacité énergétique.
- Pour atteindre ces résultats, davantage d'investissements sont requis :
- Jusque trois fois (3X) plus d'investissement dans les EnR ;
 - Une augmentation nette de 770 milliards de dollars d'investissement chaque année, en comparaisons des plans actuels.

Un nombre de facteurs positifs permettent aux PEID de planifier l'intégration de l'énergie renouvelable dans leurs sources d'approvisionnement en électricité : le coût élevé des combustibles importés ; la disponibilité locale de ressources énergétiques renouvelables ; les avantages environnementaux et sociétaux ; le soutien politique global au développement de stratégie durables.

Mutation du secteur électrique dans les îles non interconnectées (ZNI) et gestion des données (Open data)

Vincent Levy, chef du service Système Electrique, EDF Réunion

Impact des énergies intermittentes sur un système électrique. On a aussi des leviers pour préparer cette transition énergétique : Smart Grids, digitalisation, etc.

Programmation pluriannuelle de l'énergie - 50% visé en 2020, 100 % en 2030. : 2016-2023 ; une autre programmation en cours de finalisation : 2019-2028.

Deux leviers principaux pour assurer la transition énergétique : développer des énergies renouvelables, minimiser la consommation.

Les centrales du futur seront fondamentalement différentes de celles du passé. Hier, il s'agissait de production centralisée, en général des machines tournantes, apportant un certain nombre de garanties à un système électrique. Demain - et dès aujourd'hui déjà, les productions sont décentralisées, réparties partout sur le territoire ; elles ne sont pas commandables. Avec l'éolien, le photovoltaïque, ce concept disparaît. Cela induit d'autres façons de piloter un réseau électrique.

Ces centrales-là, elles ont d'autres caractéristiques extrêmement vertueuses, notamment leur capacité de produire de l'énergie sans carbone.

Troisième point qui change complètement la gestion de nos systèmes : l'apport du numérique qui offre des leviers permettant de relever bon nombre de défis. C'est l'apport des automates, les objets connectés, la fibre optique, etc. plein d'outils qui nous permettront demain d'arriver à faire face à ces changements.

Nous avons un certain nombre de caractéristiques des énergies non synchrones : l'irrégularité et la variabilité de la source, l'intermittence. Il faudra trouver un équilibre entre les diverses sources reliées au réseau.

Selon la présentation de l'intervenant, il serait possible, à La Réunion, d'arriver à un mix majoritairement renouvelable en 2020, cela en augmentant les possibilités d'intégration de la production intermittente non garantie. A cette fin, il convient de mettre en place :

- des solutions « réglementaires » : meilleure tenue des centrales intermittentes aux excursions de tension et fréquences ;
- des solutions « smart » : optimisation de production, délestage, prévision photovoltaïque et éolien, soutien dynamique de fréquence et de réglage (batteries centralisées, etc.)

En répartissant la production électrique entre les différentes filières (photovoltaïque, biomasse, éolien, hydraulique, etc.)

En maintenant ou mettant en place des moyens de flexibilité : centrales « dispatchables », stockage, pilotage d'une partie de la consommation.

Programme régional d'efficacité énergétique : actions engagées

Mickael Apaya, chef du Project Management Unit (PMU), Business Mauritius

Le succès reconnu, à Maurice, du Programme national d'efficacité énergétique (PNEE), conçu et piloté par Business Mauritius, a provoqué l'intérêt des îles de la région et de la COI, cela occasionnant la conception d'un Programme régional d'efficacité énergétique (PREE), le modèle mauricien adapté aux réalités des Comores, de Madagascar et des Seychelles.

La COI et Business Mauritius ont signé une convention prévoyant, pour le PREE, un partage d'expérience, de méthode et de process du PNEE mauricien avec l'organisation régionale ; un renforcement du réseau d'opérateurs privés au niveau régional sur la thématique de l'efficacité énergétique ; la constitution et la coanimation de comités nationaux et d'un comité régional Public-Privé ; la perpétuation de la synergie entre parties prenantes : public-privé-bailleurs.

- A Maurice, de juin 2018 à mars 2019, le PNEE s'est livré à une cartographie de la consommation d'énergie des PME ;
- A Madagascar, de 2017 à ce jour, un comité de pilotage a d'abord été constitué, cela suivi, en 2018, par une cartographie de l'efficacité énergétique et, l'année suivante, tant d'un plan d'action que de la constitution d'un comité public-privé. Le même schéma a été suivi aux Seychelles, sauf que la cartographie a précédé la constitution du comité de pilotage.
- Aux Comores, la constitution du comité de pilotage et la cartographie de l'EE ont eu lieu en 2018, le plan d'action et le comité public-privé voyant le jour en 2019.

Premiers résultats régionaux

	Maurice (grandes)	Maurice (Petites)	Seychelles	Madagascar	Comores
Nombre d'entreprises consommatrices	650	1 400	110	300	En cours
Facture énergie cumulée	200 M€	14 M€	65 M€	40 M€	En cours
Potentiel d'éco	15%	14%	10%	17%	En cours
Gains financiers	30 M€	2 M€	6,5 M€	7 M€	En cours

Les audits énergétiques conduisent aussi à s'interroger sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Cela conduira à la création, au niveau régional, d'un guide thermique. Il s'agira de déterminer comment utiliser le process PREE pour susciter l'adhésion des parties concernées à ce guide.

Raj Makoond et Mickael Apaya, respectivement président du Comité régional de Business Mauritius sur l'énergie et Chargé de mission énergie auprès de la même instance entrentvoient, à l'avenir, au niveau régional, une évolution comportant les étapes suivantes :

- l'engagement des institutions du privé ;
- une cartographie des gros consommateurs ;
- un comité de pilotage public-privé ;
- l'adoption d'un projet pilote ;
- un programme national – une dynamique régionale.

Etude de cas d'un pays insulaire confronté aux défis du changement climatique : les Maldives

Simon Benmarraze, responsable de programme, Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA)

La République des Maldives est un pays archipelagique d'Asie du Sud, constitué de 1 199 îles dont 202 sont habitées. Une distance de quelque 600 km sépare Malé, la capitale des Maldives, au sud de l'Inde. La superficie des terres émergées est de 298 km² mais elles sont disséminées sur une superficie extrêmement vaste, de presque 90 000 km².

Avec une population de moins de 500 000 habitants, les Maldives accueillent plus d'un million de touristes chaque année.

Le choix des énergies renouvelables offrirait aux Maldives des coûts d'électricité moins élevés que ceux du thermique à base fossile. Ce pays est toutefois confronté à quelques défis, du fait que les options d'EnR identifiées ne permettent pas d'atteindre les objectifs politiques, notamment en matière de neutralité carbone et de tout renouvelable. Les solutions technologiques, quant à elles, font entrevoir l'interconnexion entre les îles, des plateformes photovoltaïques flottantes, des technologies d'EnR non électriques.

La International Renewable Energy Agency (IRENA) soutient le développement des énergies renouvelables aux Maldives. Cela est passé, entre autres, par l'examen des divers rapports, plans d'investissement et études portant sur les énergies dans l'archipel. Cela suggère, entre autres :

- l'intégration des énergies renouvelables dans la région du Grand Malé (rapport Deloitte) ;
- l'intégration de l'énergie solaire photovoltaïque aux Maldives (Banque africaine de développement) ;
- une étude de préféabilité d'interconnexion de câbles sous-marins ;
- le déploiement d'EnR doit être techniquement réalisable mais aussi économiquement optimal ;
- le déploiement de PV actuellement est limité aux toitures publiques ;
- l'encouragement des investissements privés augmenterait considérablement le potentiel des EnR ;
- des systèmes de soutien et/ou des mécanismes de marché permettraient aux propriétaires privés de récupérer leurs investissements/générer des bénéfices.

Il est nécessaire de relier les centres de demande aux sites de génération des renouvelables. Cela comporte certaines contraintes : les études existantes n'examinent pas le déploiement à grande échelle des réseaux d'EnR ; la puissance déployée est actuellement de 45kWc alors que le potentiel estimé est de 150MWc. Avec cette puissance installée, le coût serait de 0,20 USD/kWh.

Les solutions envisagées sont :

- l'utilisation de chauffe-eau solaires et la climatisation à l'eau de mer ;
- l'importation de biodiesel pour les générateurs existants ;

- l'importation de biomasse solide, destinée à de nouvelles centrales à vapeur.

Il existe divers projets et propositions susceptibles d'accélérer les investissements privés dans les énergies renouvelables aux Maldives :

- 1) un de ces projets prévoit des garanties de la Banque mondiale pour mobiliser les investissements privés. Cela devrait porter sur :
 - des projets PV dans le Grand Malé ;
 - des projets photovoltaïques et éoliens dans 30 îles à demande d'électricité moyenne à importante ;
 - la valorisation énergétique des déchets dans les îles périphériques.
- 2) le projet POISED, financé par la Banque africaine de développement (BAD) vise à préparer les îles périphériques au développement énergétique durable, dont des projets photovoltaïques et éoliens visant 20-100% d'électricité renouvelable
- 3) une assistance technique pour l'extension des énergies renouvelables et portant sur :
 - la capacité des bâtiments ;
 - la collecte de données; l'identification de nouvelles opportunités d'investissement dans les énergies renouvelables ;
- 4) le projet de valorisation énergétique des déchets de Thilafushi : système de 4 MW.

Session après-midi du 10 avril

Atelier 1 : Tertiaire et MDE : Analyse de la demande, instrumentation, choix de solutions EE

Animation : Sandy Herbillon, Chef du service de l'efficacité énergétique, EDF

- Quelques chiffres et informations données par l'animatrice : le secteur tertiaire à La Réunion représente environ 35 % de la consommation électrique de l'île ;
 - Les usages les plus énergivores dans ce secteur sont la climatisation, le froid alimentaire, les process du froid dans le non alimentaire et l'éclairage ;
 - La consommateur dans le secteur tertiaire va dépendre de plusieurs variables : le type d'activité, les heures, le niveau d'équipement, la vétusté de ses équipements, la surface des bâtiments, le mode et le niveau d'occupation, les comportements aussi, sans oublier le poids du climat à La Réunion ;
- Tous les éléments ci-dessus vont dimensionner le niveau de la consommation électrique et sont à prendre en compte dans la mise en œuvre des actions d'efficacité énergétique. Les intervenants de cette table ronde présentent des exemples d'action ou d'outils susceptibles d'être mis en œuvre dans le tertiaire pour maîtriser la demande en électricité et réduire la facture énergétique.

Schéma directeur d'un grand site tertiaire : le site aéroportuaire Roland Garros à La Réunion

Marc Delanoe, directeur technique de la Société Aéroportuaire de La Réunion et Samy Labeyrie - ARTELLA Eau et Environnement

Delanoe (ARRG) : En 2012, la stratégie de maîtrise d'énergie a été dessinée ; en 2013, on a réalisé un audit de performance énergétique qui nous a permis de mettre en exergue une quantité non-négligeable de KWh

qui étaient perdus ou, en tout cas, optimisables ; en 2014, l'aéroport a obtenu une certification ISO 50001, le premier aéroport de France à l'obtenir

Les chiffres en quelques mots : l'aéroport Roland Garros, c'est 60 % de l'énergie consommée qui sert à produire du froid, ce qui est élevé. L'exercice a permis, en deux ans et demi/trois ans, de réduire la facture énergétique de 20 %, en partant d'une facture d'un million à 1,2 million d'euros par an.

Une étude est actuellement menée sur une manière économe de produire du froid. Il a fallu se poser quelques questions sur les besoins réels en froid et la capacité de le produire à moindre coût.

LABEYRIE (ARTELIA) : Les deux grandes parties de l'étude : un travail d'audit et d'instrumentation pour bien connaître le site et, en deuxième partie, un exercice de compréhension d'un grand nombre de solutions et de scénarios de production du froid, afin de faire, finalement, le choix le plus pertinent.

Cette étude a bénéficié du soutien de l'ADEME-Réunion et EDF-Réunion.

Les principes de performance en matière de climatisation impliquent de suivre certaines pistes de questionnement :

- Qu'est-ce qui permet de limiter les besoins (MDE, bioclimatisme) ?
- Qu'est-ce qui améliore la performance technologique (compresseurs, pompes de distribution) ?
- Est-il envisageable de modifier la ressource froide ?
- Quels sont les rendements énergétiques et le coefficient de performance ?

L'étude a démontré l'opportunité de solutions centralisées avec un mix énergétique à coûts variables. Ainsi, l'eau de mer répond aux besoins de base en matière de froid, alors que des usages mixtes air-eau plus conventionnels répondent aux pointes de demande. La fourniture de base – à peu près 80 % de la prestation – est à coût énergétique plus faible, alors que la fourniture d'appoint, elle, est à coût énergétique plus élevé. Les investissements pour ces différents niveaux de fourniture de froid seront forcément différenciés.

A l'occasion de l'étude, 12 solutions ont été examinées, dont la climatisation à partir de l'air, des nappes d'eau souterraines, des systèmes de stockage de glace ; également considérée : la production solaire photovoltaïque en compensation de la consommation électrique.

Sept scénarios ont été retenus et étudiés plus en détail. Ils se distinguent en deux grands groupes :

- les solutions centralisées (dont les groupes froid standards avec tours fermées ; les groupes froid à paliers magnétiques avec tours fermées et les groupes froid à paliers magnétiques avec condenseurs évaporatifs)
- les solutions décentralisées (parmi lesquelles la géothermie marine avec 500 m³/h de débit maximal dans le réseau de froid ; la géothermie optimisée avec 250 m³/h de débit maximal dans le réseau de froid et groupes froids à paliers magnétiques et géothermie associée au stockage, avec 500 m³/h de débit maximal dans le réseau de froid).

L'étude démontre que, dans le contexte de la concession aéroportuaire de Ste-Marie, les solutions décentralisées sont les plus avantageuses.

POINT DE VUE DE L'ARRG : la société aéroportuaire travaille aujourd'hui sur une solution de SWAC (*Sea Water Air Conditioning*, Climatisation à l'eau de mer), telle qu'elle avait été étudiée sur la partie nord de l'île. L'aéroport est très sensible à ce qui est en cours de réalisation à l'Hôpital de St-Pierre. Les études se poursuivent. En attendant la solution la plus satisfaisante environnementalement.

Analyse de la demande et maîtrise des installations de climatisation dans quatre sites tertiaires à la Réunion – projet SWACool

Floriane Mermoud, directrice de GREEN TECH

Brève présentation de GREEN TECH, petite société ayant trois activités principales :

- l'accompagnement en efficacité énergétique ;
- des audits énergétiques instrumentés ;
- des projets de recherche.

Le projet SWACool est parti d'un questionnaire : comment interfacer tous ces bâtiments au projet SWACNord évoqué lors de la précédente présentation. Comment intégrer les bâtiments à ce nouveau projet de réseau de froid vertueux. Au final, les opérateurs auront retenu l'ambition de mieux travailler sur la distribution de froid dans les bâtiments. Les projets de recherche ont été réaxés sur ces aspects-là.

SWACool réunit quatre partenaires, trois à La Réunion et un en France hexagonale, avec un financement de l'ADEME. Quatre sites ont été instrumentés à La Réunion et trois à Marseille (réseau Thassalia). Ce sont tous des sites qui fonctionnent avec une climatisation à eau glacée. Les équipes ont pu mesurer :

- la demande de froid ;
- les consommations électriques en lien avec la climatisation (production, distribution, terminaux) ;
- les températures ;
- la météo.

Après un an d'observation et de modifications/optimisation de la distribution de froid, sur quatre sites, les observations suivantes sont effectuées :

	CHU PFME	Datacenter SFR	Fac de lettres	CAF
profil dim	365 jr/an 24h/24	365 jr/an 24h/24	coupure hivernale et en inoccupation (nuit, we et vacances scolaires)	coupure en inoccupation (nuit et we)
construction bâtiment	2012	2000	1997	2001
surface climatisée	22000 m ²		1755 m ²	1260 m ²
puissance froid installée	3270 kWf	490 kWf	396 kWf	100 kWf
production	-3 groupes froid (condensation sur eau refroidie via drycooler)	-2 groupes froid	-2 groupes froid	-1 groupe froid -CTA à détente directe pour l'air neuf (+20 kWf) -2 ventilo-convecteurs à détente directe
distribution eau glacée	débit variable	débit fixe	débit fixe	débit fixe
débit nominal distribution	1428 m ³ /h	66 m ³ /h	130 m ³ /h	17 m ³ /h
terminaux	-CTA -ventilo-convecteurs	-armoires de traitement d'air pour les amoirs de données -autres petits émetteurs pour les autres pièces	-2 CTA -des ventilo-convecteurs	-ventilo-convecteurs -CTA (air neuf)
secours	-1 groupe froid supp	-1 groupe froid supp -armoires à détente directe		

Pour prévenir les effets du surdimensionnement (du fait qu'on ne connaît pas bien la demande) : tenir compte des bonnes pratiques ; considérer l'installation dans son ensemble ; installer un variateur de puissance sur les groupes froid : choisir des pompes de distribution à débit variable.

Implantations de structures communicantes pour l'accès aux données et leur traitement

Rudy Grondin, directeur technique, société Demandside Instruments (La Réunion)

L'optimisation énergétique fait partie de l'ADN de Demandside Instruments. Le fait d'instrumenter un site représente un tournant très important de la transition numérique, sur lequel il faut pouvoir capitaliser car il ne s'agit pas uniquement de quantifier des données, cela permettant, entre autres de piloter le site à distance.

La présentation sera en trois parties :

- les domaines techniques de l'optimisation énergétique ; vue macroscopique et synoptique des outils techniques impliqués ;

- L'IoT comme catalyseur d'innovation ; comment s'intègrent les nouvelles technologies et l'IoT dans ces secteurs? Quels sont les freins et les défis technologiques?

Démarche pragmatique, sobre et pérenne ; comment structurer sa méthodologie pour une intégration efficace, utile et pérenne des outils technologiques supports de la croissance verte?

L'efficacité énergétique est une problématique qui comporte trois volets :

- financier : optimisation des coûts
- écologique : démarche de gestion sobre des ressources
- opérationnel : maîtrise du système et de sa durabilité/disponibilité

Ces trois objectifs font émerger un besoin commun, un besoin de visibilité et la possibilité de piloter l'optimisation recherchée, soit mesurer et agir.

Si l'on définit l'Internet des objets - Internet of Things, IoT - « l'ensemble des technologies permettant d'interagir de manière informatisée avec un ensemble d'appareils d'ordinaire déconnectés », il apparaît que l'IoT offre des possibilités inédites en termes d'optimisation, devenant aussi un catalyseur de l'efficacité énergétique :

- nouveaux scénarios intelligents ;
- amélioration de la granularité des mesures ;
- performance accrue des outils d'optimisation (réactivité et rendement).

Il y a par ailleurs trois domaines techniques qu'il est nécessaire de mettre en œuvre:

- la mesure et l'action sur des équipements de terrain ;
- l'analyse et la restitution des données ;
- l'algorithmie d'optimisation et de suivi proactif.



Aujourd'hui, cette connectivité ne coûte pas grand-chose, à peu près un euro par mois, par objet, avec des remontées de données de 140 messages de 10 octets par jour.

- Animatrice : On a parlé de données, on a parlé d'éviter le surdimensionnement des équipements, on a parlé de la nécessité de bien mesurer la demande, de bien choisir la solution la plus adaptée et pertinente, il est possible de penser que le sujet autour du contrat de performance énergétique va synthétiser toutes ces informations ...

Projet de Contrat de Performance énergétique : Leader Price de Saint LEU

Stéphane Elbahtari, directeur de l'Agence Réunion et Mayotte, GreenYellow

La société Green Yellow pratique, en parallèle, quatre métiers :

- la production photovoltaïque décentralisée, avec quelque 115 centrales en opération, pour une puissance installée de 190 MWc, dont 70 dans l'océan Indien ;
- la consultance et l'intervention en entreprise en matière d'efficacité énergétique, avec plus de 1 500 contrats de performance ; 600 GWh d'économies garanties ;
- Acteur référent de l'autoconsommation électrique solaire (en adéquation avec les actions MDE), pour les entreprises et les collectivités ;
- Depuis 10 ans, des services liés à l'énergie, dédiés aux entreprises ; optimisation de l'achat d'énergie, fourniture agréée d'électricité à des particuliers.

Selon l'écosystème d'efficacité énergétique proposé par Green Yellow, les clients – candidats à l'audit de leurs installations – n'investissent pas pour l'acquisition d'équipements plus efficaces. En mesure de garantir la réduction de consommation envisagée, Green Yellow estime l'économie plausible - entre 20 et 30 % de la facture énergétique - et se rémunère, pendant les huit ans de durée du contrat, en partageant à parité, avec ses clients, les montants économisés.



Mise en place et suivi d'un CPE : travaux, exploitation et monitoring .

Green Yellow propose ses prestations à des opérateurs de secteurs aussi divers que l'exploitation agricole, l'industrie, le tertiaire, la grande distribution, la santé et les collectivités. Les domaines d'intervention technique sont la climatisation, l'eau chaude solaire, le froid commercial/industriel, l'isolation, les luminaires, le pilotage de bâtiments.

LE CPE : UNE FORMULE GAGNANT-GAGNANT

- 20 à 30% d'économie d'énergie réalisées et garanties contractuellement ;
- des gains garantis dès la première année

- GreenYellow assure et garantit la performance dans la durée grâce notamment au monitoring des consommations ;
- engagement de 3 à 8 ans, suivant l'investissement de Green Yellow.

Dans le cas du Leader Price de St-Leu, unité de distribution de 1 400 m², l'intervention de Green Yellow a valu une baisse de consommation de 21 % au client, passant d'une consommation de référence de 848 MWh/an à 670 MWh/an, cela occasionnant une économie de 4 500 €/an. Cette performance a nécessité :

- l'Installation de portes sur les meubles froids verticaux ;
- la régulation du dégivrage ;
- le paramétrage des centrales de production de froid (HP/BP) ;
- la mise en place de tubes LED dans le magasin, les réserves et les meubles froids ;
- la régulation de la climatisation ;
- l'optimisation de la consommation d'électricité la nuit ;
- la mise en place d'une GTC (Gestion Technique Centralisée).

Instrumentation de sites tertiaires ; quelles avancées techniques

Jean-Michel Quevauvilliers, directeur général de ETMS à Maurice

(Applications IoT en maîtrise de l'Energie chez quelques PME à Maurice)

L'opération à laquelle la société mauricienne EMTS a apporté son expertise technique était un projet pilote de Business Mauritius, financé par Switch Africa Green. L'objectif était d'accorder une assistance technique et financière à 11 PME, ainsi qu'un module de formation, pour les aider à réduire leur consommation énergétique.

Suite à un appel de candidature national auprès des PME et un appel d'offres pour ce qui est des consultants, des audits énergétiques de niveau 2 ont été effectués dans les entreprises concernées, sur une durée de deux mois, de la mi-août à la mi-octobre 2018.

Les procédures mises en place ont porté, à titre d'exemple, sur :

- la surveillance des températures négatives d'une chambre froide ;
- le calcul du coût de la part énergétique dans celui d'un repas ;
- une procédure de check out.

Ci-dessous un tableau récapitulatif des résultats de MDE proposés :

	Electricité					Thermique			
	Consommation Annuelle		Economies à réaliser			Consommation Annuelle		Economies à réaliser	
Ref	kWh	MUR	kWh	%		kWh	MUR	kWh	%
1	30,659	165,559	13,015	42.5%					
2	23,072	230,951	4,002	17.3%					
3	58,944	480,612	17,391	29.5%					
4	37,137	153,055	0	0.0%		27,522	378,221	3,047	11.1%
5	24,648	132,879	0	0.0%					
6	1,305,105	4,628,148	99,274	7.6%					
7	38,017	380,550	6,764	17.8%					
8	8,298	83,184	0	0.0%					
9	23,969	239,930	1,154	4.8%					
10	264,111	995,161	17,902	6.8%		797,330	1,652,050	79,733	10.0%
11	3,969	24,917	1,100	27.7%		7,875	13,500	6,903	87.7%
	1,817,929	7,514,945	160,602	8.8%		832,727	2,043,771	89,683	10.8%
	EUR	189,055				EUR	51,416		

Type de mesures	% des gains estimés
Eclairage	39.2%
HVAC	33.7%
Chambres froides & réfrigérateurs	11.7%
Fours	11.1%
Gestion de la demande de consommation	3.6%
Séchage	0.6%

Atelier 2 : Le secteur diffus : des efforts au cœur de la promotion des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique

Animation : Fredy Rajaonera Andriambelo, président du Syndicat des industries de Madagascar

Actions d'efficacité énergétique dans le secteur diffus : comment prioriser les actions à engager avec les soutiens utiles

Sandy Herbillon, chef du service efficacité énergétique EDF Réunion

Contexte et préalable : les enjeux de l'efficacité énergétique à La Réunion. Pour trois raisons : l'équilibre entre l'offre et la demande, soit maîtriser la demande d'électricité. L'EE est un levier dans la transition énergétique, pour aider à l'intégration des EnR dans le mix énergétique. Cela, par ailleurs, pollue moins et, ainsi, contribue à la réduction des émissions de CO₂. Enfin, toutes ces actions d'EE contribuent au développement du territoire puisqu'elles impliqueront de lutter contre la précarité énergétique et aideront aussi, au niveau économique, à travailler autour de l'EE.

Cadre réglementaire de ces actions : deux dispositifs :

- a) les certificats d'économie d'énergie (Programmation des opérations de la politique énergétique, loi POPPE) ; cela oblige tout vendeur d'énergie à faire réaliser des économies d'énergie à leurs clients.
- b) le cadre territorial de compensation ; à la Réunion, une île, il n'y a pas d'interconnexion avec d'autres réseaux. Par ailleurs la production est tributaire à 87 % d'énergies fossiles. Les systèmes sont deux à trois fois plus coûteux qu'en France hexagonale, même si le prix de l'électricité, pour le consommateur est le même partout, cela au titre de la péréquation de solidarité.

C'est grâce à cette péréquation tarifaire que cette politique de prix peut se mettre en place. Le prix de l'électricité est le même partout.

La loi de finances de 2012 a été élargie aux actions d'efficacité énergétique sur le territoire pour que les coûts supportés par EDF, le fournisseur historique, soient aussi intégrés dans les charges de service public. Ainsi les actions de maîtrise de l'énergie sont aussi compensées comme des charges de service public.

EDF dispose donc des charges de services publics pour engager des actions d'efficacité énergétique sur le territoire de La Réunion. La commission de régulation de l'énergie a établi un cadre pour bien réguler l'utilisation de ces charges de service public, définissant une méthodologie pour identifier les actions éligibles.

Avec ces deux cadres (les certificats d'économie d'énergie et la compensation territoriale), les « petites » actions de MDE à La Réunion, dans le résidentiel, sont :

- le soutien (financier) ou le choix d'un équipement moins énergivore pour la production d'eau chaude (jusqu'à 40 % de la facture d'électricité) ;
- l'enveloppe du bâti, avec des solutions économes pour réduire ou éviter l'utilisation de la climatisation ;
- le remplacement des équipements par une climatisation plus performante ;
- l'aide au choix judicieux en matière d'électroménager.

Au cours de la période 2018-2023, soit sur cinq ans, l'EDF prévoit des gains (consommation évitée) de 318 GWh/an. Cela est basé sur des augmentations de 15 % du nombre de chauffe-eau solaires, de 61 % de

l'isolation thermique, de 50 % des ampoules LED, de 40 % des kits éco-solidaires. Par ailleurs 2 000 points lumineux LED sont prévus, de même que 200 projets financés.

SPL Energie Réunion / EDF : programme SLIME en faveur des ménages à faible ressource

Alin Guezello, président de la SPL Energie Réunion, et Jean-François Allin, directeur de la Transition énergétique à EDF Réunion

Présentation à deux voix de deux dispositifs – issus d'un partenariat entre la Région Réunion et EDF, pour atténuer la précarité énergétique.

- La précarisation atteint toutes les îles de la région mais, à La Réunion, on mesure que 42 % de la population vit en-dessous du seuil de pauvreté. L'argent et le pouvoir d'achat ne doivent pas être des freins, les solutions doivent viser une situation où tous les Réunionnais auront accès à l'énergie.
- Les dispositifs comprennent un accompagnement, une aide à l'équipement et un travail sur le bâti. Il s'agit de lutter contre l'habitat insalubre et réduire l'empreinte carbone des logements.

CEB : les ambitions du programme SSDG Net-Metering Scheme et Home Solar Project à Maurice

Chavan Dabedeen, directeur à la CEB (Maurice)

La génération distribuée, à Maurice, a connu une évolution au cours des huit dernières années :

- de 2010 à 2015, elle était fondée sur un tarif subventionné ;
- de 2015 à 2018, sur le principe de mesure nette; et,
- depuis 2018, sur le principe de la facturation nette.

Adapté uniquement à de petites unités, avec une capacité inférieure à 50KWc, le modèle subventionné a requis la prise en charge, aux frais du CEB, de l'unité de génération distribuée. L'électricité vendue au réseau entre Rs 15 et Rs 25 le KWh, cela était très attractif, avec des tarifs trois à cinq fois supérieurs à ceux de l'électricité.

L'objectif de cette très forte subvention était de provoquer une prise de conscience chez les destinataires du projet et susciter leur intérêt. Mais cela n'était pas soutenable financièrement ; cela ne profitait qu'au segment fortuné de la clientèle. De surcroît, après cinq ans, sur une provision de 5 MW, seulement 3,39 MW avaient été souscrits.

- Le deuxième système de génération distribuée proposait de comptabiliser les exportations et les importations d'électricité pour arriver, pour chaque poste productif, à une sorte de « balance commerciale électrique », débitrice ou créditrice selon le schéma de production/consommation du compte.

L'expérience a démontré que l'approche ci-dessous ne convenait qu'à des consommateurs dans le segment le plus solvable du marché. Après trois ans, la capacité installée avait atteint plus de 80 % du potentiel, 4,71 MW pour 5 MW provisionnés.

A partir de 2018, le dispositif conçu ciblait résolument les consommateurs les plus précarisés et vulnérables. Le projet reposant sur le principe de la facturation nette, en voie de mise en œuvre, comprendra :

- un Home Solar Project de 10 MW ;
- un projet d'énergie verte pour les PME, de 4 MW ;

- une offre de facturation nette de 5 MW.

Ce dispositif permet de surmonter les inconvénients des deux précédents modèles. Conçu pour être socialement, économiquement, techniquement et politiquement soutenable, le Home Solar System est considéré novateur.

Le Home Solar System fut annoncé lors du discours budgétaire 2016/2017, la mise en œuvre revenant au CEB.

Le CEB créa une filiale (CEB Green Energy Co. Ltd) pour la mise en œuvre du projet. 10 000 petites unités d'un KWc, connectées au réseau, seront installées. La phase pilote pour 1 000 d'entre elles est déjà terminée. Le *Abu Dhabi Fund for Development* (ADF) financera 50 % du projet à des taux concessionnaires. Par une levée de fonds de capital investissement ou par endettement, le CEB financera l'autre moitié.

Projet BAOBAB+ : distribution de systèmes solaires domestiques pour les foyers malgaches avec solutions de micro-crédits

Olivier Mutsaerts, directeur de BAOBAB + (groupe Microcred)

L'association Baobab+ entend rendre accessible l'énergie solaire au plus grand nombre de foyers malgaches, notamment en zones rurales, notamment grâce à des facilités de paiement adaptées.

Ayant pour principe la volonté de soustraire la barrière du prix pour l'accès au solaire, les objectifs stratégiques de l'association sont :

- équiper 150 000 foyers de produits solaires au moyen d'une approche novatrice ;
- développer une offre de produits adaptée et accessible à tous ;
- avoir recours au microcrédit et à la monétique cellulaire pour faciliter l'identification des bénéficiaires ;
- développer une technologie reliant les batteries solaires via une carte SIM GSM, un câble ou système à code
- développer des campagnes de communication, d'information et de sensibilisation auprès des populations cibles sur l'intérêt et les bénéfices de l'énergie solaire ainsi que des démonstrations/formations à son utilisation.

Les produits sont divers et déclinés selon les besoins et ressources de leurs utilisateurs. Leurs succès respectifs donnent aussi une indication de la sophistication et de la solvabilité du marché : 28 500 lampes simples PICO ont été écoulées ; 7 500 kits comprenant une lampe, un chargeur téléphonique et une petite radio ; 250 unités de l'offre kit solaire + téléviseur basse consommation.

Les incidences de Baobab+ sur la vie quotidienne sont : l'amélioration de la santé du fait du remplacement du kérosène et des bougies ; la prolongation des activités productives ou studieuses à la nuit tombée ; économies.

Baobab+ a favorisé l'embauche de 100 agents de terrain, répartis dans 91 boutiques.

Atelier 3 : Echanges universitaires autour de la transition énergétique : collaborations en faveur du renforcement de compétences

Animation : Philippe Bataille, directeur régional Agence Universitaire de la Francophonie (Madagascar) et Professeur François Garde, ESIROI (Université de La Réunion)

Partie 1 : Présentation de formations en énergies renouvelables et efficacité énergétique dans l'océan indien et au-delà

Queensland University of Technology (QUT), Brisbane, Queensland, Australie : activités de formation et de recherche dans le domaine de l'efficacité énergétique

Professeur Robin Drogemuller

Enseignant de conception et construction virtuelles à la QUT, l'intervenant a œuvré dans le secteur de l'énergie pour une trentaine d'années, ce qui lui offre un point de vue informé sur l'enseignement au sujet des énergies renouvelables à la QUT.

Le Pr Drogemuller a tenu d'abord, s'adressant à un auditoire majoritairement français, de livrer quelques précisions quant aux étapes académiques et titres dans le système universitaire australien.

- Après trois années d'études, les candidats obtiennent un Bachelor, l'équivalent d'une licence.
- Une année supplémentaire d'études permet d'obtenir un diplôme professionnel en Génie civil & Construction
- Pour exercer le métier d'architecte, il faut une licence de base de trois ans à laquelle s'ajoute une maîtrise professionnelle
- Il existe des maîtrises acquises par voie de cours ; il en existe aussi attribuées après 18 mois à 24 mois de recherche
- Les doctorats (PhD) sont conférés après trois ans de recherche à plein temps.

La QUT a beaucoup collaboré avec les distributeurs d'énergie électrique. L'Australie est un pays très vaste, avec des communautés très éloignées les unes des autres, certaines de petite taille et sans compétences techniques parmi leurs ressources humaines.

Si la distance a toujours été un facteur critique, aujourd'hui, en raison d'une économie en mutation, l'apparition des énergies renouvelables, les décideurs politiques souhaitent une montée en gamme du dispositif électrique, afin de mieux actionner le changement. Mais le Queensland est pauvre en énergie, il n'est pas facile de la livrer aux habitants. Le moteur économique fait apparaître les enjeux de la formation, des ressources requises sur place pour conserver les équipements en état de marche.

Au plan de l'enseignement supérieur, les écoles de commerce/Business Schools se livrent à des recherches en matière de stratégie et de comportements.

A la Queensland University of Technology, les étudiants peuvent faire leur choix parmi les offres suivantes :

- Génie mécanique ;
- Génie électrique ;

- Génie environnemental ;
- Gestion des chantiers de construction ;
- Urbanisme ;
- Paysagisme ;
- Architecture d'intérieur.

Une école de l'environnement bâti est en voie de création. Ce sera l'occasion de rapprocher les divers groupes de recherche sur l'énergie, en vue de plus de cohésion.

Pour la formation en génie, il y a des cours de gestion environnementale qui prennent en compte les enjeux de la durabilité et de l'énergie, ainsi qu'une large palette de sujets optionnels : génération, transmission et impact des renouvelables sur le système de transmission énergétique ; distribution ; autonomie, batteries.

Une large part de l'attention, à la QUT, est retenue par les bâtiments et les moyens de les rendre plus efficaces.

La mobilité et les véhicules électriques sont aussi objets d'attention mais cela implique que les gens changent leur comportement.

La QUT s'intéresse également aux matériaux spéciaux, aux produits et système, de même qu'à la prévision du climat et aux réseaux intelligents (smart grids).

Université de la Laguna (Canaries, Espagne) : activités de formation et de recherche dans le domaine des énergies renouvelables

Professeur Ricardo Guerrero-Lemus

Les Canaries font partie, en tant que territoire espagnol, de l'Union européenne mais, par la géographie et le climat, l'archipel est aussi africain, situé dans l'Atlantique, au large du Maroc.

L'Université de la Laguna a développé un dispositif de recherche, lié à l'énergie, soutenu par le secteur privé, proposant des licences, des maîtrises et des doctorats, en relation avec l'énergie, dont les énergies renouvelables. L'établissement a modifié la conception même de ses maîtrises, cela en raison des évolutions rapides du secteur de l'énergie, ce qui implique une nouvelle méthodologie.

La faculté a pensé qu'il fallait une approche plus contemporaine. Cela implique 11 départements, l'ensemble du secteur de l'énergie, pas uniquement celui des renouvelables. La formation se doit aussi d'être professionnalisante, permettant à ces étudiants de travailler par la suite dans les secteurs des audits énergétiques et des services en général liés à l'énergie.

La nouveauté principale par rapport à l'année précédente a été la création de laboratoires pour chaque cursus de maîtrise. Il existe également un cursus consacré aux énergies renouvelables. L'université a également introduit plusieurs contenus liés à l'informatique, aux logiciels, au développement et au codage. Les étudiants doivent apprendre à résoudre des problèmes, au moyen de logiciels libres. Des cours d'anglais sont également proposés.

Les étudiants sont également préparés à la vie en entreprise, ils sont initiés aux notions de rentabilité, de gestion fiscale, encouragés à développer de bons scénarios économiques. Les étudiants sont également encouragés à développer leur culture scientifique, à se documenter auprès de sources reconnues, pas uniquement grâce à l'Internet ; le but est qu'ils produisent, eux-mêmes, des articles scientifiques.

Les étudiants sont aussi invités à rechercher des stages au cours desquels ils prennent davantage conscience de la réalité du travail. Il faut du temps pour trouver les stages les mieux adaptés aux étudiants, c'est un enjeu critique. Après un stage, toutefois, lorsqu'il a été bien préparé et qu'il est réussi, souvent les stagiaires prennent de l'emploi au sein de ces mêmes entreprises. Il faut toutefois bien s'assurer de la motivation des

étudiants.

A une question sur le coût des études et leur accessibilité aux étudiants africains, l'intervenant a répondu que les frais sont de 1 500 euros par an, que le financement est assuré par le gouvernement espagnol et que des étudiants africains et latino-américains choisissent d'étudier aux îles Canaries.

Université de Maurice (UoM) : présentation des activités de formation dans le domaine de l'énergie

Professeur Khalil Elahee

L'Université de Maurice (UoM) émane de l'école d'Agriculture qui fut fondée en 1914, devenant en 1925 le Collège d'Agriculture puis, en 1965, une des trois écoles constituant l'UoM. Ce rappel permet d'illustrer à quel point l'UoM est tributaire des savoirs développés autour de la canne.

Dans la perspective de l'indépendance et des besoins de compétences que cette étape allait provoquer, l'institution s'est transformée en université de développement, avec des formations très classiques ; dans le secteur de l'ingénierie, des cours en génie électrique, civil, chimique et sucrier étaient proposés. Par ailleurs, à la tête de l'université, on comptait des personnalités qui, sans être forcément des techniciens, ont contribué à la politique énergétique du pays, cela indiquant la dimension pluridisciplinaire des enjeux.

Dans les années 80/90, dans cette université encore très conventionnelle, on comptait une centaine d'étudiants dans les filières ayant trait à l'énergie. A partir des années 90, il y eut quelques Masters, dont un en *Building Services Management*, très focalisé. Tout cela n'intégrait pas suffisamment les autres dimensions. Il y avait aussi quelques travaux doctoraux, la plupart à temps partiel.

Depuis une ou deux années, l'Université de Maurice a pu élaborer des cours en *Sustainable Energy*, aidée par des collaborateurs scandinaves, avec également des efforts de collaboration pour la recherche avec l'île de la Réunion. Cela reste toutefois insuffisant en termes de formation transversale, holistique, sur les énergies nouvelles, renouvelables. L'Université des Mascareignes, quant à elle, avec l'université de Limoges, a lancé quelques cours en efficacité énergétique et énergies renouvelables.

Le gouvernement mauricien a pour ambition déclarée 35% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique à l'horizon 2025, éventuellement 2030 si l'île Maurice était retardée. « *Comment peut-on s'engager davantage dans la transition énergétique en tenant compte de ce dont on dispose en termes de collaboration et de partenariats ?* » se demande le Pr Elahee. Ce dernier note que les enjeux d'une formation adaptée et contextualisée se corsent en raison des démarches d'accréditation auprès d'instances internationales, pour l'ingénierie en particulier. « *Auparavant, on avait une plus grande liberté pour contextualiser nos programmes, en parlant de la bagasse, en parlant de la réalité des îles. Aujourd'hui, le processus d'accréditation nous vaut une uniformisation de nos programmes. Il n'y a pas, par exemple, d'apports d'éléments qui nous permettraient dans les prochaines années de contextualiser, de parler de problématiques pertinentes* », observe l'intervenant qui soutient que les premiers défis seront une offre de cours plus contextualisés et la formation continue.

A une question sur le seuil, à terme, d'EnR dans le mix énergétique mauricien, l'intervenant note que la barre des 35 % a été arrêtée par le gouvernement mais que, « *lorsqu'on parle aux universitaires et au secteur privé* », ces parties prenantes souhaitent un seuil plus élevé. Il existe effectivement, un énorme potentiel, moyennant une vraie synergie des divers acteurs. Cela impliquera davantage de stages en entreprises pour les étudiants.

Dans la définition des cursus, il est nécessaire d'impliquer tous les partenaires, qu'ils soient du privé comme du public. Par ailleurs, des formations périphériques complémentaires sont nécessaires pour mieux appréhender les enjeux de la transition énergétique.

ESIROI – Université de la Réunion : cadre de formation « ingénieur »

Dr HDR Jean Castaing-Lasvignottes, département des Sciences du Bâtiment et de l'Environnement

Rebondissant sur les propos du précédent intervenant, notamment la nécessité d'associer toutes les parties-prenantes à la constitution de cours d'ingénierie, le Dr Caistaing-Lavignottes a souligné combien il était important que la méthodologie de construction des maquettes pédagogiques puisse reposer sur l'interrogation du milieu professionnel. Pour ce qui est de l'ESIROI, c'est après avoir indentifié ces attentes que l'établissement les décline sous forme de cours.

A La Réunion, pour ce qui est de la formation en matière d'énergie, il existe des formations pour tous les niveaux de qualification :

- pour les Bac+2, des formations de techniciens, délivrées par l'Institut universitaire de technologie;
- pour les Bac+3, à la fois des licences professionnelles et des licences classiques ;
- des études sanctionnées par le niveau Master ;
- des études sanctionnées par le titre d'ingénieur ;
- des niveaux doctorat, portés par au moins deux laboratoires dédiés à l'énergie à La Réunion.

L'ESIROI a une dizaine d'années d'existence et propose trois cursus spécialisés pour futurs ingénieurs : a) agroalimentaire; b) informatique et télécommunications et c) le bâtiment-énergie.

L'ESIROI propose une classe préparatoire intégrée, inscrivant des bacheliers. Cela constitue le socle scientifique, juste après la Terminale, là où les étudiants acquièrent leurs premières bases de calcul scientifiques, de mathématiques, de physique, etc.

Dès l'issue de la première année de cycle intégré, un premier stage en milieu industriel est requis des étudiants.

Le cycle ingénieur, lui, dure trois ans.

Le cursus bâtiment-énergie prépare à la production intelligente mais aussi à une consommation également intelligente de l'énergie. Une première partie conduit à s'arrêter à la conception de bâtiments vertueux, consommant peu, voire produisant davantage qu'ils n'en consomment ; la deuxième partie fait s'arrêter à la production d'énergie, l'économie d'énergie, l'efficacité énergétique, soit des bâtiments, soit des systèmes qui les équipent.

Les promotions de l'ESIROI s'élèvent à 140 étudiants, dont une dizaine d'étrangers en mobilité semestrielle, cinq Canadiens, quatre Belges et une Espagnole.

L'établissement compte 300 diplômés depuis sa création, avec un taux très élevé d'embauche après diplôme, n'atteignant pas 100 % en raison d'un certain nombre passés en formation d'architecte ou en doctorat. L'école travaille en étroite partenariat avec des socio-professionnels, soit pour les cours qu'ils assurent ou les projets qu'ils encadrent. Outre cette ouverture sur la société et le milieu professionnel à La Réunion, l'école a à cœur que ses étudiants voyagent à l'étranger.

Deux mobilités sont obligatoires : le stage anglophone de quatre mois et le semestre hors de La Réunion, en France hexagonale ou à l'étranger, pendant la durée du cycle-ingénieur de trois ans. Au total, les étudiants font 13 mois de stage, dont un semestre de mobilité obligatoire et quatre mois en milieu anglophone. Pour ces stages, les secteurs sont divers et variés, tout autant que le sont les emplois qu'obtiennent ces élèves par la suite, une palette assez large dans tout le tissu économique, aussi bien national qu'international.

Aujourd'hui, à peu près un tiers des diplômés de l'école trouvent des emplois à La Réunion, un tiers en France hexagonale et un tiers à l'étranger.

Pour ce qui est des compétences et des spécialités, quelques mots clés permettent de décrire les démarches privilégiées : bâtiment durable à faible consommation en milieu tropical ; formation à la conception de

bâtiment réduisant au maximum le recours à la climatisation ; formations liées aux spécificités de La Réunion, avec un mix large et des contraintes tropicales, en zone non interconnectée.

La première année du cycle ingénieur est centrée sur le socle scientifique en liaison avec le bâtiment et l'énergie, de même que l'écosystème du bâtiment, la thermodynamique, les ressources solaires, la production et distribution d'énergie. L'année comporte aussi la réalisation d'un projet ainsi qu'un stage à niveau technicien.

En deuxième année, les étudiants sont familiarisés aux outils de conception, à la fois pour le bâtiment et pour l'énergie. Après un temps consacré à des projets, le cursus prévoit l'étude des systèmes énergétiques, l'enveloppe du bâtiment, l'isolation, la façon de construire des bâtiments vertueux. Cela amène à se pencher sur :

- l'aéroclimatique du bâtiment;
- les bâtiments à énergie positive;
- l'aérodynamique;
- le *sustainable design*;
- l'aménagement en milieu tropical;
- les modélisations thermiques-dynamiques.

La formation complète s'achève sur un stage de fin d'études de six mois.

L'intervenant fait valoir que son bureau est situé dans un bâtiment à énergie positive produisant sept fois plus qu'il ne consomme. Au chapitre des moyens techniques, l'ESIROI est en mesure d'effectuer des essais mécaniques et énergétiques, disposant aussi d'une soufflerie qui permet de tester des bâtiments à échelle réduite.

Parmi les projets, on note un premier, en lien avec le milieu industriel, sur le bambou, afin d'en étudier les aspects structurels, un autre sur les brasseurs d'air susceptibles de remplacer la climatisation.

Les frais d'inscription sont autour de 500 euros, le même tarif s'appliquant à tous, indépendamment des nationalités.

Université de la Réunion, Département Science du Bâtiment et de l'Energie

Professeur Jean-Claude Gatina, *directeur*

En sciences du bâtiment et de l'énergie, l'Université de La Réunion propose les trois cycles universitaires :

- licence (en Génie civil, Urbanisme et aménagement, Environnement et Énergie) ;
- master (1 et 2, en Ville et environnement urbain, Génie civil, Espace Bâti Energie et Environnement (en partenariat avec Madagascar), Structure et Travaux Publics (en partenariat avec Maurice).
- doctorat/PhD (en Physique du Bâtiment Energie, Environnement Aménagement)

Il y aura très bientôt une licence en sciences de l'ingénieur qui comportera quatre parcours : le génie civil, l'urbanisme & l'aménagement, l'environnement et l'énergie.

L'établissement a aussi deux mentions de Master: a) aménagement et génie urbain ; b) génie civil à La Réunion, de même qu'un angle malgache. Un cursus structures et travaux publics sera aussi présenté à l'île Maurice, en partenariat avec l'Université des Mascareignes.

Il y a aussi une trentaine de doctorants.

D'une façon globale, il est possible de dire que l'Université de La Réunion forme des étudiants aux métiers de la construction, de l'aménagement, de l'énergie et de l'environnement.

Projet FESTII (Formation et Enseignement Supérieur pour la Transition énergétique en territoires Insulaires et dans l'Indianocéanie), projet Erasmus + initié par la COI

Philippe Bataille, directeur régional Océan Indien de l'AUF (Agence Universitaire de la Francophonie)

- Défi international, planétaire, se déployant aussi sur la ligne de partage entre des démocraties participatives et les autoritarismes et nationalismes les plus obscurantistes, la transition énergétique nécessite la mise en œuvre.

Initié par la Commission de l'Océan Indien (COI) et porté par l'Agence universitaire de la francophonie (AUF), le projet FESTII est une réponse régionale à cet enjeu de développement des compétences dans le secteur des énergies, intégrant les énergies renouvelables (EnR) et l'Efficacité Énergétique (EE), articulé aux politiques publiques et aux initiatives du secteur privé de chacun des pays partenaires.

Le projet FESTII prolonge l'appui qu'apporte la COI aux pays partenaires, notamment à travers le programme ÉNERGIES (2014-2019). Il s'appuie sur les expertises déjà réalisées (2014/2017) et sur des missions préalables organisées pays par pays pour appréhender les perspectives de développement du domaine et les besoins induits en compétences.

Le programme Erasmus +, initiative de l'Union européenne, compte, parmi ses objectifs généraux, de contribuer au développement durable des pays partenaires dans le domaine de l'enseignement supérieur. Afin de mieux pouvoir maintenir cette dimension internationale dans l'enseignement supérieur, Erasmus + soutient notamment les projets visant à renforcer les capacités universitaires pour encourager la coopération et les partenariats. La contribution financière apportée par l'UE, outre l'expertise des établissements d'enseignement supérieur européens associés, est comprise entre 500 000 € et 1 000 000 € sur une durée de 3 ans. Cette démarche d'Erasmus+ soutenue par l'AUF correspond à la stratégie régionale de la COI, cette dernière centrée sur le développement des ressources humaines et sur le renforcement des institutions. Pour ce qui est de l'engagement des pays, on note que le projet associe cinq établissements d'enseignement supérieur, de trois pays : l'Institut supérieur de technologie (IST) d'Antananarivo, IST d'Antsiranana, pour ce qui est de Madagascar, l'Université de Maurice et l'Université des Mascareignes pour ce qui est de Maurice, de même que l'Université des Comores.)

L'Université des Seychelles (UniSey), établissement du quatrième « pays partenaire » de la région, a participé à tous les travaux préparatoires mais n'a pas pu confirmer son engagement. Très jeune université (constituée en 2009), elle ne dispose actuellement d'aucun.e enseignant.e dans le domaine.

Par ailleurs, trois universités de l'Union européenne ont été retenues : l'Université de La Réunion ; l'Université des Açores (Portugal) ; l'Université de la Laguna (Espagne).

Partie 2 : Table ronde sur les collaborations bilatérales et multilatérales en énergie renouvelable et efficacité énergétique, au regard des enjeux de la transition énergétique

Les participants se sont principalement intéressés aux échanges existants déjà entre leurs universités, tant ce qui est obligatoire que ce qui se fait spontanément. Au-delà de l'existant, les formateurs présents ont tenté aussi d'envisager les nouveaux échanges possibles et la manière de les financer.

Pour l'ESIROI dont le cursus implique des mobilités obligatoires, les choix tiennent aussi compte du niveau d'anglais attendu d'ingénieurs à la fin de leurs études. L'établissement a des partenaires francophones tels la Belgique et le Canada mais développe aussi des liens avec des universités pour lesquelles l'anglais est la langue de communication internationale, notamment en Suède et en Espagne. La difficulté tient toutefois au fait que, pour la réciprocité, La Réunion ne dispose pas d'offres équivalentes pour que les échanges soient dans les deux sens.

Par rapport à cet isolement handicapant, les choses sont en train de changer, des cours sont en voie d'être proposés en langue anglaise, notamment dans les secteurs du bâtiment et de l'énergie : *Thermal Dynamic Simulation, Sustainable Design, Renewables*. Une plaquette sera proposée bientôt, assez probablement aux termes d'un Memorandum of Understanding (MoU) avec l'Australie.

Aux îles Canaries, la langue n'est pas un obstacle. De nombreux Européens veulent apprendre l'espagnol ; pour les étudiants ERASMUS, les Canaries sont très attrayantes. Si les Espagnols semblent avoir quelques difficultés à apprendre les langues étrangères, en contrepartie, des Allemands, des Suédois, des Africains apprennent l'espagnol au moyen de la télévision et des matchs de foot du championnat espagnol.

En Australie, l'éloignement du reste du monde est tel que les étudiants n'apprennent jamais une langue étrangère. Il serait peu probable de voir des étudiants australiens faire un semestre dans une université francophone. En revanche, les enseignants peuvent solliciter un *Professional Development Leave* (congé pour développement professionnel) et se rendre pour un semestre dans une autre université, y contribuant à la recherche et à l'enseignement. Si La Réunion disposait de quelques unités où il serait possible de commencer à utiliser l'anglais comme langue d'enseignement, cela pourrait aisément se mettre en place. L'Université de Brisbane a commencé quelques échanges avec l'Université de La Réunion. Si quelques chercheurs australiens, en maîtrise ou en doctorat, venaient à La Réunion, s'ils étaient constitués en binôme avec un homologue réunionnais, cela pourrait faire progresser le travail de recherche, le lien avec l'industrie et, plausiblement, l'échange linguistique.

Le Pr Gatina, de l'Université de La Réunion fait valoir qu'il est arrivé à l'établissement, en Master de génie civil, d'accueillir jusqu'à 50 % d'étudiants étrangers, dont 10 % de l'océan Indien, la grosse majorité d'Afrique de l'ouest et de nord. A travers ERASMUS, l'université accueille aussi divers Européens. En revanche, le nombre d'étudiants de La Réunion qui choisissent de faire leur stage à l'étranger est infime. L'Université, toutefois, accueille de plus en plus d'enseignants d'autres universités dont, pour ce qui est de la région, de Madagascar et de Maurice. Des partenariats sont aussi envisagés avec les Comores.

Les professeurs de l'île Maurice peuvent enseigner en anglais. Dans l'océan Indien, les accords de coopération se sont développés depuis 10 ans avec Madagascar, avec un Master qui a accueilli jusqu'à 30 étudiants malgaches. Un projet semblable est en voie de réalisation avec Maurice.

Pour ce qui est de l'Australie, dans le cadre d'une convention, le principe de réciprocité est toujours demandé par le partenaire. C'est la raison pour laquelle plus de cours sont requis en anglais, pour être plus attractif. Si on s'est mis d'accord sur les conditions de mobilité, il reste à trouver les soutiens financiers. L'Europe est là pour ce qui est des pays de la zone européenne, pouvant accompagner la mise en place de projets du système de Mobilité internationale de crédits (MIC).

Participation d'étudiants des universités de pays membres de la COI

Tous originaires de l'océan Indien, les étudiants ont été invités à s'exprimer sur un certain nombre de sujets – l'intérêt des échanges universitaires, leur avenir professionnel, leur choix de destination pour leur carrière. Ils ont démontré une assez large similarité de vues. Si celle qui sera bientôt ingénieure électrique et électronique, inscrite à l'Université des Mascareignes, sait déjà qu'elle voudrait prolonger ses études en France – son université d'origine est jumelée à l'université de Limoges et qu'elle souhaite mener sa carrière dans son île de naissance, Rodrigues, les autres membres du panel sont bien moins précis quant à la poursuite de leur parcours, voire au territoire où ils seraient susceptibles de travailler.

JOUR 3

Atelier 4 : Secteur de la construction résidentielle et tertiaire : potentiels des approches bioclimatiques, optimisation des systèmes énergétiques et outils en appui

Animation : Tony Lee Luen Len (ECOSIS) et le Professeur François Garde à l'ESIROI de l'Université de La Réunion

Partie 1 : Les approches : conception architecturale et efficacité énergétique

Thématiques de la construction durable et de l'efficacité énergétique : retour d'expérience au niveau international

Professeur François Garde, ESIROI (Université de La Réunion) et Aurélie Lenoir, Docteure, bureau d'études IMAGEEN

Un arrière-pays... un background... ce qu'on peut voir dans l'océan Indien...

- Des toitures sans isolation à Maurice et aux Comores ;
- Des fenêtres coulissantes sans filtrage solaire ;
- Des systèmes de climatisation non efficace et énergivore dans le non résidentiel ; Des bureaux avec une combinaison de rideaux, d'éclairage artificiel et de climatisation.

Autrefois, dans l'océan Indien, le confort thermique, c'était cela...



Il existe diverses solutions, ces dernières combinant parfois diverses palettes d'approches.

- Des solutions passives, venues de la conception
 - des espaces de ventilation croisée (25 %)
 - protection solaire autonome
 - grandes lames de verre
 - lames internes
- Solutions d'efficacité énergétique
 - éclairage énergétiquement efficient (lampes de bureau LED)
 - ventilateurs hautement efficaces
- Solutions d'énergies renouvelables
 - dimensionnement : 50 kWc – 380 m²

Pratique de la construction bioclimatique

Nicolas Peyrebonne, Architecte à La Réunion

Les outils venant en appui dans l'espace océan Indien sur les systèmes énergétiques

L'intervenant a commencé son intervention en la plaçant sur deux axes :

- l'ancrage, soit la mémoire et l'héritage patrimonial d'une société dont l'architecture, dans le passé, a parfaitement su équilibrer l'apparat et le fonctionnel, notamment face au climat ;
- le bioclimatisme tropical, soit une conception qui démontre l'inutilité de la climatisation et, en revanche, le sens renouvelé de l'usage des matériaux traditionnels.

Le bioclimatisme tropical est une démarche architecturale qui a recours, entre autres, à i) des îlots végétaux de fraîcheur ; ii) la combinaison de structures en béton - résistantes aux cyclones – et de façades en bois ; iii) à l'isolation et à la protection solaire, avec des brises soleil horizontaux comme verticaux ; iv) la ventilation naturelle.

Partie 2 : Les outils venant en appui dans l'espace océan Indien sur les systèmes énergétiques

Démarche intégrée pour la maîtrise des systèmes énergétiques dans un nouveau centre commercial à La Réunion : de la conception à l'exploitation

Floriane Mermoud, directrice de GREEN TECH

Société assurant l'accompagnement de ses partenaires en efficacité énergétique, produisant des audits instrumentés et développant des protocoles de recherche, assurant l'accompagnement de ses partenaires au cours de la mise en œuvre de protocoles de recherche, Green Tech a acquis son expérience opérationnelle d'abord sur les 14 sites Leclerc à La Réunion. Commanditaire vers lequel sont revenus les ingénieurs de Green Tech à l'occasion de la création du nouveau magasin Leclerc, un bâtiment de 4 500 m², appelé à être ouvert à la clientèle dans le courant de 2019.

La mission de Green Tech est en quatre volets :

la conception et les études ;

- le suivi de réalisation ;
- la réception des travaux ;
- la mise au point et le suivi de performance.

Par ailleurs le modèle développé a nécessité une réflexion sur les cinq considérations suivantes :

- le froid alimentaire ;
- la climatisation
- l'électricité ;
- la ventilation ;
- l'autoconsommation photovoltaïque.

Pour le froid alimentaire, la ventilation ou la climatisation, la consommation énergétique a été un critère important pour les choix de solutions. Les économies prévisionnelles d'électricité, du seul fait de l'efficacité, avant l'installation de la centrale photovoltaïque, étaient de 11 %. L'installation PV (700 MWc) vaudra au dispositif une étiquette énergétique A. L'économie de consommation avec l'unité photovoltaïque devrait être de 200 kWh/m²/an. Un peu moins de la moitié de la production photovoltaïque est destinée au froid alimentaire.

	Hypermarché mesuré			Cible hypermarché St Joseph			Ecart attendu
	MWh	répartition	kWh/m ² /an	MWh	répartition	kWh/m ² /an	
Général	3522		734	2947		655	-11%
Froid alimentaire	1671	47%	348	1449	49%	322	-8%
Climatisation sdv	364	10%	76	341	12%	76	
Eclairage sdv	391	11%	81	129	4%	29	-65%
Divers	1097	31%	229	1028	35%	229	
Production PV autoconsommée (700 kWc)				1095	37%	-243	
Consommation finale				1852		412	-44%

L'utilisation valorisée des surplus de production photovoltaïque pourraient être affectés à :

- la régulation intelligente des cumulus électriques pour la production d'eau chaude sanitaire ;
- le forçage des résistances électriques et l'augmentation de la température de consigne (stockage) ;
- le stockage de froid dans les installations de froid alimentaire ;
- la diminution des consignes de température des chambres froides et meubles froids grâce à une régulation avancée.

Banc de tests de matériels de climatisation soutenu par l'ADEME

Dr Olivier Marc, IUT Saint Pierre

Avec 68 % de sa production électrique provenant de sources fossiles (fioul et charbon), La Réunion utilise une énergie fortement carbonée.

Le dégagement de CO₂ est important $\approx 820\text{g/kWh}$ soit 10 fois plus qu'en France hexagonale.

- A La Réunion, le bâtiment absorbe 80 % de la consommation d'électricité de l'île ;
- De cette consommation, la moitié, soit 40 % de la production électrique, est affectée à la climatisation. Ces chiffres suggèrent sans ambiguïté l'importance d'installer des systèmes de climatisation performants.

Il existe des systèmes de certification et des modèles de calcul de l'efficacité énergétique du matériel lié au froid. Cela a été défini en fonction des climats tempérés. Pour des climats chauds et humides, il n'existe pas de certification.

Comme tout banc de test, celui destiné à évaluer du matériel destiné à être utilisé en climat chaud humide nécessitera, lui aussi, une simulation des conditions climatiques et des besoins du bâtiment ; cela nécessitera aussi l'ajout de systèmes énergétiques dans les enceintes, la climatisation individuelle testée à l'interface des deux enceintes.

En sus des fonctions physico-mathématiques à prendre en compte – température, densité et pression du fluide frigorigène, vitesse de l'air, ajouts à l'effet de Coriolis*, la méthodologie suggère aussi de :

- Déterminer l'impact de la consigne de température de la climatisation sur la consommation énergétique et les performances globales des systèmes ;

Etudier l'impact de l'humidité relative sur les transferts de chaleur au niveau de l'évaporateur : condensation importante due au climat tropical.

* **Force d'inertie** agissant perpendiculairement à la direction du mouvement d'un corps en déplacement dans un milieu

Table-ronde « Green Building Council »

Animation : Tony Lee Luen Len (ECOSIS) et le Professeur François Garde, Professeur à l'ESIROI de Université de La Réunion

Green Building Council South Africa (GBC SA): activités, appui au montage de projets, et programme structurant « Net zéro energy project »

Graham Cruickshanks, Market Executive, GBCSA

Créé en 2002 et rassemblant de nombreux réseaux régionaux, le *World Green Building Council* est à la fois un mouvement engagé dans l'action et un porteur de plaidoyer, le réseau est implanté dans environ 70 pays où ses membres espèrent transformer durablement les lieux de vie, de travail, de loisirs et d'apprentissage.

La mission du GBC est d'encourager la création de bâtiments écologiques pour tous, partout dans le monde, afin de permettre à leurs résidents de s'épanouir dans un environnement durable, avec une qualité de vie pérenne.

Le GBC s'est donné comme objectifs :

- Limiter la hausse globale de température à 1,5° C
- Réduire les émissions mondiales de CO₂ du secteur de la construction de 84 gigatonnes
- Assurer la neutralité carbone des bâtiments.

Le Green Building Council d'Afrique du Sud - comme ses homologues ailleurs - ne s'implique pas dans la conception de bâtiments. Etablie en 2007, la branche sud-africaine du mouvement s'engage principalement autour de trois axes : a) le plaidoyer ; b) la formation - quelque 11 000 personnes ont été formées - et c) la certification de projets en Afrique du Sud et dans sa région, dont Maurice.

Le rôle de l'organisme est de s'assurer que les meilleures réalisations en matière de construction vertueuse finissent par décrire les normes de l'ensemble du secteur, que le vert devienne le mainstream. Il y a en Afrique du Sud des poches d'excellence ; il s'agit d'œuvrer pour que ces pratiques soient de plus en plus adoptées.

Les membres de l'organisation se rendent souvent à des conférences et autres forums. Pour une organisation de quelque 20 à 25 permanents, dont la majorité est mobilisée par les tâches administratives et techniques, cela laisse environ six personnes pour s'adresser - une fois tous les trois jours en moyenne - à divers auditoires ;

Le Green Building Council d'Afrique du Sud a certifié quelque 450 projets. Pour mesurer l'audience croissante du mouvement : il a pris quatre ans au GBC pour arriver à la première centaine de certifications. La deuxième a été atteinte en seulement deux ans. Les termes d'une expansion exponentielle.

L'incidence de l'action sur la santé et la productivité est également significative. Le moyen le plus efficace pour éviter les émissions de gaz à effet de serre est la construction raisonnée. C'est l'idée principale que défend le Green Building Council.

Les outils d'évaluation sont :

- Edge, pour l'excellence dans la conception et l'efficacité ;
- EWP, pour la performance en gestion hydrique ;
- GreenStar pour la gestion du froid et du confort thermique ;
- NetZero pour les émissions de carbone.

Etendues sur 5,7 millions de mètres carrés, les certifications émises par le GBC d'Afrique du Sud produisent des économies équivalant au coût d'achat de 40 000 maisons familiales, cela réduisant de la production d'une

centrale thermique les besoins en électricité.

Green Building South Africa est intervenu au Kenya, en Namibie, à Maurice, au Ghana, au Nigeria, au Botswana, au Zimbabwe et au Rwanda. A Maurice, ce sont les 13 500 m² de bureaux du Mon Trésor Business Park, à Plaine Magnien, qui ont été certifiés par le Green Building Council d'Afrique du Sud.

Le retour d'expérience du Green Building Council Mauritius (GBC Mauritius)

Dr Tony Lee Luen Len, (ECOSIS Ltd) Maurice

Attentive aux occasions de communiquer et de faire avancer le plaidoyer du mouvement, entre autres à l'occasion de conférences internationales, la branche mauricienne du Green Building Council considère important d'attirer l'attention de ses interlocuteurs à ce qui s'est passé et à ce qui est encore susceptible de se passer sur les grands marchés continentaux du bâtiment et de l'habitat.

L'Amérique du Nord possède le marché des bâtiments écologiques le plus avancé, avec des prévisions selon lesquelles, dès à présent, la construction écologique aux États-Unis est susceptible de représenter plus du tiers de l'ensemble du secteur de la construction. Au Canada, les bâtiments écologiques emploient déjà près du quart de la main-d'œuvre de la construction.

Le réseau régional européen (ERN) est une communauté de plus de 20 conseils nationaux du bâtiment durable, de neuf partenaires régionaux et de plus de 4 600 membres répartis dans toute l'Europe. Les Green Building Councils du ERN proviennent à la fois de pays de l'UE et de pays tiers.

Mais cela signifie également que la possibilité de construire dès aujourd'hui et de créer des emplois verts existe. Les conseils du bâtiment durable du réseau régional pour l'Afrique répondent à ces défis et opportunités sur le terrain.

Le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord (MENA) comptent actuellement plus de 350 millions d'habitants et la croissance de leurs populations est caractérisée par une urbanisation rapide. Les conseils du bâtiment durable du réseau régional MENA répondent aux défis et aux opportunités sur le terrain, veillant à ce que les bâtiments de la région garantissent une qualité de vie élevée, réduisent au minimum les impacts négatifs sur l'environnement et maximisent les avantages économiques.

D'ici à 2050, l'Afrique comptera 1,3 milliard d'habitants de plus qu'aujourd'hui (plus de la moitié de la croissance démographique mondiale estimée à 2,4 milliards d'habitants). Cela signifie une énorme demande en bâtiments - 80% de ceux qui existeront en 2050 doivent encore être construits.

Vers la mise en place de Centre de Ressources sur le secteur du bâtiment en zone tropicale

Jonathan Louis, Ingénieur à l'ADEME (métropole)

L'intervenant a construit sa présentation en trois parties :

- le rôle des centres de ressources ;
- les exemples dans les départements français d'outre-mer (DOM)
- vers un centre international de ressources pour la construction durable dans les climats chauds

Considérant les centres de ressources comme essentiels, l'intervenant a fait valoir qu'ils doivent :

- favoriser la qualité des opérations de construction, de rénovation et d'aménagement ;
- réaliser une mission de veille informative ;
- animer des acteurs, des réseaux, des communautés :

- capitaliser sur les pratiques, les expériences, les connaissances et autres savoirs de la filière de la construction et de l'aménagement en vue de leur valorisation, diffusion ;
- accompagner l'évaluation des politiques publiques ;
- participer à des instances régionales concernant les sujets du bâtiment, de l'urbanisme et de l'aménagement durables.

Avec AQUAA en Guyane, Kebati en Martinique et Envirobat à La Réunion, il existe déjà un noyau de centres d'excellences, appelé à davantage travailler en réseau, à mutualiser leurs connaissances, etc.

On note l'existence d'un grand nombre d'opérations, de ressources, d'outils, d'experts et d'expertises autour de la construction en climats chauds. Il s'agit désormais de les mettre en réseau et de valoriser cette expertise.

Le travail est déjà engagé, en vue d'une étude de préfiguration pour la réalisation d'un centre international de ressources sur la thématique des climats chauds. Cela portera sur a) la gouvernance ; b) le financement ; c) le périmètre ; d) les acteurs entrevus et e) les outils, dont le numérique et l'Internet.

Quelles collaborations futures de type LETCHI Océan Indien ou autres initiatives

Professeur François Garde, ESIROI-Université de la Réunion

Le projet *Low Energy in Tropical Climates for Housing Innovation* (LETCI, Sobriété énergétique en climat tropical pour l'innovation dans l'habitat), est une initiative de la *Global Alliance for Buildings and Construction* (GABC, Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction), émanation de la COP 21, financée par l'ADEME, à l'initiative de la ministre Ségolène Royal. Cette collaboration internationale entre territoires tropicaux, dont deux insulaires, a permis de faire valoir les enjeux de la conception d'un habitat durable dans un climat chaud.

Le programme LETCHI vise à réduire l'impact climat des bâtiments dans les pays chauds et tropicaux, en privilégiant :

- des principes de conception architecturale adaptés au climat ;
- les matériaux locaux ;
- l'EE ;
- la collaboration avec les programmes nationaux de construction des pays concernés.

La construction et l'aménagement raisonnés d'un habitat énergétiquement sobre en pays chaud font voir :

- l'isolation thermique des toitures ;
- des terrasses ouvertes avec des carreaux céramiques réfléchissants pour réduire l'effet d'îlot thermique ;
- une ventilation naturelle ; des ouvertures se faisant face, pour faciliter la circulation du vent.
- l'orientation des bâtiments prise en compte, afin de prendre avantage des vents dominants ;
- des jardins placés au milieu des blocs, avec des plans d'eau, pour le rafraîchissement par évaporation ;
- l'utilisation de briques creuses doubles, à coefficient de transmission thermique bas ;
- le double vitrage ;
- des appareils à forte efficacité hydrique et la collecte des eaux de pluie.

Les partenaires ont :

- comparé leurs conceptions thermiques ;
- partagé leurs retours d'expérience ;
- considéré les aspects réglementaires ;
- envisagé la création d'un outil d'aide à la conception

- considéré les aides financières, des banques et assurances.

Les problématiques ne sont pas les mêmes dans les divers pays associés, tout d'abord en termes de climat, ainsi qu'en terme d'échelle.

Le type de construction, en Inde, est assez proche de ce qui se fait à La Réunion. Le Sri Lanka privilégie la ventilation naturelle alors que le Vietnam construit en hauteur. Il importe de préciser que toutes ces constructions visent des destinataires à faibles revenus. Le programme LETCHI ne concerne que le logement social. L'exemple permet de démontrer ce qu'on peut faire en matière de gestion thermique et de confort des bâtiments en touchant le niveau d'entrée de gamme du bâti. LETCHI visait à toucher un maximum de bâtiments, dans le créneau du *affordable housing*.

L'expérience a permis d'évaluer et d'adopter de bonnes pratiques, la ventilation naturelle, le travail sur les briques, la végétalisation.

L'expérience LETCHI interpelle ses participants, dont le pays le plus à même de mobiliser des ressources pour une politique de développement partagé, la France. Avec qui, sur quels axes seront partagés le savoir-faire et pratiques. En Asie ? Vers l'ensemble du réseau COI ? Doit-on créer LETCHI-OI ? Egalement, dans une perspective plus franco-française, en direction des autres territoires français ultramarins ? Il s'agit également d'envisager une diffusion vers le monde anglophone.

Atelier 5 : Avancées en faveur des énergies renouvelables dans les pays insulaires

Animation : Alain Doulet, Consultant pour la COI et Said Mchangama, Président de la Fédération des Consommateurs des Comores (Union des Comores)

Les actions du Club des électriciens mis en place par la COI

Alain Doulet, animateur du Club des électriciens

Une initiative de la COI pour permettre aux électriciens « historiques » de la zone océan Indien de se rencontrer et d'échanger sur les sujets qu'ils ont en commun. Il s'agit de :

- aux Comores, la fusion de la Société d'eau et d'électricité (MAMWE) et de Electricité d'Anjouan (EDA), donnant naissance à la SONELEC (société nationale d'électricité des Comores) ;
- à Madagascar, la Jirama (Jiro sy rano malagasy) qui administre la fourniture d'eau et d'électricité ;
- à Maurice, le Central Electricity Board (CEB) qui s'est pendant longtemps consacré à la fourniture d'électricité, désormais aussi à la connectivité numérique ;
- aux Seychelles, la Public Utilities Corporation (PUC) qui administre la fourniture d'eau et d'électricité.

Dans la perspective de la mutualisation de leurs connaissances et du partage d'expérience, les fournisseurs d'électricité des cinq territoires de la COI ont réagi favorablement à sa suggestion, la COI les invitant à s'associer au sein d'un Club des électriciens de l'océan Indien. Cette initiative est soutenue par COI-Energies, programme financé par l'Union européenne.

A la première réunion, étaient présents le directeur régional de la MAMWE et le chef de la centrale EDA d'Anjouan pour les Comores, le directeur délégué d'EDF pour La France/Réunion, le directeur général de la JIRAMA pour Madagascar et l'Acting General Manager du CEB pour Maurice. Le responsable de la PUC

des Seychelles, empêché pour cette première réunion, fut présent à la deuxième, au mois d'avril 2018, à Madagascar, le club réuni alors au grand complet. Ces cinq sociétés sont fort différentes les unes des autres, comme l'illustre le tableau ci-dessous :

Pays	Comores	Madagascar	Maurice	Réunion	Seychelles
Surface du pays (km²)	1812	587295	1865	2504	455
population	795000	26000000	1265000	876000	95800
Puissance de pointe (MW)	18,4	344	468	473	59
Nombre de clients	66216	500000	456000	380000	35000
Taux d'accès à l'électricité	50	16	100	100	100
Taux d'ENR	4	41	21	31	2

Elles n'en sont pas moins confrontées à des problématiques semblables :

- se désengager des énergies fossiles, coûteuses et génératrices d'émissions de CO₂ ;
- tirer parti des ressources renouvelables importantes des territoires de la région ;
- gérer l'intermittence de ces productions sans mettre en cause la sûreté du système ;
- organiser la gestion du système électrique sur lequel de multiples acteurs interviennent ;
- améliorer la qualité de fourniture dans les petits systèmes électriques isolés ;
- Se préparer aux challenges futurs, comme les véhicules électriques ;
- accueillir les innovations technologiques.

1- Prospective énergétique et mise en réseau des acteurs

Des énergies fossiles aux énergies renouvelables : tour d'horizon et scénario de long terme à Madagascar : un travail conjoint Université de la Réunion - Laboratoire Piment avec l'Université d'Antananarivo - Institut de maîtrise de l'énergie

Dr Jean-Philippe Praene, Laboratoire PIMENT, Université de La Réunion

Les 587 040 km² de Madagascar accueillent une population de quelque 26 millions d'habitants dont 77,6 % vit avec 1,90 USD par jour. 36,5 % de la population malgache vit en territoire urbain, le pays comptant six villes principales.

Le pays comprend trois zones climatiques, une à l'est de l'île longeant l'océan Indien, l'une au centre et, la troisième, à l'Ouest, longeant le canal du Mozambique.

Depuis 1990, sauf pour certains pics ou creux subits, on constate que la croissance de l'électrification et celle du PIB se déploient presque en parallèle.

Les différents climats évoqués plus haut indiquent aussi les ressources énergétiques, notamment en renouvelables, des diverses régions. L'exploitation de l'énergie thermique des mers ne serait possible que sur une partie du littoral uniquement.

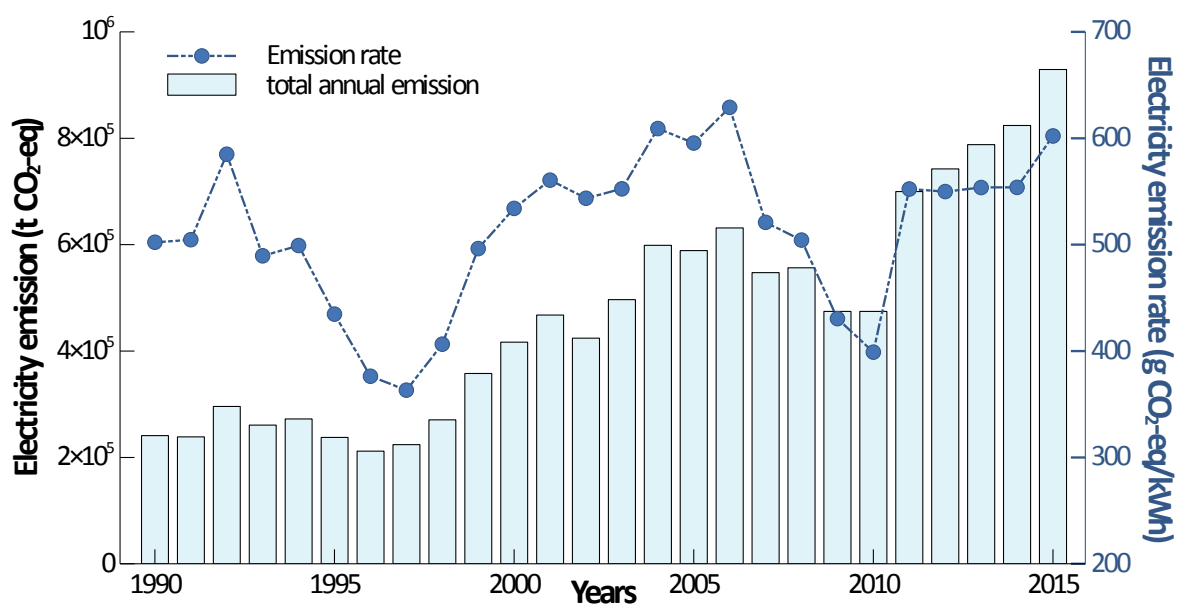
En 2017, pour une production de 1907,5 GWh, les sources étaient les suivantes :

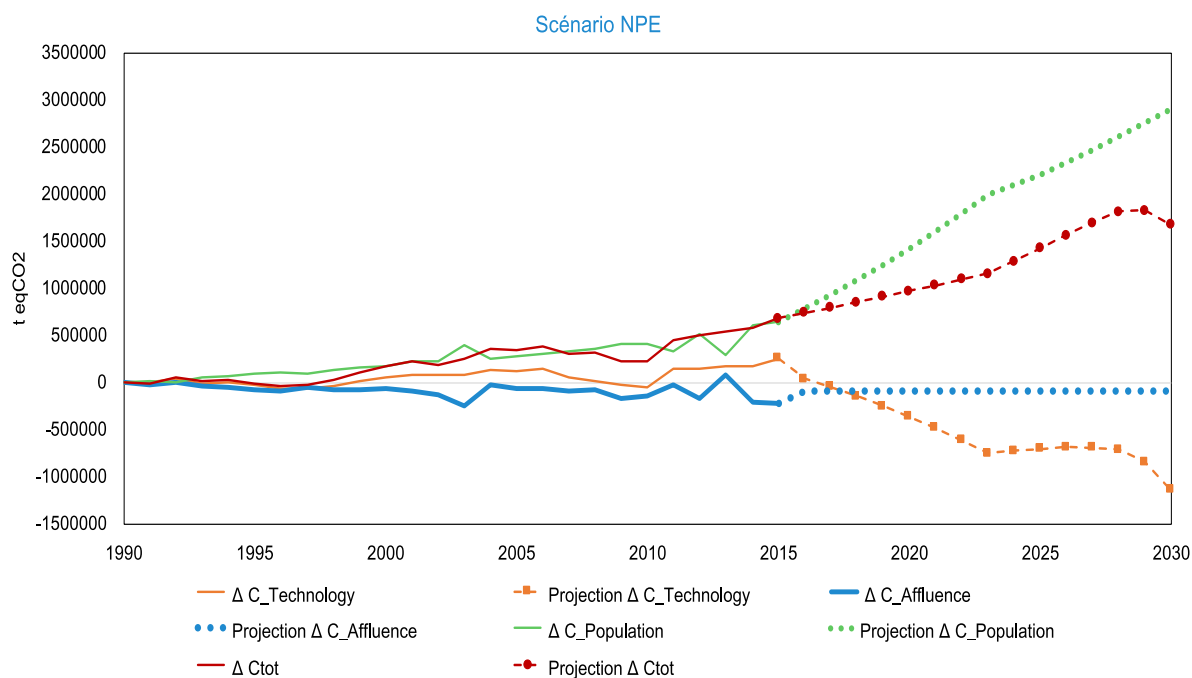
- Hydroélectricité (40 %)
- Fioul lourd (27 %)
- Gasoil (26 %)
- Charbon (26 %)
- Biomasse (1 %)

Quant à la consommation finale de cette énergie, elle se distribuait comme ci-dessous :

- Résidentiel (55 %)
- Secteur secondaire (24 %)
- Secteur tertiaire (14 %)
- Autres (6 %)
- Secteur primaire (1 %).

Eléments de prospective :





- Le projet européen RESOR : mutualiser les expériences des pays insulaires dans les domaines des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique par Salvador Suarez Garcia, ITC - Instituto Tecnológico de Canarias

L'Instituto Tecnológico de Canarias (l'Institut technologique des Canaries, ITC) soutient cette région d'Espagne en matière de recherche d'excellence au chapitre des énergies renouvelables. Ses objectifs sont de :

- Contribuer à augmenter l'efficacité énergétique et développer des solutions pour surmonter les barrières techniques faisant obstacle à la maximisation de la pénétration des EnR dans des systèmes électriques insulaires ;
- Promouvoir les Canaries comme une plateforme expérimentale pour la démonstration des EnR et des technologies complémentaires ;
- Soutenir les efforts pour transférer des technologies énergétiques propres dans des pays moins développés, spécialement sur la côte d'Afrique de l'Ouest.

Connaissant une forte demande d'énergie, entre autres en raison de l'activité touristique, les Canaries dépendent à 98 % de sources fossiles. La région dispose néanmoins de ressources éoliennes et photovoltaïques importantes. Néanmoins, des contraintes spatiales, environnementales et conservatoires (en l'occurrence la protection des oiseaux) peuvent faire obstacle au développement des énergies renouvelables.

Le projet Resor rassemble huit pays ou territoires insulaires de l'Union européenne (les Açores, les Canaries, Chypre, la Guadeloupe, Ipeiros, Madère, la Martinique et La Réunion), des territoires fort divers en termes de population et de densité de population, de climat ou d'activité économique. Ils ont en commun une forte dépendance énergétique aux énergies fossiles de même qu'un potentiel élevé de développement de renouvelables.

L'Union européenne s'est donnée une nouvelle réglementation. Chacun de ses territoires devra, en 2030, avoir atteint des taux de :

- 32,5 % d'efficacité énergétique

- 32 % de renouvelables dans le mix énergétique
- 40 % de réduction des gaz à effet de serre.

L'initiative pour une énergie propre sur les îles européennes va tout à fait dans le sens des réductions visées ci-dessus.

L'initiative prépare la voie pour l'établissement d'un cadre stable, à long terme, permettant le financement de projets innovants, à travers l'ingénierie de fonds de l'UE et de provenance privée, ainsi que la mise à disposition d'un soutien technique.

Les systèmes énergétiques en service sur ces îles sont coûteux, polluants, inefficients et dépendent de sources extérieures. Une énergie propre pour les îles de l'UE vise

- une augmentation des EnR, de l'efficacité énergétique, du stockage de l'énergie et d'un transport propre ;
- l'autosuffisance énergétique, une meilleure sécurité énergétique, moins tributaire des importations ;
- des coûts réduits de l'énergie pour une fourniture moins coûteuse et plus propre ;
- une croissance économique soutenable à travers la création de nouveaux emplois, procurant des occasions d'affaires dans le champ de EnR et de l'efficacité énergétique.

Intermittence des énergies renouvelables : solutions

Réseau de mesure IOS-net à l'échelle de l'océan Indien en faveur de l'énergie solaire

Dr Patrick Jeanty, Université de la Réunion.

L'intermittence de la production photovoltaïque, notamment en raison de variations de l'ensoleillement des panneaux, rend nécessaire une capacité de prévoir l'état des gisements. Relevant d'une démarche universitaire, IOS-net se veut une action intégrée à la stratégie de recherche du Laboratoire d'Energétique, d'Electronique et Procédés (LE2P) de l'Université de La Réunion. Avec pour axe l'optimisation de systèmes énergétique intelligents, solaires ou intermittents, la recherche a d'abord porté sur trois opérations scientifiques :

- en métrologie, modélisation de la variabilité du gisement solaire à La Réunion (et en zone tropicale) ;
- stockage et conversion de l'énergie de piles à combustible ; procédé d'hybridation ;
- optimisation énergétique de réseaux de capteurs sans fil.

IOS-net s'insère dans une stratégie régionale de radiométrie solaire dans le sud-ouest de l'océan Indien (SOOI). C'est également un projet pour l'Indianocéanie. Ses objectifs sont :

- le déploiement d'un réseau de mesures de rayonnements solaires terrestres dans les îles de l'Indianocéanie ;
- l'obtention de données sur le gisement solaire pour optimiser les systèmes énergétiques solaires.

IOS-net a défini un plan d'action en trois volets :

- l'installation du réseau de stations de mesures solaires (comportant l'installation des stations de mesure ; l'identification de sites d'installation dans les îles COI-ACP ; l'installation des dispositifs sur site ; la vérification de la qualité des mesures et de la transmission des données) ;

- l'intégration des données du réseau (ce qui implique l'adoption de normes techniques précises pour le serveur et le formatage des données);
- la structuration de la coopération régionale en métrologie (réunions de gestion de projets, séminaires, proposition – lors du prochain forum – d'un atelier de métrologie solaire).

Pour ce qui est du financement, les quatre îles COI-ACP disposeront d'un budget de 240 000 euros qui servira à l'acquisition d'équipements (elles compteront sept stations de mesure) et à des missions. La région Réunion quant à elle, soutenue par le programme INTERREG de l'UE, disposera de 290 000 euros qui seront consacrés aux salaires des ingénieurs, aux ateliers de transfert de compétences et à la mise en place du réseau de métrologie solaire de l'OI.

La région comptera les équipements suivants :

- capteurs de mesures de rayonnements solaires ;
- capteurs de mesures météorologiques – pression, température, humidité, pluie, vitesse et direction du vent ;
- centrale d'acquisition des mesures ;
- transmetteur de données sur internet ;
- capteurs d'énergie solaire PV et éolienne
- régulateur d'énergie électrique
- stockage énergétique à batterie.

En termes de partenariat et d'accroissement de capacités, IOS-net soutiendra un réseau de stations de mesure et l'apparition de nouvelles compétences en métrologie solaire dans l'Indianocéanie.

En termes de produits, les parties prenantes disposeront d'un catalogue de données, accessible à distance et développé en Open Source, soit ouvert à une large communauté. Une application sur smartphone sera aussi disponible.

Alliance de l'Université de La Laguna et ENDESA pour accroître la pénétration de l'énergie photovoltaïque sur les réseaux insulaires des Canaries

Professeur Ricardo Guerrero-Lemus, Université de la Laguna ULL, Canaries

La parité réseau est atteinte lorsque le prix des énergies renouvelables s'abaisse au niveau (ou au-dessous) de celui du marché de détail de l'électricité. Il est plus facile de l'atteindre dans un dispositif insulaire où le coût de l'énergie conventionnelle est plus élevé que celui de l'énergie d'un grand réseau interconnecté.

La Grande Canarie est une île de l'ensemble espagnol des Canaries, dans l'océan Atlantique. Sa superficie est de 1 560 km² pour une population de quelque 900 000 résidents permanents. L'île a accueilli 4,5 millions de touristes en 2017.

Afin de diminuer le coût moyen de production (US \$ 297,37/MWh en 2013), des règlements adoptés en août 2014 ont offert de fortes incitations aux investissements dans le photovoltaïque dans les systèmes insulaires. Quelques-uns des meilleurs sites pour des dispositifs PV de taille sont néanmoins éloignés des sous-stations, alors qu'il y a, par ailleurs, des villages isolés au bout d'importantes lignes d'alimentation. La demande y est à la hausse et une combinaison de PV et de stockage permettrait d'éviter une coûteuse remontée en puissance du réseau.

Les chercheurs des départements de physique et de génie industriel de l'université de La Laguna, à Tenerife, autre île de l'archipel des Canaries, ont observé que la capacité de combinaison de production PV et de batteries de stockage en Lithium-ion dans une région définie peut augmenter la part d'énergie PV dans le

système électrique. Cela permet de transférer des ressources financières de coûteux investissements dans le réseau à des systèmes PV nouveaux.

Contrairement à l'énergie conventionnelle que la géographie insulaire et l'éloignement des grands réseaux rendent très coûteuse, le photovoltaïque bénéficie d'un fort ensoleillement (en moyenne globalement 2050-2150 kWh/m²/an). En 2013, le coût moyen d'une installation PV était de US\$ 2,01/Wc. La parité fut donc atteinte, le coût actualisé de l'énergie en provenance de dispositifs PV étant inférieur à US\$ 106/MWh.

Challenge lié à l'intégration des énergies renouvelables intermittentes et utilisation de système de stockage avec recours aux batteries

Chavan Dabeedin, directeur à la CEB (Maurice)

Au total, sources variables et stables combinées, le CEB gère 18 % d'électricité de sources renouvelables en 2018 ; il est prévu que cela atteigne 23 % en 2020 ; 35 % en 2025 et 36 % en 2030.

En additionnant les projets de producteurs externes, ceux du CEB et ceux des petits producteurs domestiques, la capacité des projets déclarés réalisés ou en voie de l'être est de 170 MW.

Il existe des règles pour l'interface des renouvelables et du réseau conventionnel. La différence de potentiel doit être de 230 V, avec une marge de ± 6 %, la fréquence doit être de 50 Hz, $\pm 1,5$ %. Les conditions d'interconnexion sont aussi tributaires de la puissance du dispositif renouvelable :

- en *Small Scale Distributed Generation*, la capacité maximale qui peut être connectée à une alimentation bas-voltage est limitée à 50 MW;
- en *Medium Scale Distributed Generation*, la capacité maximale qui peut être connectée à une alimentation de voltage moyen (22kV) est supérieure à 50 kW, allant jusqu'à 4 MW ;
- de 4 à 10 MW, la capacité doit être connectée au côté moyen voltage d'une sous-station.
- Au-dessus de 10 MW, soit pour les *Independent Power Producers*, l'interconnexion est faite au niveau de la transmission à haute tension (66kV).

L'intégration d'énergies renouvelables variables vaut à un réseau électrique de taille moyenne les observations suivantes :

- la stabilité du réseau réduit la variabilité en termes de fréquence et voltage du système ;
- la nécessité de disposer d'une quantité significative de capacité de génération acheminable, connecté au réseau comme sauvegarde et assurer l'inertie du système ;
- la génération de capacité en sauvegarde doit se déclencher assez vite pour compenser le produit variable de l'énergie renouvelable non-acheminable de sorte que la fréquence du réseau soit maintenue dans les limites requises pour une énergie électrique de qualité ;
- la nécessité de maintenir le voltage dans les limites réglementaires ;
- données prévisionnelles de la station météorologique pour une prévision de charge à court terme fiable.

Solutions énergétiques innovantes et déployables : perspectives de développement

Solutions mobiles et modulable de production d'énergie renouvelable en zone cyclonique par les représentants de la société AKUO Energy

Principale innovation de Akuo Energy, l'idée d'*agrinergie* est un mode d'organisation occasionnant la rencontre des productions énergétiques et agricoles, des serres offrant leurs structures exposées à l'ensoleillement à la pose de panneaux photovoltaïques. Conçues pour être résistantes aux rafales cycloniques, elles présentent de surcroît l'avantage de cette robustesse.

L'idée d'*agrinergie* permet d'aboutir à une utilisation optimale des espaces que requièrent et l'agriculture et la production photovoltaïque. L'Ile de la Réunion se prête à merveille à cette optimisation : l'ensoleillement de l'île sied aussi bien aux cultures qu'à l'énergie solaire, et il existe sur ce territoire une vraie volonté

gouvernementale et locale d'indépendance énergétique, avec un quota fixé de 30% d'énergies renouvelables en 2020.

SWAC ou thalassothermie: perspectives de développement dans l'Océan Indien

Julien Blanc, *Vice-Président Business and Marketing, Ocean Energy Business Line, Groupe BARDOT*

Bardot-Océan, entreprise spécialisée dans les énergies marines renouvelables. Cela est très pertinent par rapport à la problématique du refroidissement des bâtiments qui nous confronte à des enjeux majeurs.

A Maurice, par exemple, la climatisation représente 42 % de la consommation d'électricité. A ce niveau – et cela est comparable à ce qu'on note dans d'autres pays chauds, on est confronté à des niveaux de consommation absolument pas négligeables. Et c'est une consommation qui ne fait que croître.

Depuis 2000, la consommation d'électricité pour la production de froid a doublé. Si rien ne change, cette consommation serait susceptible de tripler d'ici à 2050.

Il y a de l'eau froide au fond des océans. Le projet de *Sea Water Air Conditioning* nous encourage à nous y intéresser, à la puiser pour nous refroidir.

Quel est le procédé ?

- de l'eau froide (5-7°C) est pompée à travers un tuyau en polyéthylène à haute densité (PEHD) ;
- son contenu refroidissant est transféré à de l'eau glacée en boucle à travers des échangeurs de chaleur ;
- la boucle d'eau froide fournit du refroidissement aux bâtiments connectés à travers des échangeurs thermiques eau/air ;
- dans le processus, la température de l'eau de mer s'élève (11-12°C) mais elle est redirigée dans l'océan sans aucun changement chimique ou biologique ;
- le procédé – de pompage – n'est possible qu'au prix d'une certaine injection d'énergie électrique mais cela ne représente que 10 % de l'énergie utilisée par les climatiseurs conventionnels. 90 % de l'énergie gaspillée est ainsi conservée. Et 90 % d'un poste qui représente 50 % de la consommation totale d'énergie, cela équivaut à une économie globale de 45 % de l'énergie totale consommée.

Divers projets de refroidissement SWAC sont en voie de développement dans l'océan Indien, notamment à La Réunion et à Maurice.

Valorisation de la biomasse dans 2 petites îles de l'Océan Indien : résultats préliminaires et perspectives

François Broust, *chercheur Génie des Procédés, Biomasse énergie, CIRAD, La Réunion*

Le projet d'utilisation de la biomasse a nécessité

- à l'île Sainte-Marie, une analyse préalable de la création d'une filière de valorisation énergétique du *Grevillea banksii*, une plante de la famille des protéacées, introduite d'Australie, à des fins décoratives ;
- à Rodrigues, une évaluation préliminaire des conditions d'implantation d'une unité de production d'électricité à partir de la biomasse ligneuse.

A Sainte-Marie, le charbon de bois est la principale source d'énergie de la population et le *Grevillea Banksii* est très prisé pour cet usage. Il s'agit par ailleurs d'une espèce envahissante qui s'attaque à la biodiversité. Le charbon, suivant une filière informelle, est aussi exporté vers la Grande Île. La viabilité du projet demande de faire un diagnostic sur la filière du charbon de bois à Ste-Marie.

L'envahissement du territoire est bien constaté et confirmé.

La consommation de charbon est d'environ 2 500 tonnes par an, la plus large part consommée par les ménages. Les exportations vers la Grande île ont aussi une incidence à la hausse sur les prix.

L'île Rodrigues est fortement dépendante des énergies fossiles.

Ordre de grandeur de consommation électrique : 3,5-4 MWel/7 MWel (pointe été)

12% d'ENR d'origine éolienne et solaire – le reste en thermique / fossile (moteur diesel)

Objectif mix électrique 100% ENR en 2030 (RRA)

Lutte contre espèces invasives – *Acacia Nilotica* (« Piquant Loulou »)

Programme de remplacement d'espèces exotiques par des espèces indigènes / endémiques

Objectif : Etude de potentiel / pré-faisabilité d'une filière bioélectricité

- quel gisement potentiel et durable en biomasse ligneuse?
- prédimensionnement d'une centrale et contraintes d'approvisionnement?
- éradication ou gestion du Piquant Loulou?

Quelles sont les ressources ligneuses de Rodrigues ? Il existe de la biomasse forestière, de la biomasse d'origine agricole et de la biomasse d'origine urbaine. Pour Rodrigues, c'est surtout la biomasse forestière qui suggère le plus plausiblement une exploitation énergétique.

1. Ressources exploitables à court terme :

- les plantations d'Eucalyptus (*E. tereticornis*, 2400-3400 tMS/an)
- les résidus d'exploitation/restauration des forêts mixtes (250-800 tMS/an), *en complément*
- les formations « anciennes » d'*Acacia Nilotica* (200 tMS/an), *en complément*.

2. Ressources exploitables à + long terme :

- les formations « anciennes » d'*Acacia Nilotica*
- nouvelles plantations forestières (500-1000 tMS/an), *en complément*

Après-midi 14h00–16h30

Mise en perspectives Smart Cities et formation professionnelle

1- Smart Cities : quels enjeux en faveur d'une gestion plus efficace de l'énergie avec des exemples de mise en œuvre

Projet de Smart City « Cœur de Ville » de la Possession

Estelle Techer, directrice du projet à la SEMADER, *Oliver LEGRAS*, Opale-Alsei, et *Myriam Charroy*, Ville de la Possession

• Projet de Smart City « Cœur de Ville » de la Possession par Estelle Techer, directrice du projet à la SEMADER, Oliver LEGRAS, Opale-Alsei, et Myriam Charroy, Ville de la Possession.

De 1976 - année de livraison de la route du Littoral reliant St-Denis et La Possession – à 2016, la population de La Possession a triplé, passant en 40 ans d'un peu plus de 10 000 habitants à quelque 33 000 habitants. Au nord-ouest de La Réunion, limitrophe du Port, de Salazie, St-Denis et St-Paul, le territoire communal de La Possession recouvre une grande partie du cirque de Mafate.

Le projet de création d'un écoquartier – La Possession Cœur de Ville – est porté par la ville de La Possession, la Société d'économie mixte d'aménagement, de développement et d'équipement de La Réunion (SEMADER) promoteur et bailleur social ainsi que par Immobilière Cœur de Ville (ICV, de la société de promotion OPALÉ). Le projet est par ailleurs soutenu financièrement par l'Agence française de développement.

Les parties marine et montagneuse de La Possession étaient séparées, jusqu'à 2012, par une bande territoriale agricole, longeant la route délimitant la zone de densité urbaine. A ce jour, sept ans plus tard, le projet Cœur de Ville aura déjà créé un connecteur urbain à travers une surface presque exclusivement agricole voici quelques années.

Dès sa conception et tout au long de l'exécution de ses premiers chantiers, La Possession CdV a recherché :

- une intégration urbaine et paysagère de qualité ;
- des jardins partagés en Cœur de Ville ;
- un tiers de la ZAC végétalisée ;
- des constructions bioclimatiques ;
- un habitat durable au service de la mixité sociale ;
- la maîtrise de l'énergie et l'utilisation de renouvelables.

Le projet comporte la création de 1 800 logements, destinés à 5 500 habitants auxquels seront aussi destinés 7 000 m² de bureaux, aux côtés de 8 500 m² d'espace commercial et 1 000 m² d'ateliers. Les quartiers sont servis pas des routes accessibles à la circulation automobile mais le réseau piétonnier est plus finement granulé.

Cœur de ville comprendra a) un nouveau centre-ville urbain attractif, comprenant son projet iconique : La Kanopée et b) un hub agricole central pour favoriser les circuits courts et innovants.

En 2017, les parties prenantes ont considéré que le lancement d'une démarche de Smart City était un temps fort de l'année. « *Une ville intelligente dans une démarche d'échanges et d'expérimentation, qui place les citoyens au cœur. Notre Smart City privilégie ainsi davantage la notion de ville partagée* », font valoir à ce sujet les concepteurs du projet ». Par ailleurs, la notion de ville intelligente se renforce, à La Possession, au moyen de l'idée de sagesse également, la Smart City se doublant d'une *Wise City*, une ville avisée, l'objectif étant de placer l'humain au centre des rapports favorisés par la ville. Il s'agit, notamment, d'utiliser les atouts technologiques pour produire :

- du service ;
- de la convivialité ;
- de la participation citoyenne ;
- une ville durable : la ville jardin.

Pour toute concentration de collection, dont celle occasionnée par un vivre ensemble urbain, il est nécessaire de trouver un mode de concertation : les promoteurs de CdV annoncent pour cela la « *création d'une équipe-projet et d'une organisation sociocratique, La Vigie* ». Une charte fondatrice a également été élaborée, cela formalisant la vision partagée des acteurs.

La démarche ci-dessus de partenariat et de vision partagée est fondée - co-construite - autour de quatre objectifs :

- rassembler... les habitants autour du bien vivre ensemble ;

- capitaliser... sur un territoire exemplaire pour toute l'île de La Réunion et l'OI ;
- sécuriser... en construisant un projet réaliste : un engagement dans le temps ;
- adapter... en positionnant la technologie au service de la culture et du lien social.

La démarche est également traversée par quatre valeurs :

- la coopération... au moyen de la rencontre, de l'échange, de l'inclusion du citoyen ;
- l'humanisme... en favorisant la convivialité, l'authenticité et la simplicité dans chaque projet et service ;
- l'éthique... par la responsabilité et l'exemplarité du projet et des acteurs ;
- le dépassement... en conciliant ambition et humilité pour une ville dynamique et efficiente.

Il est intéressant de noter que le plan stratégique de développement comprend, entre autres, a) la biodiversité et l'économie circulaire ; b) la performance énergétique et l'optimisation de la ressource, cela conduisant, entre autres, à des parkings mutualisés et à une application de maîtrise des dépenses énergétiques pour les habitants de l'écoquartier.

Sous l'angle spécifique du Forum des énergies durables, il est pertinent de noter:

- l'implantation d'installations photovoltaïques en autoconsommation collective pour les besoins en électricité des usagers ;
- l'implantation d'un groupe de production de froid innovant, basé sur le principe du stockage latent pour les besoins en froid des locaux ;
- l'assurance de tenir les promesses de performance énergétique des bâtiments de la ZAC Cœur de Ville ;
- le suivi en temps réel du modèle énergétique et son adaptation avec la participation de l'ensemble des usagers et acteurs ;
- la création d'un modèle énergétique qui pourra être dupliqué sur l'ensemble du projet Cœur de Ville de la Possession puis dans un second temps plus largement sur toute la surface du territoire de l'Ecocité du Territoire côte ouest (TCO).

Olivier Legras directeur de l'innovation chez le promoteur privé Opale-Alseil, parlant au nom du développeur, relève quelques problématiques intéressantes, notamment en matière d'écoconception, pour un écoquartier, de même que l'architecture bioclimatique des bâtiments.

A Cœur de Ville, la construction est faite de telle sorte qu'on puisse se passer de climatisation. Cela implique des choix architecturaux et techniques, de même qu'en matière d'intégration de la biodiversité.

Le projet Smart City à Mon Trésor, Maurice

Joshua Desjardins, Ingénieur « Process and Environment », OMNICANE, Management and Consultancy Limited

En 2019, 80 % de l'électricité produite à Maurice est d'origine fossile et importée. L'Etat mauricien s'est engagé à favoriser l'intégration de 35% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique national au plus tard en 2025.

Depuis 2017, avec la création d'une ferme éolienne et plusieurs installations photovoltaïques, de même qu'un usage plus étendu de la biomasse, Maurice se rapproche de l'objectif arrêté.

Implantée à Maurice comme sur le continent africain, Omnicane est a) partenaire au Kenya d'un cluster cannier valorisant la bagasse en électricité (18 MW) ; b) engagé au Rwanda dans un projet d'hydroélectricité et c) fournisseur à Maurice d'électricité renouvelable à partir de bagasse (90MW).

Le projet de Smart City de Mon Trésor/Omnicane, à moins d'un kilomètre de l'aéroport international SSR, à Plaine Magnien, se déploie sur une superficie de 480 hectares, avec un schéma directeur (Master Plan) étalé sur 50 ans, autour du concept Work, Live & Play.

- la partie Work comprendra un complexe de bureaux, une aire commerciale et des espaces de vente/consommation, un dispositif au service du commerce international et des

activités de port franc, un hôtel Holiday Inn, des studios pour le tournage de films, des soins de santé, des écoles et une zone éducative ;

- la partie Live sera justifiée par la première phase d'un projet résidentiel, des lotissements et un village de seniors ;
- la partie Play sera offerte par un complexe sportif assorti d'un clubhouse.

Le *BREEAM Communities International Technical Standard* (Standard technique international des communautés BREEAM) permet l'intégration de concepts durables dans le schéma directeur de nouvelles communautés ou de projets de régénération.

Cette méthode d'évaluation de l'intégration environnementale et sociale d'un développement urbain note la gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets, la santé et du bien-être, des matériaux, de l'affectation des terres et de l'écologie, de l'innovation, de la pollution et de la mobilité.

En 2014, Omnicane a adopté la méthode BREEAM ; en décembre 2015, Mon Trésor a obtenu la certification intermédiaire ; en juin 2017, le port franc a obtenu la certification finale.

- Les conditions d'obtention du statut de Smart City ont été publiées en 2015 par l'ancien Board of Investment, intégré depuis au nouveau Economic Development Board.

Dans la mesure du possible, un projet de Smart City doit être à même de générer ses propres besoins en énergie à travers des mécanismes verts tels que les parcs solaires et les fermes éoliennes.

Réaliser un environnement intelligent nécessite :

- une mesure de consommation et un réseau électrique tous deux intelligents ;
- une technologie, des produits et des pratiques qui conduisent à réduire la consommation ;
- de la construction verte.

En matière d'efficacité énergétique

- le centre d'affaires de Omnicane House, comprenant des espaces de bureaux de 6 000 m², s'est distingué par a) son choix de matériaux ; b) son orientation ; c) l'installation de lames de persiennes et de vitrage teinté ; d) le choix de la lumière naturelle ; e) le choix de la ventilation naturelle, à travers le sous-sol.
- le centre d'affaires a permis des économies moyennes de 30 à 40 % d'énergie et d'évitement d'émissions de GES ; la mesure des performances énergétique est assurée par un logiciel de gestion technique de bâtiment

En matière d'énergies renouvelables

- le centre d'affaires dispose d'une batterie de panneaux photovoltaïques, avec une puissance installée de 150 kWc, dont 70 kWc en toiture et 80 kWc sur les ombrières, notamment celles au-dessus des parkings de voitures.

L'hôtel Holiday Inn a conçu un projet, en voie de réalisation, pour l'installation d'une puissance installée de 430 kWc ; Omnicane a aussi un projet hybride éolien/PV ; le groupe par ailleurs s'intéresse aux énergies marines et marémotrices.

La montée en puissance d'un dispositif renouvelable dans des conditions comparables à celles d'Omnicane dans le Sud de Maurice a permis aux équipes de la compagnie de faire quelques constations/observations :

- pour ce qui est du cadre légal, le Electricity Act de 2005 est toujours en attente de promulgation ;
- il n'y a pas encore de Smart City Scheme du CEB.
- à ce stade, les promoteurs envisagent les mêmes règles que celles appliqués au *Medium Scale Distributed Generation (MSDG) scheme*.
- l'Intégration des EnR est plafonnée à 30% de la consommation annuelle.

Il n'existe pas de « scheme » défini applicable aux sources d'EnR autres que PV, éolienne ou bagasse (biomasse, refroidissement à l'eau de mer, énergie des vagues, méthanisation...)

Les enjeux énergétiques liés aux projets de type Smart Cities à Maurice

Chavan Dabedeen, directeur à la CEB (Maurice)

Le Central Electricity Board (CEB) dispose à Maurice d'un réseau physique de 300 km de lignes visibles et de 26 km de câbles souterrains. Des principales centrales, l'énergie est acheminée à 66 kV vers 18 stations de transformation à 22 kV. Une partie du réseau à haute tension est équipé pour basculer à 132 kV en cas de besoin.

Configurés en réseaux radiaux, entre les stations à 22 kV et les quelque 470 000 abonnés, les transformateurs de distribution nécessitent 9 700 km de lignes visibles et 800 km de câbles souterrains.

Le dispositif physique à 66 kV est aussi utilisé pour le déploiement d'un réseau de fibre optique, à très forte fiabilité et configuré en anneaux, servant aux opérations de contrôle, mesure et protection à distance.

Pour ce qui est de la part des énergies renouvelables intermittentes dans le mix énergétique, le CEB prévoit qu'elle passe de 2% à 9% entre 2018 et 2020, qu'elle atteigne 12 % en 2025 et 14 en 2030. Pour ce qui est des renouvelables stables, de 16 % déjà en 2018, elle devrait passer à 24 % en 2025 et redescendre à 22 % en 2030.

Encore non exploitées, les sources suivantes sont susceptibles de constituer 7 % du mix total en 2030 : a) déchets (4 %) ; b) biomasse non cannière (2 %) ; c) énergie marémotrice (1 %).

Le CEB a signé des accords d'achat d'énergie pour les projets d'énergie renouvelable variable suivants :

- 15 MW : ferme solaire Sarako (opérationnelle en février 2014)
- 29,4 MW : ferme éolienne Point Wind de Curepipe (opérations prévues pour 2019)
- 9,35 MW : ferme éolienne de Plaine des Roches (opérationnelle en 2016)

Trois fermes photovoltaïque d'une capacité de 2 MW chacune (opérationnelles en 2016/2017).

- 16,344 MW : ferme PV de Solitude (synchronisée en octobre 2018)
- 10,3 MW : ferme PV d'Anahita (synchronisée en novembre 2018)
- 15,051 MW : ferme PV de Queen Victoria (annoncée pour décembre 2018).
- 17,554 MW : ferme PV d'Henrietta (annoncée pour février 2019).
- 4,992 MW : ferme PV de Petite Rivière (prévue pour juillet 2019)

Projets initiés par le CEB :

- 10 000 kits PV de 1 kWc distribués à des personnes vulnérables entre 2018 et 2022 ;
- des kits PV de 2 kWc proposés à 2 000 PME entre 2018 et 2019 à 50 % de leur prix coûtant.
- Ferme PV du CEB à Henrietta. Phase 1 (2 MWc) en janvier 2019 et Phase 2 (10 MWc) en août 2019.
- Génération distribuée à petite échelle (Small-Scale Distributed Generation SSDG) atteignant 5MW

Puissance installée de l'ensemble des projets d'EnR variable : 170 MW

Le gouvernement mauricien a conçu le Smart City Scheme afin de fournir un cadre propice et un ensemble d'incitations fiscales et non fiscales attrayantes aux investisseurs pour le développement de villes intelligentes à travers l'île.

- Le concept de ville intelligente vise à fournir aux investisseurs, nationaux et étrangers, des options pour vivre dans un environnement urbain durable, pratique et agréable.
- Ces nouveaux ensemble d'habitation/bureaux s'articuleront autour du trinôme Work-Live-Play, dans un environnement dynamique, centré sur la technologie et l'innovation.

On note qu'il existe toute une panoplie d'Incitations pour les développeurs / investisseurs intéressés par un projet de Smart City :

- Exonération de l'impôt sur le revenu pour une période de huit ans, à partir de l'émission du certificat Smart City Scheme ;
- Exonération de la taxe sur la valeur ajoutée payée sur les biens d'équipement ;
- Exonération des droits de douane sur l'importation ou l'achat de marchandises passibles de droits ;
- Exemption des droits de cession immobilière et des droits d'enregistrement lors de la cession de terres ;
- Taxe de conversion foncière et taxe de morcellement exonérées.

Technologie propre : les réseaux intelligents favoriseront l'efficacité au sein de l'infrastructure énergétique, tandis que les systèmes de transport encourageront une gestion efficace des ressources et réduiront les émissions de carbone. Les promoteurs sont encouragés à investir dans les systèmes de production et de distribution d'énergie verte, les compteurs intelligents, la réduction et la gestion de déchets, ainsi que dans les systèmes de collecte d'eau de pluie.

Formation professionnelle : enjeux et perspectives

Montée en compétence professionnelle et création d'emploi : dispositifs mis en œuvre avec le soutien de l'ADEME

Jonathan Louis, ADEME Sophia-Antipolis

La Réunion doit d'abord être placée dans un contexte français dont les principales données chiffrées se lisent ainsi :

- 30 % de la consommation d'énergie absorbée par les bâtiments ;
- 17 % des gaz à effet de serre émis par les bâtiments ;
- 12 % des ménages touchés par la précarité énergétique ;
- 6,7 millions de personnes atteintes par la précarité énergétique ;
- 18,8 milliards d'euros requis pour la rénovation énergétique du bâti ;
- 141 000 emplois temporaires et permanents requis pour la rénovation thermique du bâti.

Les enjeux sont :

- faire disparaître les passoires thermiques avant 2025 ;
- rénover entièrement le parc au niveau Bâtiment Basse Consommation à l'horizon 2050 ;
- atteindre l'autonomie énergétique d'ici à 2030
- au plan qualitatif, les rénovations doivent être performantes ; au plan quantitatif, le marché doit changer d'échelle et soutenir une économie de masse.

Pour ce qui est des départements d'outre-mer, dont La Réunion, sont requis :

- un travail avec la filière pour adapter l'offre de formation ;
- financement et accompagnement d'une aide de formation continue ;
- un conditionnement des aides au recours au label Reconnu Garant de l'Environnement (RGE) ;
- lancement de *Massive Open Online Courses* (MOOC) dédiés au bâtiment dans les territoires ultra marins français.

Guide Prébat Réunion et programme de réhabilitation des bâtiments (Batipei) : activités et outils de formation

Mohamed Abdesselam, SOLENER

Face à un projet d'écoconstruction en zone tropicale humide, il est utile de s'interroger sur la méthode de résolution des problèmes susceptibles d'être rencontrés en phase de mise en œuvre, d'arriver à une approche heuristique, nécessitant d'analyser de manière critique ou d'évaluer :

- le programme environnemental ;
- les composantes urbaines de cet environnement ;
- l'approche bioclimatique ;
- l'approche négaWatt (<https://negawatt.org>);
- les coûts.

La Réunion dispose de deux outils contribuant à répondre aux problématiques de l'écoconstruction en zone tropicale humide : a) le guide Prébat de La Réunion et b) les Massive Open Online Courses *Construction durable en milieu tropical*.

L'objectif des MOOC est de proposer des méthodologies applicables et les connaissances de base pour une démarche de construction durable en climat tropical. Il s'agit de faire connaître des réalisations exemplaires, en particulier dans l'outre-mer. La cible principale : professionnels de la maîtrise d'ouvrage, maîtres d'œuvre mais cette offre aussi gratuite reste ouverte au grand public.

Session de clôture et de conclusions de la Région Réunion et de la COI

Animation : Raj Makoond et Philippe Jean-Pierre

Philippe Jean-Pierre : Expression des remerciements du président du Conseil régional, Philippe Robert, de même que l'appréciation de l'intervenant pour la qualité des travaux des deux jours et demi de forum. Tout cela a démontré, note Philippe Jean-Pierre, que *« l'ambition de nos territoires était réelle et que ces territoires n'avaient rien à envier à ce qui se balade parfois sur Twitter et d'autres réseaux sociaux en matière de démonstration de capacité »*.

Il s'agissait de démontrer que les territoires ciblés étaient capables de mobiliser les technologies, en créer, comme de les déployer, ce qui a été fait.

La dimension humaine a aussi été prise en compte, parce qu'il faut maîtriser la demande, tenir compte de la précarité, et faut aussi parler également de capacité. Ce qui éveille à la nécessité de la formation.

C'est ainsi que les îles de la COI construisent des espaces de solidarité.

Raj Makoond : Commence par ses salutations au président du Conseil régional, salué entre autres pour son intérêt pour la coopération régionale.

L'intervenant préside le comité de Business Mauritius sur les énergies durables. Il a participé à ce forum au titre de son engagement, auprès de la COI, pour le programme régional d'efficacité énergétique.

Quelques points saillants : a) clair qu'il y a une synergie en ce qui concerne l'engagement des diverses parties, dont les instances du privé... essentiel qu'il y ait un engagement du privé dans le développement des énergies durables ; b) il est essentiel de travailler sur du concret, avec des projets mesurables guidant l'engagement... c) chaque île est limitée, la masse critique manquant à toutes... Il est essentiel d'avoir en commun un projet évaluable...

La question : comment pérennise-t-on des programmes qui sont essentiels au bassin océan Indien... travailler ensemble avec des engagements à géométrie variable, en raison des situations différentes des pays... en laissant la région apporter la masse critique qui manque à nos îles... notre région, située entre le moteur asiatique et le grand marché africain en développement.

Le programme ENERGIES de la COI : mise en relief des résultats obtenus

Véronique Espitalier-Noël, *Chargée de mission à la COI*

En conclusion du Deuxième Forum des Energies durables, Véronique Espitalier-Noël, chargée de mission à la COI s'est d'abord proposée de synthétiser des thèmes retrouvés sans arrêt, pendant ces deux jours et demi de conférence.

L'organisation à la COI a identifié sept thématiques, trois thématiques relevant de la stratégie et quatre apparaissant davantage comme des piliers techniques.

Les trois thématiques stratégiques, tournent autour

- 1) du changement climatique, de la transformation de nos petits états insulaires vulnérables en territoires résilients, de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique ;
- 2) de la transition énergétique inclusive

3) du nouveau paradigme énergétique à l'horizon 2025

Parmi les solutions développées, au sujet de la première thématique ci-dessus, on notera l'initiative Adapt'Action, de l'AFD, dont les exemples concernaient six sites côtiers fortement menacés d'érosion ; la COI, quant à elle, est engagée dans sa démarche d'accréditation auprès du Fonds vert pour le climat (mécanisme financier de l'ONU) ; également auprès d'Hydromet, programme de la Banque mondiale pour l'amélioration des services météorologiques, hydrologiques et climatiques, à hauteur de 100 millions d'euros ; le forum a aussi permis de mieux découvrir le projet SIDS LightHouses d'IRENA.

Au sujet de la deuxième thématique ci-dessus, la transition énergétique inclusive, le forum aura permis de s'arrêter aux actions de la Région Réunion, notamment son programme SLIME destiné aux ménages les plus modestes (chauffe-eau solaires, rénovation de bâtiments...), de même qu'aux actions du CEB au moyen du *Solar Home System* qui équipe les ménages modestes en photovoltaïque pour alléger leur facture d'électricité -système primé par IRENA.

Toujours, pour la même thématique, sous sa facette consacrée à l'accès à l'énergie (A Madagascar, FemSolar avec WWF et Baobab Plus avec le système *Pay as you go* pour accéder à un service énergétique durable et sain. 50 000 foyers équipés grâce au financement de l'UE mis en œuvre par la COI. La Fondation Abbé Pierre également s'implique à La Réunion et à Madagascar)

En préparation de l'horizon 2025, les divers territoires de la COI ont des feuilles de route comportant des objectifs différents mais aussi le partage de fondamentaux sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique qui vont de pair.

Les quatre axes techniques et d'action sont :

- l'efficacité énergétique ;
- les avancées en faveur des énergies renouvelables dans les pays insulaires ;
- l'aménagement du territoire et la construction des bâtiments ;
- la coopération universitaire.

Les enjeux de l'efficacité énergétique concernent tous les types de consommateurs et cela implique tout autant le secteur public que le secteur privé, la société civile. On l'a vu avec l'aéroport Roland Garros ou lors de la présentation de la démarche d'EE des PME mauriciennes, avec l'exemple de Toparadis et de Cuisine des îles. Le Programme régional d'efficacité énergétique provoque un intérêt marqué de toutes nos îles, si on se réfère à la contribution du coanimateur du PREE aux Comores. Les ONG portent également ce type de projets, comme dans le cas de la distillation de l'Ylang Ylang aux Comores.

Implication de tous : exemple donné par la CRE qui met en place avec l'État français, la Région Réunion, l'ADEME et EDF un système d'incitation permettant de diffuser les solutions performantes dans l'habitat individuel à la Réunion (58 actions dont l'objectif est de multiplier par six les économies réalisées à ce jour en énergies).

Nous voyons apparaître une meilleure identification de la demande en énergie, avec des entreprises aujourd'hui dans l'océan Indien qui sont performantes et qui ont capitalisé sur les avancées technologiques du secteur. Partage des informations (IOT : Internet of Things) et choix de solutions (travail mené à l'aéroport). Démarche qui peut aller jusqu'au financement des investissements dans le cadre des contrats de performance énergétique (CPE) avec l'exemple du Leader Price de St Leu.

Parmi les avancées dans les pays insulaires, on notera, à Madagascar, la collaboration entre universitaires malgaches et réunionnais, de même que l'exemple du projet RESOR animé par l'institut de technologie des Canaries.

Au chapitre de l'innovation en matière d'énergies renouvelables, on note la Sea Water Air Conditioning (SWAC), les nouveaux concepts photovoltaïques dans des zones d'accès difficile et le recours à la biomasse, notamment dans les très petites îles.

Pour ce qui est de l'adaptation à la vulnérabilité, on notera les équipements adaptés à notre contexte cyclonique - éoliennes et photovoltaïques.

L'aménagement réfléchi du territoire et le mode de construction des bâtiments constituent une composante fondamentale de l'efficacité énergétique.

Pour ce qui est des constructions neuves, les promoteurs sont encouragés à considérer la conception bioclimatique des bâtiments, dont l'exemple de la médiathèque de St-Joseph, conception réalisée en collaboration avec les utilisateurs. Le temps de retour des investissements - d'environ sept ans - dans le domaine doit inciter les maîtres d'ouvrage à adopter cette méthode de conception.

Au chapitre de la coopération universitaire, le forum a pris connaissance du partenariat entre l'Université de La Laguna, l'Institut technologique des Canaries et l'Institut de technologie de Brisbane.

On a aussi noté la participation à ce forum d'étudiants de Madagascar, de Maurice et de La Réunion, motivés pour relever les défis de la transition énergétique de nos îles, montrant un fort intérêt pour la mobilité.

De même la promotion de 3^{ème} année de l'ESIROI - option bâtiments énergies - avec leurs professeurs.

Le projet FESTII – Formation et Enseignement supérieur pour la Transition énergétique en territoires insulaires et dans l'Indianocéanie vise, quant à lui, un renforcement des compétences de nos formateurs dans le secteur de l'enseignement supérieur, cela mobilise nos cinq îles, la COI et l'Agence universitaire de la francophonie.

Les coopérations bilatérales entre les Universités de la Réunion, de Maurice et de Madagascar ont été engagées sur deux projets ; des discussions sont en cours sur les nouveaux partenariats possibles à l'avenir. Cette coopération a débouché sur la création d'un outil comme IOS-Net : système de mesure des données solaires qui aboutira à la production de données gratuites sur l'ensoleillement, utiles notamment pour les investisseurs.

« Un mot sur le projet ENERGIES financé par l'UE, à l'origine de cette manifestation, qui se termine dans sa phase opérationnelle en septembre prochain. Une réflexion est menée sur la pérennisation de ses actions par nos États membres et nos différents partenaires. Ce forum répond à un besoin de partage d'expériences, de mise en réseau, de capitalisation des bonnes pratiques, au service d'une cause commune : la transition énergétique de nos États insulaires », a déclaré Véronique Espitalier-Noël, avant de remercier toutes les parties prenantes : l'Union européenne, la Région Réunion, l'EDF, l'ADEME, IRENA, l'ESIROI et l'AFD ainsi que tous les partenaires.

