NICARAGUA: Voyage d'étude 2011

Mastère spécialisé en
Optimisation des systèmes énergétiques

OSE
Optimisation des Systèmes Energétiques

Mines ParisTech

MINES ParisTech

Promotion 2010

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Renovables
« Energía limpia desde la comunidad »

Renovables
Asociación Nicaragüense para las Energías Renovables y el Ambiente
"Energía limpia desde la comunidad"

Selon une tradition désormais bien établie, les étudiants du mastère OSE mettent chaque année en pratique leurs connaissances acquises autour d'un fil rouge au cours d'un voyage d'étude. La promotion OSE 2010 a ainsi planché sur le thème de l'électrification rurale et des réseaux électriques intelligents dans les pays en développement.

Frais émoulus de nos six mois de théorie sur les systèmes énergétiques, nous sommes donc partis en mars dernier tester nos idées au Nicaragua, sur le terrain.

Au Nicaragua, l'accès quotidien à l'énergie pour l'ensemble de la population ainsi que l'électrification des communautés isolées – en particulier sur la côte Caraïbe – sont des défis de premier plan. Dans ce contexte, la mise en valeur d'un grand potentiel en énergies renouvelables est un enjeu majeur.

Champ éolien, centrales à biomasse et géothermiques, nous avons parcouru le pays pour rencontrer les acteurs de l'énergie au Nicaragua. Mais nous avons aussi eu l'opportunité unique de découvrir la grande diversité du pays : la capitale fourmillante et précaire qu'est Managua, les ambiances issues de l'héritage colonial à Granada, les paysages désertiques du sud du pays, les volcans qui rythment le paysage, et enfin la côte Atlantique et les communautés reculées du Lagon de la Perle.

Au cours de ces visites, nous avons conversé en anglais créole, nagé parmi les planctons fluorescents au clair de lune et profité de ciels étoilés tels qu'on n'en trouve plus chez nous : une expérience intense, parfois déroutante, qui a ouvert nos esprits à des horizons plus larges !

Sommaire

Le Nicaragua, Pays de lacs et de volcans •2
La centrale géothermique du volcan Momotombo •4
La centrale biomasse Ingenio Monte Rosa •6
Rencontre au Ministère de l'Energie et des Mines •7
Conférence à l'Université Nationale d'Ingénérie de Managua •11
Le parc éolien d'Amayo •12
Proleña : Présentation des cuisines améliorées •14
Une journée à Kahkabila •17

Le Pays

Le Nicaragua, Pays de lacs et de Volcans

Le Nicaragua, ou République du Nicaragua, est le plus grand pays d'Amérique Centrale. Il est limitrophe du Costa Rica au sud, du Honduras au nord et bordé par l'océan Pacifique à l'Ouest et la mer des Caraïbes à l'Est.

Le pays est quatre fois moins grand que le France et possède 5,9 millions d'habitants.

C'est une république présidée par Daniel Ortega (Front de Libération Sandiniste).

Économiquement, son PIB le place avant dernier pays des Amériques, et 15% de l'économie vient de l'argent renvoyé par les expatriés au Costa Rica et aux États-Unis.

Sa monnaie est le Cordoba.

Géographie

A l'intersection des plaques Caraïbe et des Cocos, le Nicaragua est traversé du Nord-ouest au Sud-ouest par une chaîne de volcans et par une zone dépressionnaire formée de grands lacs. Trois grandes régions peuvent ainsi être découpées : la zone Pacifique, la zone centrale et la zone Caraïbe. Cette topologie particulière a fortement influencé l'histoire et l'économie du pays. En effet, à l'Ouest, les terres volcaniques sont propices à une agriculture riche (maïs, manioc, banane, haricots rouges), et le climat tropical permet de faire jusqu'à trois récoltes par an. À l'Est, les alizés apportent des pluies régulières et les terres, plates, sont marécageuses et recouvertes d'une dense forêt tropicale. Les populations sont d'ailleurs extrêmement différentes selon les régions. À l'Ouest, la population descend d'une civilisation aux coutumes similaires aux Olmèques, Toltèques et Mayas, et parle espagnol. À l'Est, la population est un mélange de misquitos et de descendants d'esclaves africains et parle anglais.

Un peu d'histoire

Les premières traces de vie retrouvées au Nicaragua remontent à 6000 ans av. J.C. Il semblerait que la zone pacifique, attractive par la richesse de ses terres ait été en étroite relation commerciale avec les civilisations du Honduras et du Guatemala (Olmèques, Mayas, Mezcala).

En 1524, le conquistador Hernandez de Cordoba fonde les deux premières colonies espagnoles au Nicaragua : Granada sur le lac Nicaragua et Leòn à l'est du lac de Managua. Le nom de Nicaragua vient d'ailleurs du nom d'un chef indien, Nicarao, qui s'est allié avec les espagnols.

Le pays a ensuite été intégré à l'empire Mexicain, avant de proclamer son indépendance en 1821. Le Nicaragua étaient alors celui que l'on connaît aujourd'hui à l'exception d'une bande côtière de 100 km le long de la côte atlantique, propriété de l'empire britannique. L'autonomie du pays a été acquise progressivement : membre des Provinces Unies d'Amérique Centrale jusqu'en 1823, puis membre de l'union jusqu'en 1838, le pays devient une république totalement souveraine en 1854.

Malgré tout, des dissensions subsistèrent entre Leòn la libérale et Granada la conservatrice. En 1893, Zelaya mena une révolte libérale, prit le pouvoir et récupéra les terres Mosquitos aux britanniques.

Depuis toujours, la situation géographique et la topologie particulière ont fait du Nicaragua un endroit stratégique pour les grands empires. En effet c'est un lieu de choix pour aménager un canal Atlantique – Pacifique parce que le Rio San Juan se jette dans l'Atlantique communique avec les lacs Nicaragua et Managua qui ne sont distants que d'une vingtaine de kilomètres de l'océan.

Le drapeau du Nicaragua illustre bien cette révolution et ses enjeux : les deux bandes bleues représentent les océans Atlantique et Pacifique, le symbole pyramidal est celui des francs-maçons qui l'organisèrent et le bonnet phrygien rappelle qu'elle prend pour exemple la révolution française.

Les débuts de la République ont donc

La carte du Nicaragua

été fortement influencés par les Etats-Unis mais en 1927, le général Augusto Sandino d'obédience libérale mena une guérilla contre le gouvernement conservateur et les forces américaines qui fut finalement repoussée par l'intervention des Marines américains. La paix fut négociée en 1933 et les sandinistes n'obtinrent que le remplacement de l'armée américaine par une Garde Nationale, néanmoins équipée et financée par les américains. En 1934, le premier dirigeant de la garde républicaine, Somoza fit assassiner Sandino et instaura une dictature jusqu'en 1956, année de son assassinat. Ses fils reprirent les rênes et dirigèrent d'une main de fer le pays. Cependant, renforcée par la révolution cubaine, les libéraux créèrent le front de libération national sandiniste (FSLN) au Costa Rica.

À partir de 1977, profitant de l'affaiblissement du pouvoir en place et du mécontentement de la population à propos de la politique répressive des Somoza, Chamorro fonda un parti d'opposition ordonnant la démission du président. Son assassinat en 1978 souleva les foules et entraîna un mouvement de grèves, émeutes et révoltes qui dura jusqu'à la démission de Somoza en juillet 1979.

Une coalition des 5 principaux partis anti-somozistes prit alors le pouvoir mais elle était trop disparate pour diriger. En 1984, sous l'impulsion de Washington, des élections eurent lieu et Daniel Ortega (FSLN), seul candidat de poids après le retrait pour intimidations de Cruz, prit la présidence du pays.

Les réformes communistes (nationalisation des terres, conscription), les nombreux rapprochements avec le Bloc de l'Est et la dureté de la police politique firent naître de nombreuses oppositions, trop disparate pour s'organiser. Mais en 1982, les Etats-Unis de Reagan décrétèrent un embargo et équipèrent l'opposition. La guerre civile fit rage jusqu'en 1989, faisant 57 000 victimes. Les élections de 1990 virent gagner Violeta Chamorro. Commença alors une politique libérale, pro occidentale, menée par d'anciens somozistes (Alemàn et Bolanos) qui prit fin en 2006.

Depuis 2006, le pays est dirigé par Daniel Ortega, toujours sous les couleurs du FSLN, plus modéré et plus proche de l'Église.

Économie

Le Nicaragua est le 2e pays le plus pauvre du continent américain, avec un PIB de seulement 2 900 $/habitant en 2008. Le chômage chronique est massif (46 %), 10 % des enfants de moins de 14 ans sont contraints de travailler et le quart de la population ne mange pas régulièrement à sa faim.

La libéralisation post-sandiniste des années 1990 a vu grimper le taux de croissance, mais l'amélioration s'est faite au détriment de la justice sociale, avec un nouvel accroissement des inégalités. Les 10 % de Nicaraguayens les plus favorisés contrôlent ainsi 42 % des ressources, contre 1,4 % pour les 10 % les plus pauvres... Conclusion : beaucoup de gens migrent vers l'eldorado américain. Leurs transferts d'argent représentent d'ailleurs 15 % du PIB national. Ceux qui restent travaillent surtout dans l'agriculture (17 %) ou le textile (60 % des exports), qui bénéficient depuis 2006 d'un accord de libre-échange avec les États-Unis. De plus, la sous industrialisation ne permet pas de valoriser les matières premières produites sur place.

La situation difficile du peuple se reflète dans celle des finances du pays. Incapable d'assurer ses dépenses de fonctionnement, il a bénéficié en 2004 du programme des Pays Pauvres Très Endettés (PPTE), qui a vu la dette allégée de 4,5 milliards de dollars. Reste qu'elle représente encore 75 % du PIB, ce qui fait du Nicaragua le 14e pays le plus endetté de la planète (à 2 places de la France).

Souci supplémentaire, la réélection d'Ortega a effrayé bon nombre d'investisseurs et la suspicion autour des dernières élections a concouru à la suspension de certaines aides. ■

Paul Hugues

Le volcan Concepción, constitutif de l'île d'Ometepe, dans le lac Nicaragua

La centrale géothermique du volcan Momotombo

Le Nicaragua est parfois qualifié de « pays aux mille volcans ». Dans l'ouest du pays, il est même impossible d'échapper à la vue d'un volcan. Ce relief accidenté s'explique par la subduction de la plaque Cocos (côté Pacifique) sous la plaque caraïbe (côté Atlantique). Il s'agit donc d'une zone tectonique active propice à la production d'énergie géothermique. Une étude estime à 1100 MWe le potentiel géothermique du pays[1].

Le Nicaragua compte aujourd'hui deux centrales géothermiques, toutes deux situées aux environs de León, au nord-ouest du pays : les centrales de San Jacinto et de Momotombo. Avec 77 MWe de capacité installée, la centrale de Momotombo est la plus importante. Mais sa production actuelle est de seulement 30 MWe. Elle est même descendue sous la barre des 10 MWe dans les années 90. Ce profil de production chaotique s'explique principalement par une mauvaise exploitation de la ressource géothermique.

Histoire de la centrale

La centrale géothermique de Momotombo est construite au pied du volcan du même nom, au bord du lac de Managua. Ce volcan, toujours actif aujourd'hui, est connu pour avoir détruit León en 1610. La production d'électricité commence en 1983 grâce à une turbine à vapeur de 35 MWe. Les débuts sont relativement concluants et incitent les responsables à doubler la capacité de production en installant une seconde turbine à vapeur en 1989. Mais la production passe progressivement de 70 à 9 MWe entre 1989 et 1999 à cause d'une mauvaise gestion de la ressource. Pour stopper la chute de la production, de nouveaux puits sont forés, mais sans succès notable sur la production de vapeur et donc d'électricité. La Compagnie Nationale d'Electricité du Nicaragua (ENEL), qui était en charge de l'exploitation de la centrale, a épuisé le potentiel géothermique : surexploitation et trop faible réinjection d'eau dans les puits (le reste étant rejeté dans le lac de Managua).

La centrale géothermique et le volcan Momotombo - Crédit personnel

En 1999, l'Etat décide de lancer un appel d'offre pour confier la gestion du site à une entreprise expérimentée. La concession de 15 ans est attribuée à ORMAT, une société israélienne spécialisée dans la géothermie. L'objectif est d'améliorer la gestion du réservoir naturel pour augmenter la production d'électricité. De nombreuses études géophysiques sont conduites en parallèle des opérations de réparation et de maintenance. Pour s'assurer d'une gestion durable de la ressource, la réinjection de l'eau est progressivement généralisée à tous les puits. Depuis 2002, une nouvelle turbine de 7 MWe permet de valoriser l'énergie véhiculée par l'eau, en plus des deux turbines à vapeur existantes. C'est la technologie du double cycle, aussi appelée cycle binaire (vapeur + eau). Au lieu d'utiliser directement la vapeur géothermique, on utilise la chaleur de l'eau géothermique pour réchauffer un fluide caloporteur (de l'isopentane ici) qui suit un cycle thermodynamique fermé. L'eau prélevée à 150°C est ensuite réinjectée à 110°C. En l'espace de cinq ans, ORMAT réussit à augmenter la production à environ 30 MWe. Comme le potentiel géothermique du site ne permet pas d'élever encore la production, l'entreprise s'efforce aujourd'hui de maintenir ce niveau de production. Par contre, elle négocie en ce moment avec le gouvernement pour forer de nouveaux puits situés en dehors des limites de la concession actuelle (une surface de deux kilomètres carrés), de manière à alimenter la turbine inutilisée de 35 MWe.

La centrale aujourd'hui

Avec sa récente turbine à vapeur de 7 MWe (pour le cycle binaire) en plus des deux anciennes turbines de 35 MWe, la capacité installée de la centrale géothermique de Momotombo s'élève à 77 MWe. Mais comme dit précédemment, les ressources actuelles ne permettent pas de produire

Puits de réinjection - Crédit personnel

autant. Lors de notre visite, la centrale produisait 27 MWe, dont 3 MWe étaient dédiés à l'autoconsommation de la centrale. Cela correspondait à la récupération d'environ 200 tonnes de vapeur par heure. A noter, sur les 53 puits forés, que seule une dizaine produit de l'énergie. Les puits les plus profonds dépassent les 2800 mètres de profondeur, à comparer aux premiers puits de quelques centaines de mètres. Concernant les effectifs, cinq personnes se relaient en 2x12 pour superviser et commander la centrale, et une soixantaine de personnes s'occupent de la maintenance des installations. Grâce à eux, la centrale produit de l'électricité dite *« de base »*, qui est ensuite injectée sur le réseau national haute tension à 138 kV.

Conclusion

En 2009, seulement 55% des nicaraguayens avaient accès à l'électricité. Pour satisfaire une croissance annuelle de la demande électrique d'environ 6%, le Nicaragua importe des hydrocarbures des pays voisins. Dans ce contexte de sous-production, l'exploitation de la géothermie permettrait à la fois de diminuer la dépendance énergétique du pays et de participer à l'effort collectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer qu'un projet d'extension de la centrale géothermique de San Jacinto – l'autre centrale géothermique du Nicaragua – utilise un mécanisme financier instauré par la CCNUCC, la Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique. Il s'agit du Mécanisme de Développement Propre (MDP) qui incite les pays industrialisés à investir dans des projets propres situés dans des pays en développement. A San Jacinto, ce financement devrait permettre de doubler la capacité de production afin d'atteindre 72 MWe, tout en évitant l'émission de 280 000 tonnes équivalent carbone. ■

Bartek Bogdan et Matthieu Thiboust

Notes :

[1] Porras 2008

Sources :

1. *"Twenty five years of production history at the Momotombo geothermal field, Nicaragua", Enrique Porras, 2008.*
2. *"Financer l'extension de la centrale géothermique de San Jacinto au Nicaragua" : http://www.proparco.fr/jahia/Jahia/lang/fr/site/proparco/Accueil_PROPARCO/Projets_PROPARCO/Tous-les-projets/Projet-san-jacinto-nicaragua*

Caractéristiques de l'installation – Crédit personnel

Biomasse

La centrale biomasse Ingenio Monte Rosa

Afin de produire de l'électricité, l'homme n'hésite pas à faire feu de tout combustible, aussi original soit-il, tant que celui-ci est aisément accessible. La centrale d'Ingenio Monte Rosa en est un parfait exemple !

Description générale

Situé dans le département agricole de Chinandega, l'usine Monte Rosa est gérée par la société guatémaltèque Pantaleon. Elle a pour but de **valoriser la totalité de la canne** à sucre en produisant du sucre brut et raffiné, de la chaleur utilisée sur place et de l'électricité revendue sur le réseau national. L'usine emploie 960 personnes qui s'organisent en 3x8, auxquelles nous pouvons rajouter environ 2500 personnes dans les champs de canne à sucre et 120 personnes dans l'usine de sucre. En raison de la saisonnalité de la récolte, l'usine fonctionne 24h/24, 7j/7, 160 jours par an durant la saison sèche.
Le dimensionnement de la chaudière est basé sur le séchage de sucre car il est la source principale de revenus. Les objectifs d'amélioration de la centrale s'expriment selon le ratio sans dimension consommation de vapeur sur masse de sucre produite : qui doit être le plus faible possible. Les exploitants visent 30%.

Procédé de traitement de la canne à sucre

La canne à sucre est tout d'abord nettoyée à l'eau pour retirer les impuretés (terre, insectes...), elle passe ensuite à travers une série de cylindres qui la broient grossièrement. Puis elle est hachée par une série de trois cylindres intriqués, avant d'être tamisée afin de ne garder que le broyat suffisamment fin. La puissance des moteurs des hachoirs sont respectivement de 1500, 3000 et 1750 chevaux moteurs (1.1, 2.2 et 1.3 MW). Pour éviter la fermentation du sucre, le système est refroidi par injection d'eau. Une dernière étape de broyage (série de 5 moteurs) permet de séparer la bagasse du sucre. Cette séparation se fait par gravité, le sucre sous forme de sirop est collecté dans un réservoir à la base de l'installation à un débit de 3000 gallons (11340 L) par minute. À ce stade, la bagasse est encore composée à 50% d'eau.
Le sucre est obtenu par évaporation de l'eau du sirop à l'aide de la vapeur produite au niveau de la chaudière et la production journalière est d'environ 13 000 tonnes de sucre.

Génération de vapeur

La bagasse broyée est ensuite brûlée dans deux chaudières qui produisent 150 t/h et 120 t/h de vapeur chauffée de 650 à 760°C. Cinq ventilateurs permettent de mettre en suspension la biomasse dans la chaudière. L'excédent de bagasse (300 à 400 t/j) est stocké, ce qui permet à l'usine d'avoir 6 à 8 jours de bagasse stockée en permanence et qui seront spécialement utiles lors du redémarrage de l'usine après la période d'arrêt (pendant le démarrage de la chaudière il existe aussi la possibilité d'utiliser du bois). Les fumées sont libérées dans l'atmosphère sans traitement préalable. Les cendres sont récupérées pour faire des fertilisants.

Production journalière		Génération électrique	
Sucre	13 000 t/j	$P_{installée}$	45 MW
Vapeur	160 000 t/j	$P_{vendue\ sur\ le\ réseau}$	31 MW
Electricité	1100 MWh	Energie autoconsommée	360 MWh/j

Fiche technique de la centrale

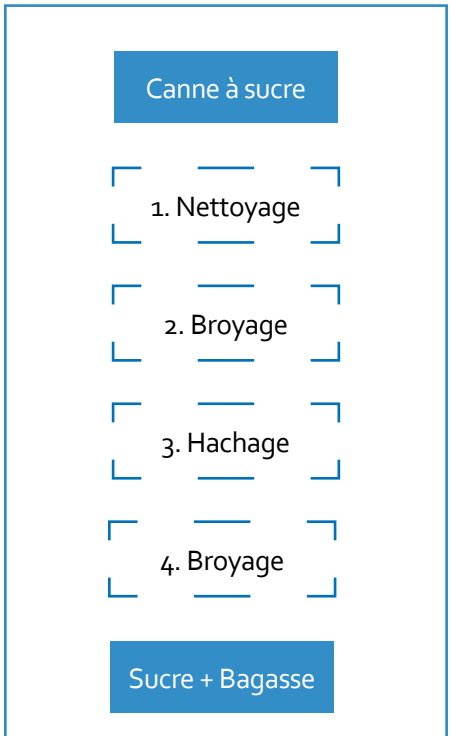
Génération électrique

L'installation électrique de la centrale comprend trois turbines entrainant trois alternateurs :

- Deux turbines à contrepression de 20 MW et 15 MW dont le point de fonctionnement est T=950°F et 950 PSI (63 bars), l'intérêt de ce type de turbine est que la vapeur est toujours utilisable en sortie.
- Une turbine à condensation de 16,5 MW dont la pression de la vapeur en sortie est de 25 mmHg (0.03 bar)

Les trois dispositifs sont de fabrication brésilienne et délivrent une tension de 13,8 kV. L'usine a elle même une autoconsommation de 15MW.

Paul HUGUES et Miguel LOPEZ-BOTET



Procédé de traitement de la canne à sucre

Politique

Rencontre au Ministère de l'Energie et des Mines

Le secteur électrique du Nicaragua a connu de fortes évolutions au cours des dernières années, en termes de capacités d'organisation et de capacités de production. La part de la population ayant accès à l'énergie électrique a également fortement augmenté, bien que les disparités demeurent fortes entre l'Ouest et l'Est du pays.

Le gouvernement mène actuellement une politique ambitieuse afin de développer la production d'électricité d'origine renouvelable, dont le potentiel est particulièrement intéressant au Nicaragua, en particulier pour la géothermie.

Dans le cadre de notre voyage d'études, nous avons été chaleureusement reçus dans les locaux du Ministère de l'Energie et des Mines (MEM). Des représentants du Ministère nous ont présenté les projets en cours dans le domaine de la production d'électricité solaire, et en particulier le projet pilote réalisé au sein du Ministère.

Les échanges qui ont suivi nous ont permis de mieux comprendre l'organisation du secteur électrique au Nicaragua ainsi que les enjeux actuels. Nous nous proposons ici de rappeler brièvement la structure du secteur et les caractéristiques du parc de production, puis de présenter les projets photovoltaïques en cours.

Le secteur électrique

A la fin des années 90, la loi sur l'industrie électrique a organisé le secteur en trois domaines d'activités : la production, le transport et la distribution.

- La production est ouverte à la concurrence et 80% des producteurs sont aujourd'hui des entreprises privées.
- Le réseau de transport est propriété de l'Etat à travers l'Entreprise Nationale de Transport d'Electricité (ENATREL). ENATREL gère le système interconnecté national (SIN) en collaboration avec le Centre national de dispatching (CNDC).
- Le système de distribution a été privatisé en 2000 et appartient à l'entreprise espagnole Union Fenosa. Le gouvernement du Nicaragua a acquis 16% des actions de l'entreprise.

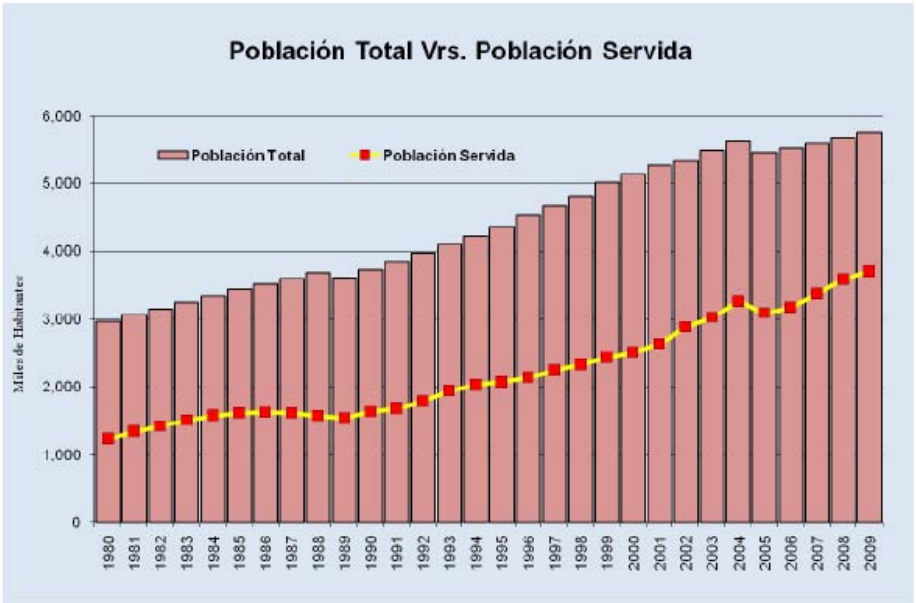
Consommation et accès à l'électricité

Au début de l'année 2011, 66% de la population Nicaraguayenne avait accès à l'électricité, contre seulement 53% en 2007.
Les disparités d'accès au réseau demeurent cependant très fortes entre l'Ouest du pays, et la côte Caraïbe, moins développée et moins accessible.

Production : Caractéristiques et objectifs

Réduire les pertes

Environ 28% de l'électricité produite est actuellement perdue. 2% des pertes ont lieu sur le réseaux de transport et 26 % surviennent sur le réseau de distribution. Sur ces 26%, 8% sont des

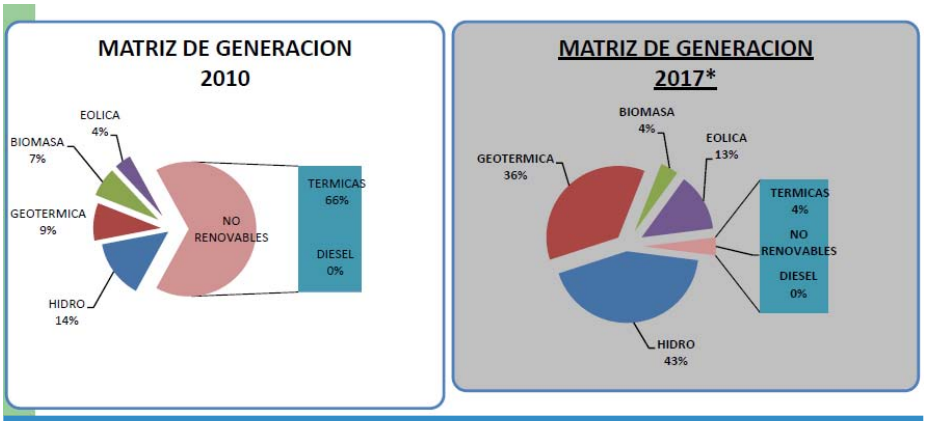


Evolution de la part de la population ayant accès à l'électricité. Source : MEM

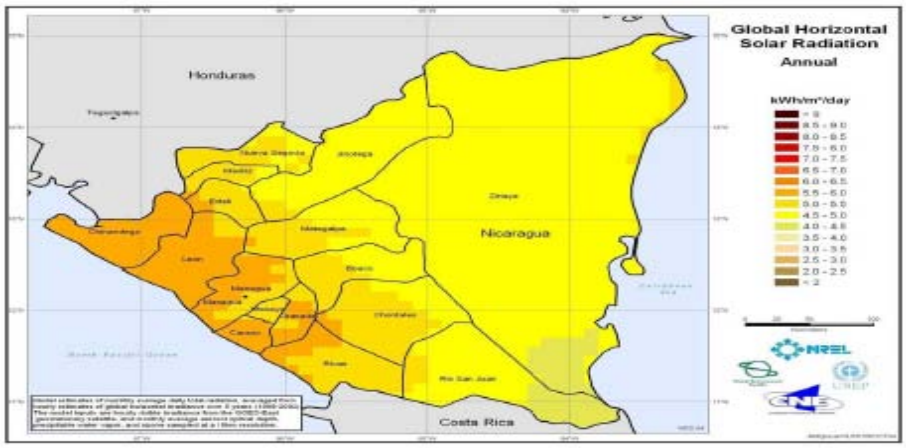
pertes techniques, alors que les pertes non techniques atteignent les 18%. Les pertes non-techniques correspondent à des problèmes de facturation ou à des fraudes.
Par conséquent, le Ministère de l'Energie et des Mines ainsi que les entreprises de distribution mènent un programme visent à réduire ces pertes, afin de les ramener à un niveau proche des standards internationaux.

Développer l'électricité d'origine renouvelable

Au cours des 15 dernières années, la production d'électricité a augmenté d'environ 5% par an. Actuellement la production atteint les 3000 GWh par an.
La capacité installée au niveau national est de 902,08 MW effectifs. Le système interconnecté représente une capacité de 880 MW, contre 22,5 MW pour la production décentralisée.
L'électricité d'origine renouvelable représente 34% de la production en 2010, et l'objectif du gouvernement est d'atteindre l'objectif ambitieux de 96% d'électricité renouvelable d'ici 2017. Cela reviendrait donc à passer de 14% à 43% pour l'hydraulique et de 9% à 36% pour la géothermie. Pays volcanique par excellence, le Nicaragua présente un fort potentiel géothermique.
Le photovoltaïque, qui n'apparait pas dans les graphiques ci-dessous, doit également être développé, dans des proportions cependant moins importantes. La technologie photovoltaïque est encore peu présente au Nicaragua, et l'installation de panneaux connectés au réseau est un défi technologique. Les représentants du Ministère nous ont donc fait découvrir ces projets, sur lesquels ils sont particulièrement impliqués.



Passer de 34% à 96% d'électricité d'origine renouvelable à l'horizon 2017. Source : MEM

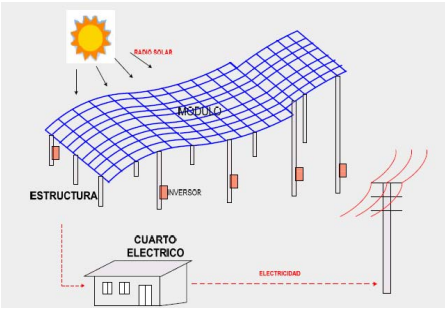


(Fuente: SWERA, UNEP)

Carte du potentiel solaire Nicaraguéen

LE SOLAIRE AU NICARAGUA

Situé entre 11 et 14 degrés au nord de l'Equateur, le Nicaragua dispose d'une radiation solaire abondante. Des premières études initiées en 1982 par l'Institut Nicaraguayen de l'Energie ont permis d'aboutir à la carte ci-dessous. Celles-ci s'inscrivent dans le déroulement d'un projet de



Le projet pilote de 90 kWc.

plus grande envergure au niveau de l'Amérique Centrale : le projet SWERA. Ce dernier, sous la direction Du Ministère de l'Energie et des Mines du Nicaragua, a pour objectif d'impulser :

- Le développement de projets photovoltaïques pour les zones isolées ;
- Le développement de projets pilotes connectés au réseau électrique ;
- La réalisation d'études pour définir les cadres techniques, économiques et juridiques de systèmes PV de plus grande échelle ;
- L'utilisation de systèmes solaires thermiques pour la réduction de la consommation d'énergie fossile dans différents secteurs de production .

VISITE DU MARDI 22 MARS 2011 : LE PREMIER PROJET PILOTE DE 90KWC

C'est dans ce contexte de développement des énergies renouvelables et plus précisément des projets de systèmes PV et du potentiel solaire au Nicaragua que nous avons été accueillis dans les locaux du Ministère de l'Energie et des Mines du Nicaragua à Managua.

C'est avec une réelle envie de faire partager leur expérience et d'ouvrir le débat sur l'intégration des énergies renouvelables que le MEM nous a présenté ce projet pilote inédit au Nicaragua en terme de puissance installée et connecté directement au réseau électrique de distribution.

En effet, avec l'appui financier du gouvernement coréen à une hauteur de 1 million de dollars, le MEM a installé sur son parking 450 panneaux photovoltaïques de 200 Wc pour une capacité totale installée de 90 KWc.

L'objectif de ce pilote est principalement d'étudier l'intégration de la production d'électricité de nature intermittente sur le réseau électrique afin de pouvoir le reproduire dans des zones plus isolées électriquement, problématique essentielle au Nicaragua.

Ainsi, la production d'électricité et l'approvisionnement du réseau sont analysées séparément.

Sa production mensuelle moyenne de 11 000 kWh permet d'assurer 44% de la consommation des locaux du Ministère.

Très satisfait de ces premiers résultats, le MEM nous a expliqué qu'il s'agissait d'une étape préparatoire, et que désormais il était crucial de mettre en place le cadre juridique et économique de telles installations comme le mode d'intégration, les moyens de subvention et le prix de rachat de l'électricité qui pour le moment est au prix plancher de 90$/MWh pour cette

Le projet pilote EURO SOLAR

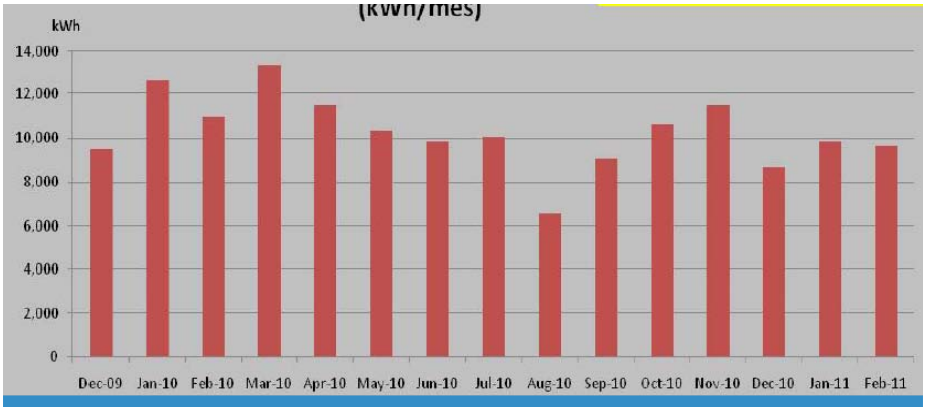
structure sans coût de production.

LES AUTRES PROJETS EN COURS

Projet EURO SOLAR

Initié par le gouvernement de Réconciliation et d'Unité National (GRUN) et le MEM, le projet EURO SOLAR est un programme de financement de projets PV entre le gouvernement du Nicaragua et l'Union Européenne (apport de 1.7M€ par l'UE).

Ainsi, 42 communautés ont reçu des *« Kits »* d'électrification composées de panneaux photovoltaïques, d'une antenne satellite et d'ordinateurs portables. Au total, un potentiel de 1200 Wc a été installé et les



Production mensuelle du projet pilote. Source : MEM

communautés disposent entre autre d'une assistance technique.

Projet de centrale PV de 900KWc

Suite aux résultats encourageants obtenus par le projet pilota du MEM, un projet de 900KWc devrait être opérationnel en Décembre 2011.

Mis en place avec l'appui technique et financier du gouvernement japonais (11M$), des panneaux vont être installés sur une zone de 16000 m2. Cette centrale sera connectée au réseau de distribution et son objectif est de vendre l'énergie générée au réseau électrique afin d'utiliser les gains pour financer des actions d'améliorations de l'efficacité énergétique des hôpitaux.

Projet de système solaire thermique pour la production d'eau chaude dans l'hôpital régional de Santiago, Jinotepe

Le MEM et l'Agence de l'Energie et de l'Environnement ont mis en place un projet d'installation de 48m2 de *« collecteurs solaires »* (colectores solares ?) et 3 cuves thermiques pour le stockage de 800 Gallons d'eau chaude à une Température Moyenne de 60°C pour la consommation journalière de l'hôpital.

Cette installation permettrait ainsi de réduire les émissions dues à l'utilisation des combustibles fossiles, de baisser la facture énergétique du secteur de la Santé et de diminuer les coûts de maintenance .

Projet Francia Sirpi

Projet Francia Sirpi

Il s'agit d'un projet d'installation de 7 centres solaires de recharge de batteries d'une capacité installée de 2.4 KW pour fournir jusqu'à 367 foyers. Chaque centre se compose de 30 panneaux de 80KWc et de 18 batteries.

CONCLUSION

A l'heure où les ambitions du Nicaragua en termes d'intégration des Energies Renouvelables sont considérables, le développement du marché du solaire offre des opportunités intéressantes.

L'ensemble de ces projets, en cours ou finalisés, tendent à promouvoir le solaire au niveau national en permettant de mieux maîtriser les coûts et de mettre en place les mesures de financement.

Nous remercions ainsi chaleureusement le MEM pour son accueil et pour sa présentation qui nous ont permis de mieux comprendre les enjeux du solaire au Nicaragua. ■

MARION LABATUT ET CAMILLE VIAUD

Projet d'une centrale de 900 kWc.

Conférence à l'Université Nationale d'Ingénérie de Managua

Le 22 mars, nous avons effectué une conférence à l'Université Nationale d'Ingénierie basée à Managua, sur le thème des « Smart grids pour les pays émergents ». Retour sur cet événement central du voyage.

Pourquoi ce thème ?

Il faut bien mettre en perspective le fait que les smart grids sont le thème de cette année au mastère OSE : sur ces technologies éminemment porteuses, nous organisons un colloque fin septembre et rédigeons un livre à paraître également d'ici la fin de l'année. Plus précisément, l'axe d'étude qui a été choisi est l'apport potentiel des réseaux intelligents aux pays émergents ou en développement, dont fait évidemment partie le Nicaragua (pays pauvre, même comparativement à ses voisins). De fait, six mois de veille et de réflexion nous ont donné légitimité et matière à organiser une conférence, que nous avons proposée à l'UNI.

Le contenu de la conférence

Reprenant la plupart des études qui parsèmeront notre livre, la conférence déployait à la fois une présentation de ces technologies, la spécificité des pays émergents, l'état de l'art actuel et enfin l'adéquation possible entre les smart grids et les réseaux les moins développés. Actuellement en vogue dans les pays les plus industrialisés en raison d'une urgence à lutter contre les pointes de consommation, à intégrer les énergies renouvelables ou encore à améliorer l'efficacité énergétique, les réseaux intelligents peuvent également tomber à point nommé pour les pays émergents, afin de contribuer également à des actions de nature sensiblement différente : lutter contre les vols et les *« black out »* ou encore rendre plus efficaces les micro-réseaux des régions très décentralisées voire isolées. Face à des experts nationaux en énergie ou électronique, nous avions à cœur de développer une analyse concrète et réaliste du potentiel réel des smart grids dans le contexte très particulier des pays émergents. Forts de l'expérience de certains de nos camarades dans de tels pays (Vietnam, Colombie...), de notre travail de fond réalisé depuis plusieurs mois sur les expériences menées partout dans le monde, ainsi que des informations recueillies auprès des intervenants du mastère, nous avons su illustrer les opportunités (meilleures fiabilité et efficacité économique du réseau) et les limites (problème d'investissement principalement) de cette technologie. Le nombre de visiteurs, l'attention de l'audience et le foisonnement de questions en fin de conférence attestèrent de la réussite de cette entreprise.

Les principaux sujets ou réflexions développés en fin de conférence

Une des spectatrice les plus concernées de l'assistance, professeur en énergie, a tout d'abord noté combien ces technologies étaient révélatrices de l'évolution multidisciplinaire des techniques, en ceci qu'elles nécessitent l'apport des énergéticiens, des électroniciens ou encore des spécialistes des sciences de l'information. Elle a témoigné du fait qu'effectivement, les smart grids constituent une réponse à leurs problématiques énergétiques, par le biais de l'exemple suivant : une étude, dernièrement, leur a été commandée par une association de consommateurs afin de vérifier si les usagers d'électricité s'acquittent de frais qui représentent réellement leur consommation. Autrement dit, que les incidents de délestage voire de coupure totale, additionnés, répétés, ne provoquent pas des carences de fourniture telles que les factures finales ne reflètent plus suffisamment la consommation, voire créent des *« injustices économiques »* au sein de la population. Il apparut alors évident que les smart grids, déployés dans un tel contexte, seraient un moyen tout à fait efficace d'analyser ce phénomène. Dans le même ordre d'idée, mais à un niveau plus global, plusieurs réflexions de notre auditoire nous donnent à penser que les universitaires se posent la question de la promotion nationale de ces nouvelles technologies. En effet, dans un pays dont la stabilité politique est relativement fragile, et qui ne dispose pas véritablement d'institutions *« garde-fous »* intermédiaires entre l'Etat et le peuple (comme par exemple la CRE ou l'ADEME chez nous, qui sont garantes d'une certaine constance dans les politiques énergétiques), le corps professoral a une mission d'autant plus grande dans son apport à la gestion publique de l'énergie. Donc, ils sont dans un

certain questionnement quant à leurs moyens d'impulser et de favoriser les partenariats entre les producteurs d'électricité et l'Etat. Ainsi, une autre question, posée par un ingénieur ayant étudié le sujet des réseaux intelligents, a porté sur les exemples de *« projets smart grids »* dans des pays émergents, ce à quoi nous avons cité notamment un exemple brésilien. Enfin il nous a été demandé, en marge du sujet proprement dit, si des opportunités de coopération existaient entre le centre de mathématiques appliquées des Mines de Paris et leur université.

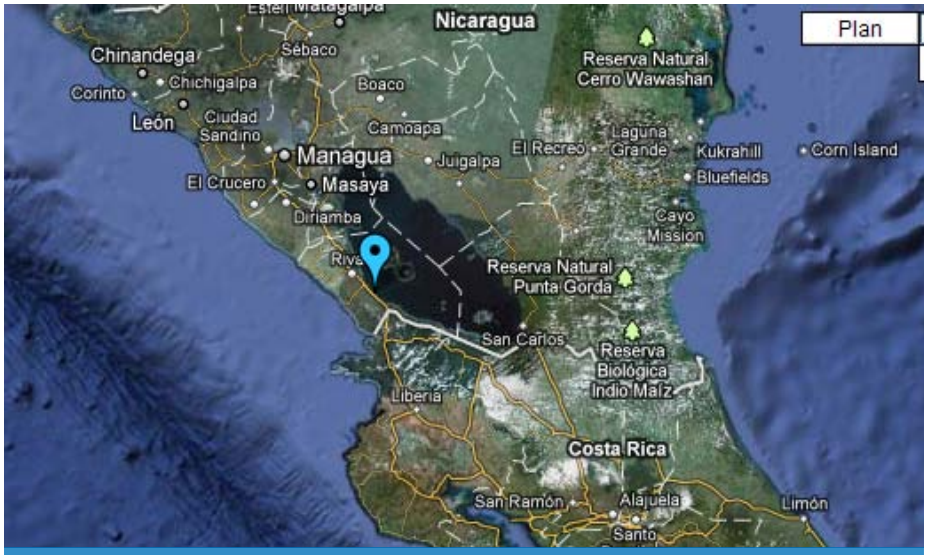
BILAN DE LA CONFÉRENCE

Première expérience concrète de diffusion de nos travaux, hormis le *« projet lycée »* dispensé à des auditoires certes moins exigeants, cette conférence nous a permis de constater que nous étions à même d'apporter un éclairage pertinent sur des thèmes a priori complexes et étrangers à notre propre contexte énergétique. C'est de bonne augure pour la suite, en particulier pour le livre pour lequel nous nous devons d'apporter une valeur ajoutée conséquente, face aux innombrables publications sur le sujet des smart grids. Nous avons globalement été très satisfaits de cette intervention, projet mené de main de consultant par notre camarade Miguel et avec le soutien fort appréciable de notre professeur d'anglais Mme Levingston.

ARNAUD MAINSANT ET TEDDY BOUVET

LE PARC ÉOLIEN D'AMAYO

Renouvelable



Localisation du parc éolien. Crédit : Google Earth.

Situé à Rivas, à 128 Km de Managua, et au bord du lac Nicaragua, le parc d'Amayo est le plus grand projet d'énergie éolienne du pays et l'un des plus importants d'Amérique Centrale. Les 63 MW de puissance installée, qui représentent près de 8% de la capacité nationale, ont été raccordés au réseau entre le début de l'année 2009 et la fin de l'année 2010.

Le parc d'Amayo est né d'un consortium composé par le groupe *« Energia Eolica de Nicaragua SA »* (ENISA), Centrans Energy Services du Guatemala et Arctas Capital Group L.P. des Etats-Unis. Ce projet a été développé en deux étapes : Amayo I, qui a permis la mise en service de 19 turbines dès février 2009, et Amayo II qui a permis l'installation de 11 nouvelles turbines. Le coût total de ces deux étapes est compris entre 55 et 95 millions de dollars.

Le site qui a été choisi par le consortium après 8 ans d'études préliminaires, possède des caractéristiques idéales pour le développement de l'éolien. En effet, la facilité de raccordement au réseau national, les excellentes caractéristiques du terrain, ainsi que l'uniformité du vent sont des atouts que le site possède. Depuis la mise en service de la première phase, son principal client est le groupe espagnol Union Fenosa, principal acteur de distribution d'électricité au Nicaragua. Ce dernier commercialise ensuite l'électricité dans le réseau national et dans les réseaux du Honduras et du Costa Rica. Le prix de vente de sa production est actuellement d'environ U$86.5/MWh. Par ailleurs, Amayo a été développé sous le Mécanisme de Développement Propre (CDM) établi par le protocole de Kyoto, ce qui lui permet de vendre des crédits carbone à des pays soumis à cet accord[1].

Les 30 turbines du parc sont de marque Suzlon, l'un des principaux fournisseurs du secteur au niveau mondial. Chaque éolienne mesure 40 m de haut et développe une puissance nominale de 2,1 MW. Les éoliennes sont également toutes automatisées et connectées à l'ordinateur central par un réseau de fibre optique qui permet leur contrôle et leur supervision à distance et en temps réel. Les axes peuvent tourner de 360° en fonction de la direction du vent. Le facteur de

charge moyen est d'environ 50%, ce qui est particulièrement important. La production annuelle s'établie donc à environ 250 GWh.

Ce projet de grande ampleur est en accord avec la politique énergétique du Nicaragua qui souhaite actuellement réduire la part majoritaire du pétrole dans son portefeuille énergétique et développer le fort potentiel qui existe dans les énergies renouvelables. Enfin, de nombreux emplois ont été crées pour la construction du site, l'exploitation et la maintenance.

Ainsi, grâce au projet Amayo, le Nicaragua diminue sa dépendance énergétique aux combustibles fossiles ainsi que ses émissions de gaz à effet de serre et stimule l'activité économique de la région.

Pierre-Jean DELHOUME et Saul PEDREZA

Notes :

[1] Amayo I permet une réduction de 120,800 tonnes de CO_2/an (http://cdm.unfccc.int)

PROLEÑA : PRÉSENTATION DES CUISINES AMÉLIORÉES

Avec une intensité énergétique de 0.69 tep/millier 2000 US$ de PIB, et 38% de l'énergie importée[1], le Nicaragua est parmi les pays d'Amérique centrale ayant la plus forte intensité et dépendance énergétique, après la Guyane, le Suriname, et Haïti, dont les situations s'expliquent en grande partie par la petite taille des pays. En ce qui concerne le Nicaragua, les raisons sont différentes.

Le pays bénéficie d'un excellent potentiel pour les énergies renouvelables (en particulier la géothermie, l'éolien, l'hydraulique et la biomasse), qui pourraient couvrir l'ensemble de la production électrique du pays, si les ressources étaient exploitées. Le secteur des transports est pour le moment dépendant à 100% des importations de pétrole, et les alternatives telles que le biogaz, le biodiesel, le « biocrudo » et le bioalcool , qui pourraient être utilisées ne le sont pas.

*Pourtant la biomasse représente près de la moitié de la consommation d'énergie primaire du pays. Ses applications ? Il s'agit principalement d'usages domestiques, pour lesquels le bois, ou « **leña** » représente la source essentielle d'énergie. Mais son utilisation est encore très inefficace…*

Mastère OSE sur la présentation de PROLEÑA

LE MARCHÉ DU BOIS AU NICARAGUA :

Le marché du bois au Nicaragua représente 100 à 120 millions de $ par an. En comparaison, celui du pétrole représente 700 Millions de $ par an. Que ce soit au niveau de la production, du transport ou de la commercialisation, ce marché est très règlementé. Toutefois, cette réglementation est mise en échec du fait de nombreuses pratiques illégales ainsi que de la corruption. Une des conséquences de cet échec : pour une tonne de bois achetée autour de 8$ au propriétaire de l'exploitation, le consommateur final doit débourser entre 80 et 100$, un prix d'autant plus élevé que le bois est vert et contient encore 40% d'eau.

L'utilisation domestique de bois au Nicaragua demeure par ailleurs –et à raison- liée à l'idée de pauvreté d'une part, et de destruction de l'environnement (déforestation) d'autre part. En effet, dans l'évolution classique des combustibles à usages domestiques utilisés par une société *« en développement »*, le bois à bruler est considéré comme étant le premier stade, généralement suivi par l'utilisation de charbon végétal, puis de pétrole/kérosène, puis de gaz liquide, et enfin d'un mix électricité/gaz naturel.

Sur cette *« frise »* d'évolution énergétique, la plupart des pays d'Afrique en sont par exemple au charbon végétal. La volonté des experts de l'organisation *« Proleña »* serait d'effectuer un *« saut technologique »*, et de convaincre les utilisateurs actuels de charbon végétal d'opter pour le gaz. Cependant, le niveau de pauvreté important (une grande partie de la population vit en dessous du seuil de 2$/jour), le manque d'éducation, la facilité d'accès et le prix relativement faible du bois constituent des obstacles à cette évolution : les gens qui rentrent du travail le soir, la paie de la journée en poche, préfèrent acheter le bois en rentrant à la maison ; faire des économies, mettre de l'argent de côté pour acheter du gaz à la fin du mois ne fait pas partie de la culture locale. La transition vers l'utilisation de gaz naturel au Nicaragua n'est donc pas encore pour aujourd'hui…

PROLEÑA : LA MODERNISATION EN ATTENDANT LA TRANSITION (OUAIS, ÇA DAUBE, TROUVE MIEUX SI TU PEUX…)

PROLEÑA développe son activité dans le domaine de la biomasse depuis 14 ans. Cette organisation, implantée dans la région Pacifique pour la richesse des terres agricoles et le développement des activités de production de charbon a pour objectifs principaux de promouvoir la modernisation des usages domestiques et industriels de la biomasse, ainsi que le management durable des ressources forestières pour l'énergie. Leurs activités englobent également un travail d'expertise et de conseil en développement de projets d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables.

Plus particulièrement, Proleña œuvre pour la démocratisation de *« foyers améliorés »*, pour remplacer la combustion en foyer ouvert.

Cette dernière présente en effet de nombreux inconvénients : faible rendement et pertes énergétiques importantes, pollution et risques pour la santé à cause des fumées toxiques et corrosives (la combustion du bois vert libère de l'acide acétique et cyanhydrique qui attaquent la tôle métallique des toits des habitations et crée des trous ! ...)

Proleña développe, construit et vend donc des foyers améliorés (« *Ecofogons* ») à bois et à charbon de bois. Depuis leurs débuts en 1997, 11300 unités ont ainsi été vendues[2].

Parmi les foyers à la base de bois on peut citer divers modèles : Mega-ecofogon, Ecoleña, Monolitica plancha (fabriqué en ciment et briques, sert plutôt pour le secteur commercial), Eco-horno (a un double usage – four et plaque chauffante), Liciernaga (sert à cuisiner et produire de l'électricité pour les autres activités), etc.

Les prix s'échelonnent en général de 100 à 200$, suivant la taille et la complexité des modèles.

Grâce à l'utilisation de ces foyers améliorés, la consommation de bois se trouve réduite de moitié. Pour un prix du bois de 80$ la tonne, un modèle à 150$ est par exemple rentabilisé en 8 mois environ.

La chaleur nécessaire à la cuisson de l'argile qui entre dans la conception de ces cuisinières est elle aussi obtenue via la combustion de biomasse (en particulier du bois et des déchets agricoles). 1 à 1.5 tonnes de bois sont ainsi nécessaires à la production de 10 à 15 tonnes de terre cuite. La terre cuite produite sert généralement à la production de tuiles et de briques.

Proleña travaille également sur des solutions de production de charbon de bois. La méthode traditionnelle de carbonisation consiste à faire brûler le bois dans des fosses creusées dans le sol, ou bien à couvrir une pile de bois de feu d'un habillage de terre; c'est la meule ou «*parva*». Or l'impact environnemental est important, et le rendement est faible. L'organisation développe donc des fours (en brique ou en acier bon marché) pour améliorer la carbonisation.

Par ailleurs, la déforestation est un problème de plus en plus important au Nicaragua : celle-ci est en grande partie due à l'utilisation des terres pour l'élevage d'animaux destinés à l'exportation, mais également liée à la grande consommation de bois. Proleña travaille donc aussi à la reforestation des exploitations de bois. Les espèces choisies pour être replantées sont par exemple des eucalyptus, sélectionnés pour leur croissance rapide et leur grande richesse énergétique (bonne combustion). Afin d'améliorer encore ces caractéristiques par sélection génétique, l'organisation développe

Foyer amélioré à charbon de bois

« Les gens exportent leur viande pour se faire de l'argent mais détruisent les forêts »

Foyer amélioré à bois « Ecofogon »

« Hornos » pour la préparation du pain et des pizzas

des jardins de clonage. A la date de notre visite, plus de 2 600 000 spécimens avaient été replantés. Le bois met environ 6 ans à repousser, 3 ans lorsqu'il est destiné à l'utilisation dans des foyers de petite taille.
Au total, le personnel de l'organisation est assez restreint : 2 techniciens, 3 personnes dans les plantations, et 1 personne pour le service clientèle.

Les obstacles sont encore nombreux…

Pour que les foyers améliorés se démocratisent, les solutions doivent tout d'abord être bon marché. Proleña avait ainsi pensé importer des foyers de Chine, ou bien imiter la conception, qui faisait appel à l'utilisation de fibres de céramique. Mais les Nicaraguayens, de nature curieuse avaient tendance à les ouvrir, et voir ce qu'il y avait dedans, ce qui n'est pas recommandé pour la santé…Par ailleurs, l'entretien des objets ne fait pas vraiment partie de leur culture : les solutions proposées se doivent donc d'être robustes.
En outre, l'utilisation de bois vert demeure un problème. Les gens n'ont en effet pas la possibilité de le faire sécher : d'une part, le risque de se le faire voler avant qu'il soit sec est trop important, d'autre part les gens n'ont pas les moyens de capitaliser et d'acheter 3 mois en avance le bois pour le faire sécher. Il faudrait ainsi trouver les gens dont le capital permet d'acheter le bois en avance pour le laisser sécher –mais demeure le risque de vol-, ou bien développer une solution technique pour faire sécher le bois rapidement. Dans cette dernière optique, Proleña se penche sur une technique de torréfaction qui consiste en un traitement thermique *« doux »*, où le bois chauffé à 220-250°C jusqu'au cœur, est libéré de son eau. Il s'agit d'un processus auto-entretenu, durant lequel le bois ne perd *« que »* 15% de son énergie en pratique. Enfin, cette technique permet de rendre le bois résistant aux insectes.
Une solution de traitement des fumées grâce à un catalyseur a également été testée, mais cette solution reste chère sur le marché. En effet, le Nicaragua ne possédant pas de grande industrie, tout produit transformé doit être importé.
Enfin, un dernier exemple illustre la complexité de la tâche de Proleña : il y a quelques années, une de leurs conceptions consistait en un foyer amélioré auquel était couplée une petite turbine, qui, récupérant l'énergie thermique accumulée dans le foyer après son utilisation, permettait d'alimenter en électricité quelques ampoules. Mais les gens en ont profité pour s'équiper de télévisions, ou d'autres appareils, et se servaient au final de la cuisinière comme d'un générateur en continu, augmentant au passage leur consommation de bois. Proleña a décidé de retirer ce modèle du marché.
Les principaux obstacles ne sont peut-être pas techniques, mais bien socioculturels et comportementaux, ici comme ailleurs…

Préparation de dîner pour le Mastère OSE sur le foyer amélioré

François BRIENS, Mariya FILATOVA et Adrien ATAYI

Notes :

[1] Statistiques 2008 de l'AIE, à noter concernant la dépendance que ce chiffre est en baisse depuis 2001 où il atteignait 45%.

[2] A l'époque de la visite.

UNE JOURNÉE À KAHKABILA

Kahkabila est un petit village d'environ 500 habitants situé à une cinquantaine de km au nord de Bluefields dans la région dite "Autonome Atlantique Sud" du Nicaragua. Le village est fortement isolé puisqu'il nous a fallu pas moins de 2h de bateau dans la mangrove pour le rejoindre … Pourtant, ce village du bout du monde est depuis peu relié au réseau électrique du Nicaragua!

Localisation du village de Kahkabila, sous le carré bleu.

Historique - Comment en est-on arrivé là ?

Marie Roussel, Coopérante de l'ONG blueEnergy depuis 2008, nous a permis de revenir sur les étapes de la construction du réseau électrique à Kakahbilah. blueEnergy est présent dans cette communauté depuis 7 ans et ils y ont installé leur première éolienne en 2007. Celle ci avait pour but d'alimenter la lumière de l'école le soir. Aprés le succés de cette opération, ils installent une deuxième éolienne en décembre 2008 afin d'alimenter cette fois-ci un centre de santé.Cependant en 2009, au grand étonnement de blueEnergy, qui prépare d'autres projets pour Kahkabila, le village se voit relié au réseau de distribution électrique Nicaraguayen. Cette faveur soudaine est en fait, selon Marie Roussel, un simple *«retour de pièce»* d'un vote massif des villageois en faveur des sandinistes aux dernières élections municipales. Cette connexion inattendue rend les éoliennes inutiles et blueEnergy souhaite les retirer pour en faire bénéficier d'autres communautés, mais les villageois s'y opposent vivement !. Ces éoliennes sont en effet une énorme source de fierté pour eux par rapport aux villages voisins et une preuve de leur dynamisme. Après d'âpres discussions, les membres de blueEnergy parviennent finalement à convaincre les villageois d'enlever une éolienne sur les 2 installées. Ils laissent l'éolienne la plus visible depuis la côte afin de leur permettre de faire face aussi aux fréquentes coupures de courant du réseau.

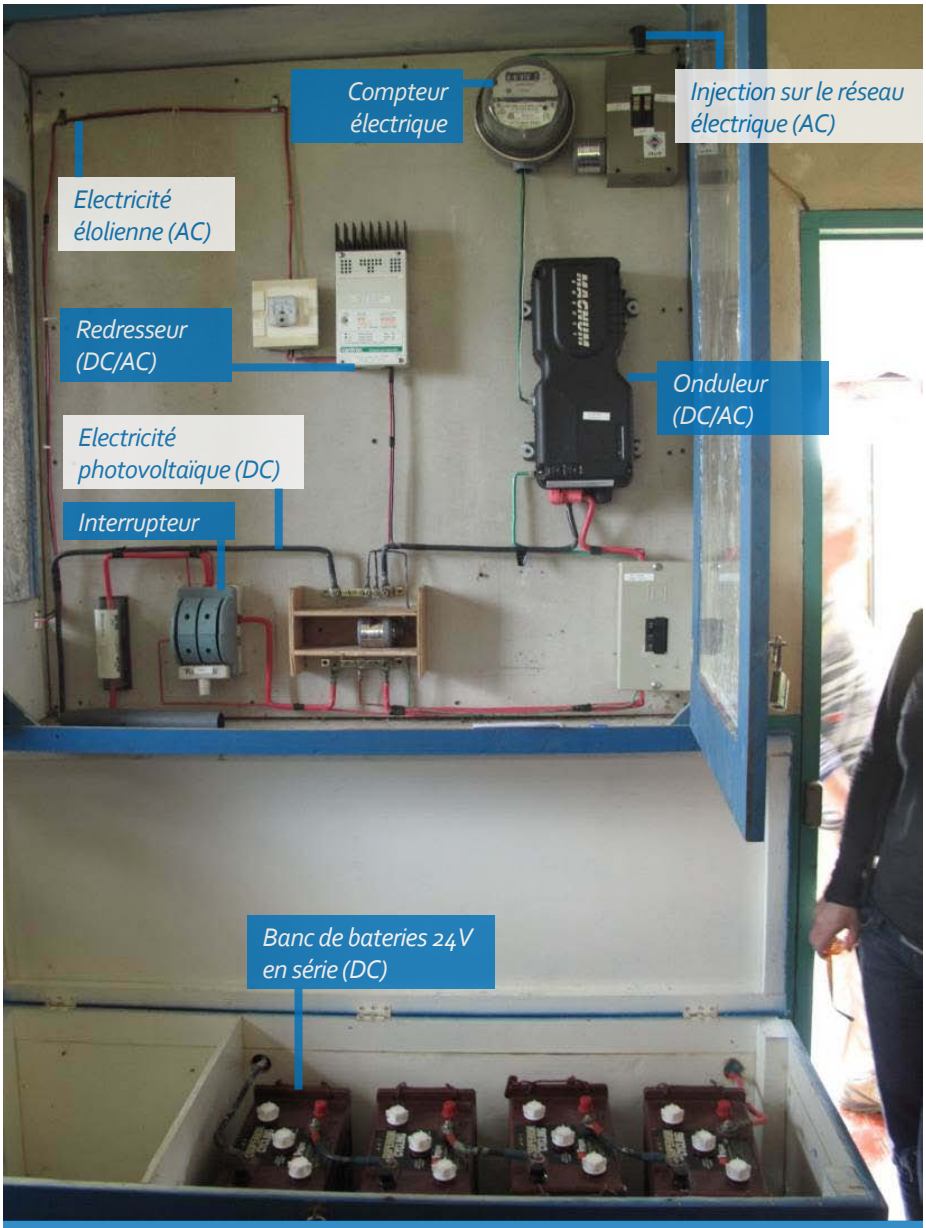
Fonctionnement du système.

Aujourd'hui, l'installation électrique de blueEnergy est donc composée d'une éolienne 1kW, d'un panneau solaire 330Wc et de 4 batteries en série. Le système est volontairement très simple afin de faciliter au maximum son utilisation et sa maintenance. La photo ci dessous en détaille les principaux composants.

L'électricité produite par l'éolienne en alternatif [AC] est d'abord convertie en courant continu [DC] à l'aide d'un redresseur pour pouvoir être stockée dans les batteries. Celles-ci se chargent progressivement à partir de deux sources d'énergie différentes : photovoltaïque et éolienne. L'électricité ainsi stockée est ensuite convertie à nouveau en alternatif à l'aide d'un onduleur puis enfin injectée sur le réseau. Les batteries permettent de jouer le rôle de *« tampon »* et assure la fonction d'équilibre production/demande.

Ce système simple et robuste fonctionne relativement bien, pour peu qu'il soit correctement entretenu… Car toute la difficulté réside en fait dans la pérennisation du sytème installé. Une fois partis, les membres de blueEnergy veulent s'assurer que les habitants de Kahkabila savent entretenir leur système. Un autre volontaire américain de blueEnergy nous confie d'ailleurs, sur sa propre expérience, que pour une heure de travail technique, il y a toujours au moins 15 heures de travail social derrière…

A ce niveau, blueEnergy a accumulé une expérience significative dans le domaine. Installer une éolienne ou des panneaux photovoltaïques dans une communauté reculée puis laisser les habitants livrés à eux mêmes n'a aucun sens. Il faut bien en amont interroger attentivement la population, analyser les besoins, afin de déterminer la meilleure solution pour eux qui peut bien souvent être différente de ce qu'ils souhaitent !. Il faut ensuite bien entendu faire des visites régulières mais aussi mettre en



Système de contrôle du système hybride installé à Kahkabila

place des processus qui assurent le bon maintien des installations en l'absence des membres de blueEnergy.

De manière plus concrète, l'association fournit confie les clefs à un opérateur motivé et préalablement formé à faire quelques opérations de maintenance routinière (changer l'eau déminéralisée des batteries, couper le courant en cas de dysfonctionnement). Des fiches de maintenance sont aussi présentes en cas de besoin.. Mais ce genre d'opérations est en fait compliqué dans une communauté qui n'a pas une approche vraiment rigoureuse du temps... Une batterie s'est ainsi malheureusement abîmée suite à un oubli de l'opérateur...

Ces difficultés à faire maintenir correctement le système installé s'explique par le fait que les habitants ne s'en sentent pas vraiment responsables puisque celui-ci a été installé gratuitement par des personnes extérieures... Pour remédier à cela, blueEnergy implique au maximum les villageois dans la construction du projet et cherche aussi à les faire participer financièrement pour « *officialiser* » leur possession du système installé..

L'énergie gratuite dans ce contexte n'est en effet pas une solution viable, car cela n'incite pas à une rationalisation des usages. Nous étions en effet étonnés de voir certaines lumières allumées en pleine journée dans le village quand on connaît les difficultés pour s'approvisionner en électricité.. D'un autre côté, depuis que l'électricité est devenu payante avec le réseau, plus personne ne souhaite payer les factures de l'école ou du dispensaire... Comme dans toute société, Blue Energy s'est aussi vu confronté à quelques abus. Une batterie s'est faite « *empruntée* » par un villageois peu scrupuleux qui a mis de ce fait toute l'installation en danger.. ou bien ils se font régulièrement voler des petits outils qu'ils apportent pour la maintenance..

Toutes ces anecdotes nous ont permis de prendre conscience que l'installation de l'électricité dans une communauté comme Kahkabila est loin d'être seulement un défi technique...

Conclusion

Au final, l'arrivée inattendue du réseau électrique a quelque peu chamboulé les projets que Blue Energy avait encore pour la communauté de Kahkabila. Ils ne l'abandonnent pas pour autant car c'est dans la durée que les projets doivent être menées. Cela fait 7 ans que blueEnergy travaille avec Kahkabila et l'association estime qu'il faut 5 ans au moins pour que la communauté soit autonome avec les systèmes installés. Le but de blueEnergy à Kahkabila aujourd'hui est donc de continuer à amener des projets pour la communauté afin de l'aider à se développer. L'électricité n'étant plus une priorité, Les membre de blueEnergy travaillent désormais sur les problématiques de gestion de l'eau. Ils prévoient prochainement d'installer 10 filtres à eau, ce qui leur permettra de faire encore au moins 3 voyages vers la communauté..

Fabien WLOCH et Alexander KACHATURIAN

Pour en savoir plus :

1. **Enhancing Portable Lighting Services in Rural Nicaragua**, *Francesca Francia, Josiah Johnston, Andrea Silverman, Berkeley 2008,* http://josiah.berkeley.edu/2008Spring/ER291/Report/NicaLighting-rpt.pdf
2. **« Fighting Poverty Can Save Energy, Nicaragua Project Shows »**, *National Geographic, 25 novembre 2010,*
3. http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2010/11/101125-poverty-energy-efficiency-nicaragua/
4. *blueEnergy : http://www.blueenergygroup.org/*

Les élèves du MS OSE aident les membres de bE à « coucher » l'éolienne afin d'examiner l'équilibrage des pâles.

Un membre de l'équipe de bE examine les haubans de l'éolienne.

Des enfants de Kahkabila sur le quai.

Le lac du chef du village et son crocodile.

L'éolienne de Kahkabila

Les pâles de l'éolienne sont fabriqués dans les ateliers de bE à Bluefileds. Casey Callais, de bE , examine ici les balourds et l'équilibrage des pâles

REMERCIEMENTS

Toute l'équipe du Mastère OSE tient à remercier vivement toutes les personnes ayant participé à la préparation de ce voyage. M Lâl Marandin de blueEnergy pour toute l'organisation de ce voyage d'étude sans qui ce dernier n'aurait pas pu avoir lieu. Mme Marlyng Buitrago de Proleña pour son efficacité et son accueil. Mme Marie Roussel de blueEnergy, pour son enthousiasme et ses explications des projets de l'ONG. Aux membres du Ministère de l'Energie et des Mines et de l'Université Nationale qui ont partagé avec nous leur expertise et leurs connaissances du système électrique. A Monsieur l'ambassadeur de France au Nicaragua. A Toutes les personnes qui ont été sollicitées dans l'organisation des visites.

Ce voyage nous a fait découvrir un monde fascinant et nous en garderons un souvenir indélébile grâce à la passion et la sympathie de tous ceux qui ont participé de cette expérience. Pour ces raisons nous tenons à remercier tous les intervenants et organisateurs des visites et conférences de cette semaine. L'accueil qui nous a été réservé fut chaleureux et admirable et nous avons vraiment apprécié la qualité et la pertinence des interventions ainsi que la disponibilité et la compétence des intervenants.

PARTENAIRES

La France au Nicaragua
Ambassade de France à Managua

Renovables
Asociación Nicaragüense para las Energías Renovables y el Ambiente
"Energía limpia desde la comunidad"

blueEnergy

Inatec
INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO

ORMAT

PROLEÑA

AMAYO

GRUPO FENIX
Energías Renovables

OSE
Optimisation des Systèmes Energétiques

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

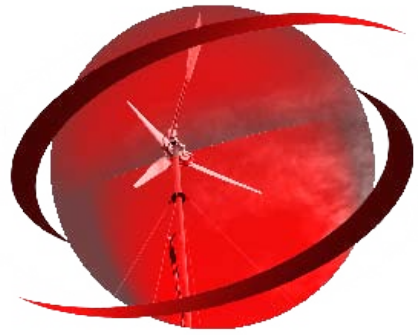
Informations

Rédacteur en chef
Miguel LOPEZ-BOTET
Mise en page
Cyril TERRIER
Auteurs et Traducteurs
Tous

Contact
prenom.nom@mines-paris.org

Ecole des Mines ParisTech
Mastère OSE
Centre de Mathématiques Appliquées
Mines ParisTech
Rue Claude Daunesse - BP 207
06904 SOPHIA ANTIPOLIS Cedex
Tel : +33 4 93 95 74 46
Fax : +33 4 97 15 70 71

Maitrisez aujourd'hui les énergies de demain !



Contact :

M. Gilles GUERASSIMOFF
gilles.guerassimoff@mines-paristech.fr

Ormat

Ing. Enrique Porras
Gestionnaire du champ de Momotombo
eporras@ormat.com

Gier

Ing. José Benito Rodriguez
Coordinateur du GIER
benitoleono6@gmail.com

Monte Rosa

Ing. Oswaldo Mendoza
Ing. Milton Oconor
Gestionnaires de la centrale
omendoza@pantaleon.com,
omendoza.wja3k3@pantaleon.com

Ministère de l'Energie et des Mines

Ing. Martin Yllescas
Vice-Directeur des Energies Renouvelables
martin.yllescas@mem.gob.ni
Ing. Aracely Hernandez
Systèmes isolés
aracely.hernandez@mem.gob.ni

Ambassade de France au Nicaragua

M. Thierry Frayssé
Ambassadeur de France
thierry.fraysse@diplomatie.gouv.fr
M. Dominique Gauthier
1er Secrétaire
dominique.gautier@diplomatie.gouv.fr
Mlle Juliette Fugier
Assistante de coopération
juliette.fugier@diplomatie.gouv.fr

Université Nationale d'Ingénierie à Managua

UNI - Groupe FENIX
Suyen Cordoba
Coordinatrice du groupe Fénix
suyen.cordoba@gmail.com
Günther Klatte
Assistant Technique
guentherklatte@gmx.de

UNI - Conférence
Maria Virginia Moncada
Coordinatrice du master des EERR
Virginia.Moncada@uni.edu.ni

Amayo

Mariana Barrios
Coordinatrice
mariana.barrios@aeienergy.com

Proleña

Ing. Marlyng Buitrago
Gestionnaire
gerencia@prolenaecofogon.org
Ing. Leonardo Mayorga
Directeur technique
biomasaleo@yahoo.com

BlueEnergy

Direction
Guillaume Craig
Directeur Pays
gncraig@gmail.com

Visite de la communauté de Kahkabila
Pedro Neves
Responsable technique
pedro.carvalho.neves@gmail.com
Eric Lopp
Programme "Volontaires"
ericlopp@gmail.com
Casey Callais
Logistique
caseycallais@gmail.com

Visites INATEC et blueEnergy
Benoit Désesquelles
Coordination
benoit.desesquelles@gmail.com

Renovables

Lizeth Zuniga
Directeur executif
direccion.renovables@gmail.com
Abdelia Aleman
Assistant executif
abdelia.aleman@gmail.com