

Université Libre de Bruxelles
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
Faculté des Sciences
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Analyse d'un transfert de technologie entre la Région wallonne et Cuba

Mémoire de Fin d'Etudes présentée par
Gutiérrez, Sara
En vue de l'obtention du grade académique de
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Année Académique : 2008-2009

Directeur : Prof. M. Huart

*Je tiens à remercier toutes
les personnes qui m'ont aidé
et soutenu pendant la
réalisation de ce travail.*

Table de matières

Table des figures

Résumé

Introduction	1
Chapitre 1. État de lieu de l'énergie à Cuba	4
1.1 Introduction	4
1.2 Carte d'identité de Cuba	4
1.3 Situation énergétique des dernières années	5
1.4 Situation énergétique actuelle	6
1.5 Évolution de l'hydroénergie à Cuba.....	9
1.6 Évolution de la stratégie énergétique cubaine	11
Chapitre 2. Contexte de l'électrification rurale à Cuba.....	14
2.1 Histoire de l'électricité à Cuba	14
2.2 L'électrification rurale	18
2.2.1 Introduction	18
2.2.2 Les différentes voies utilisées.....	18
2.2.2.1 L'accès au SEN.....	18
2.2.2.2 Les centrales DIESEL	19
2.2.2.3 L'hydroénergie	20
2.2.2.4 L'énergie solaire photovoltaïque	21
2.2.3 Conclusions	22
Chapitre 3. Notions de transfert de technologie	24
3.1 Le transfert de technologie	24
3.1.1 Définition	24
3.1.2 Évolution du concept.....	25
3.1.3 Types	26
3.1.4 Le transfert de technologie et le développement durable.....	27
3.1.4.1 Développement	28

3.1.4.2 Changement climatique	29
3.1.5 Acteurs clé et leur rôle	31
3.1.6 Succès du processus transfert	32
3.2 Le transfert de technologie des SER à Cuba	33
3.2.1 La stratégie politique	33
3.2.2 Les barrières et les options existantes	34
3.2.2.1 Le concept barrière	35
3.2.2.2 Les barrières et options identifiées.....	36
3.3 Le transfert de technologie entre Cuba et la Région wallonne	38
3.3.1 Accord Cadre de Coopération Région wallonne-Cuba	38
Chapitre 4. Présentation d'une étude de cas: WalCubaHydro	40
4.1 WalCubaHydro2008-2010.....	40
4.1.1 Antécédents	40
4.1.2 Fondements	41
4.1.3 Objectifs	41
4.1.4 Acteurs du projet	41
4.1.5 Logique d'intervention	44
4.2 Transfert à transmettre	45
4.2.1 Notions de micro hydroélectricité	45
4.2.1.1 Définition de l'énergie hydraulique	45
4.2.1.2 Classification	46
4.2.1.3 Types	46
4.2.1.4 Eléments constitutifs d'une MCH	48
4.2.2 Le système de régulation	53
4.2.2.1 Introduction du concept de la régulation	53
4.2.2.2 La régulation dans un site isolé	54
4.2.2.3 Fonctionnement du système de régulation	55
4.2.2.4 Types	55
4.2.2.5 Composants du régulateur de vitesse par la charge-ELC	57
4.2.2.6 Comparaison des différents types de régulation.....	60
4.2.2.7 Conclusions	60

4.2.3 Critères de qualité de l'électricité produite.....	61
4.3 Technologie transférée dans le projet WalCubaHydro.....	65
4.4 Déroulement du transfert	66
Chapitre 5. Évaluation de l'impact du projet WalCubaHydro.....	69
5.1 Méthodologie	69
5.1.1 Origine, contexte et raisons de l'évaluation	69
5.1.2 Évolution et recherche d'une méthodologie appropriée.....	70
5.1.2.1 Méthodologie suivie	71
5.1.2.2 Méthodes d'évaluation envisagées au départ	71
5.2 Analyse.....	73
5.2.1 Tableau AFOM	74
5.2.2 Apport du projet WalCubaHydro	79
5.2.2.1 Apport aux techniciens cubains	80
5.2.3 Apports du système de régulation	82
5.2.3.1 Apport du système de régulation au bénéficiaire final	82
5.2.3.2 Améliorations du contexte socioéconomique et environnemental	89
5.2.4 Impacts négatifs liés au système de régulation installé (impacts locaux)	94
5.2.5 Impacts négatifs liés à la réalisation du projet WalCubaHydro (impact global)	98
Conclusions.....	100
Limitations.....	104
Glossaire.....	105
Bibliographie.....	107

Table des figures

1.1 Production d'énergie primaire en 2007 en Mtep ([3])	7
1.2 Puissance électrique installée en 2007 en MW ([3]).....	8
1.3 Génération électrique en 2007 en GWh ([3]).....	8
1.4 Génération électrique en 2007 en GWh ([3]).....	9
4.1 Hauteur de chute brute ([27] pg 4).....	45
4.2 Centrale au fil d'eau ([24] pg 7).....	47
4.3 Centrale avec réservoir d'accumulation ([27] pg 2)	48
4.4 Composants d'un système hydroélectrique ([25] pg 6).....	49
4.5 Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique ([24] pg 9)	40
4.6 Conduite d'amenée à ciel ouvert ou en charge ([24] pg 70)	50
4.7 Turbines ([24] pg 74)	51
4.8 Régulateur JLAR-ELC (Source:photo prise pendant la mission).....	59

Résumé

Ce travail est une analyse d'un transfert de technologie : un système de régulation de centrales micro hydrauliques. La motivation envers ce sujet a ses origines dans la participation active au projet WalCubaHydro. Ce projet, inscrit dans l'Accord-cadre de coopération entre la Région wallonne et Cuba, a permis de valider la technologie proposée par le partenaire belge, ainsi que d'augmenter les possibilités que le gouvernement cubain vise à la généralisation de ce système de régulation.

Le contexte politique cubain actuel accorde une forte priorité à l'amélioration des conditions de vie de la population rurale. Dans le domaine énergétique, la micro hydroélectricité joue un rôle fondamental. Néanmoins, l'absence du système de régulation dans les microcentrales cubaines en réseaux isolés est un problème à résoudre dans la totalité des communautés qui se servent de cette option. Ainsi, même si la micro hydraulique est une solution à l'électrification rurale des zones éloignées, il faut fournir un service avec le maximum de disponibilité et de qualité, en exploitant de la meilleure façon la microcentrale. Le système de régulation le permet.

D'une part, l'amélioration de la qualité permet de prolonger la durée d'usage des appareils électroménagers et d'autres équipements. D'autre part, la disponibilité accrue d'électricité permet de développer des activités sociales et économiques. Indéniablement, les conditions de vie de la population s'améliorent, et la confiance de la population et des preneurs de décisions dans cette solution augmentera. Ce choix d'électrification évite les impacts des options conventionnelles plus polluantes telles que les groupes électrogènes ou le raccordement au réseau. De ce fait, on évitera émettre à l'atmosphère du CO₂ et d'autres gaz qui contribuent à la dégradation de l'environnement.

Enfin, le succès de ce transfert de technologie a deux volets. D'une part, les connaissances acquises par le partenaire cubain permettront l'implémentation de cette solution à la totalité des microcentrales. D'autre part, le gouvernement cubain pourrait généraliser l'usage de cette technologie dans ses priorités futures d'investissement.

Introduction

Contexte

Suite à la participation active au projet WalCubaHydro surgit la motivation de réaliser mon mémoire sur l'analyse de ce cas concret de transfert de technologie. Le transfert est réalisé par une société wallonne. Le projet s'inscrit dans le cadre d'une coopération entre la Région wallonne et Cuba. La technologie à transférer à Cuba est du domaine de la micro hydroélectricité en réseau isolé.

Le niveau d'électrification à Cuba est de 96 %. C'est un niveau relativement élevé si on le compare à d'autres pays d'Amérique Latine. La plupart de l'électricité fournie se fait via de centrales thermoélectriques et donc sur base de pétrole importé. Néanmoins, un peu moins de 20 % de la population rurale n'est pas raccordé au réseau électrique. Ce sont en général des gens habitant des zones reculées où le raccordement au réseau électrique coûterait trop cher. Différentes solutions ont été envisagées pour fournir de l'électricité à ce pourcent restant de la population. Parmi celles-ci, les énergies renouvelables semblent être les plus adaptées, aussi bien au niveau économique qu'au niveau environnemental et indépendance énergétique.

L'électricité est essentielle pour satisfaire les besoins élémentaires de la population. Elle est primordiale pour assurer une stabilité économique et sociale. En effet, la présence d'électricité permet de développer des activités économiques mais aussi le secteur de la santé, de l'éducation et de la culture. Le développement de ces secteurs contribue évidemment à l'amélioration de la qualité de vie de la population.

L'électrification rurale joue un autre rôle très important. En améliorant les conditions de vie de la population rurale, elle diminue l'exode rural. Elle permet à la population rurale d'avoir accès aux principaux bénéfices sociaux dont profite le reste du pays.

La forte crise des années 90 à Cuba (crise due à la chute de l'URSS dont Cuba dépendait pour son approvisionnement en pétrole) a obligé le gouvernement cubain de réorienter ses politiques et ses stratégies énergétiques. Ainsi Cuba, afin de garantir sa sécurité énergétique, décida d'exploiter les ressources énergétiques du pays et donc parmi celles-ci, les énergies renouvelables. Même s'il existe

un grand potentiel au niveau énergie renouvelable à Cuba, les capacités industrielles nationales pour développer celles-ci sont limitées à cause du manque de financement. Le financement étranger via des projets de coopération ou la création de copartenariats peuvent permettre de diversifier la production de technologies et réaliser des projets pilotes qui pourront, une fois que leur viabilité aura été démontrée, se généraliser.

Objectifs de l'étude

Différents projets se réalisent entre les pays du Nord et les pays du Sud. Celui-ci est un projet de transfert de technologie. Après avoir participé activement au projet, j'avais envie d'approfondir l'étude du concept de transfert de technologie et évaluer concrètement la qualité de ce transfert.

L'objectif principal du mémoire est d'analyser ce transfert de technologie.

Les objectifs spécifiques qui m'ont permis d'atteindre l'objectif principal sont:

- analyser l'état de lieu de l'énergie à Cuba
- analyser le contexte de l'électrification rurale à Cuba
- introduire le concept de transfert de technologie
- évaluer les barrières existantes à Cuba en termes de transfert de technologie
- analyser dans quel cadre s'inscrit le transfert entre la Région Wallonne et Cuba
- présenter notre étude de cas et le transfert à transmettre

Méthodologie et structure du rapport

Dans le premier chapitre, après avoir donné un aperçu de la situation énergétique cubaine de ces dernières années, on se concentrera sur l'évolution de l'hydro énergie pour situer notre étude de cas dans son contexte.

Le deuxième chapitre nous parle de la notion d'électrification rurale en général et puis en particulier du cas de l'électricité rurale à Cuba.

Le troisième chapitre traite d'abord du concept de transfert de technologie, de la stratégie politique et barrières existantes dans le transfert de technologie des SER à Cuba, et enfin du cadre du transfert dans lequel s'inscrit WalCubaHydro.

Le quatrième chapitre est divisé en quatre parties: la présentation de notre étude de cas, l'introduction de quelques notions de micro hydroélectricité et de système de régulation, la technologie transférée dans le projet, et enfin, le déroulement du transfert.

Le cinquième chapitre traite de l'évaluation de l'impact du projet WalCubaHydro.

La méthodologie suivie est la suivante:

- création d'un tableau AFOM (atouts-faiblesses-opportunités-menaces), qui nous permet de mettre en évidence les enjeux qui participent au transfert et à nous poser une série de questions qui permettront d'orienter l'évaluation.
- constats de l'apport visible du projet WalCubaHydro depuis la réalisation de la première mission
- réflexions sur les apports de la technologie au bénéficiaire final
- réflexions sur les améliorations qu'apporte la technologie au contexte socioéconomique et environnemental
- évaluation des impacts négatifs liés au système de régulation installé
- évaluation des impacts liés à la réalisation du projet WalCubaHydro

Nous terminons par une conclusion générale sur l'analyse du transfert et par les limitations que nous avons rencontrées durant la réalisation de ce mémoire.

Chapitre 1. État de lieu de l'énergie à Cuba

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu de la situation énergétique cubaine pendant les dernières années. Après avoir présenté la situation énergétique des dernières années et la situation actuelle, on se concentrera sur l'évolution de l'hydro énergie pour situer notre étude de cas WalCubaHydro dans son contexte. Enfin, on abordera l'évolution stratégique énergétique cubaine pour pouvoir comprendre dans quel cadre politico stratégique se situe WalCubaHydro.

[1][2][3][4][5][6][7][8][9][10][14][15][16][17][19][20][21]

1.1 Introduction

L'épuisement progressif des gisements pétroliers et le risque de connaître une hausse des prix dans un futur très proche affecte le monde entier. Les pays plus vulnérables à cette situation instable de crise énergétique mondiale sont les pays qui ont des ressources ou des moyens limités pour les exploiter, notamment les pays en voie de développement. Bien que les bénéfices des énergies renouvelables soient largement connus, peu de pays ont choisi cette option comme source énergétique principale. Beaucoup de pays, surtout ceux qui sont en voie de développement, n'ont pas les financements suffisants pour investir dans la rénovation des infrastructures énergétiques de façon significative afin d'intégrer les ressources renouvelables.

On verra le cas spécifique de Cuba.

1.2 Carte d'identité de Cuba

Formé de l'île de Cuba, de l'île de la Jeunesse et de plus de 1600 îles, îlots, et « cayos » ou îlots rocheux, l'archipel de Cuba se trouve dans la Mer des Caraïbes, près du Tropique du Cancer, à l'entrée du Golfe de Mexique entre l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud. La population s'établit dans les deux îles principale. Le reste de l'archipel est dépeuplé, sauf quelques cayos où existent des centres touristiques.

La superficie de l'île de Cuba est de 104.556 km², celle de l'île de la Jeunesse de 2204 km².

Cuba est longue (1200 km) et étroite (entre 31 et 91 km de largeur).

Cuba est divisé en 14 provinces : Pinar del Río, La Habana, Ciudad de La Habana, Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spiritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

Cuba est un pays particulièrement plat ; les plaines occupent environ 70% du territoire. C'est dans ces plaines que vit la majorité de la population et que se développent la plupart des activités économiques du pays. Cuba possède quatre massifs montagneux: la chaîne de Guaniguanico, située dans la région occidentale du pays; les montagnes de Guamuhaya (Escambray) au centre de l'île et les montagnes de Nipe-Sagua-Baracoa et la Sierra Maestra, situées dans la partie orientale du pays.

Le climat de Cuba est tropical, humide, avec influence maritime et signes de semi continentalité. La latitude, proche de celle du Tropique du Cancer, implique un niveau d'ensoleillement élevé et le caractère chaud de son climat. On peut distinguer deux saisons : la saison d'hiver (ou saison sèche), qui s'étend de fin novembre à mai, avec une moyenne des températures de 25°C et la saison d'été (ou saison humide) avec le début des pluies en juin et une moyenne des températures atteignant 27-28°C.

Le niveau moyen des précipitations est de 1375 mm. 80% des précipitations annuelles ont lieu durant la saison humide. Les précipitations varient selon les régions, et les valeurs peuvent osciller de 4000 mm/an dans les régions montagneuses à 400 mm/an dans les régions côtières.

La période de risque au niveau des cyclones s'étend de juin à novembre.

En 2008, la population comptait 11,2 millions d'habitants avec une densité de 102,3 hab./km². Seulement 25 % de la population se situe dans les zones rurales.[1]

1.3 Situation énergétique cubaine des dernières années

Comme dans la plupart des états insulaires, on constate le manque de nombreuses ressources énergétiques conventionnelles. La crise des années 90 a marqué la fin des échanges commerciaux très favorables entre Cuba et l'ex-URSS et a eu des conséquences néfastes pour la totalité des activités du pays et surtout pour le secteur énergétique. La chute de l'URSS a déclenché une perte brusque dans l'approvisionnement énergétique, en diminuant fortement le flux de pétrole financé par l'ancienne Union Soviétique. En conséquence, Cuba est entrée dans une période de difficultés économiques profondes qui ont duré de 1989 jusqu'à la moitié des années 90. Pendant cette période, appelée «Période Spéciale », les importations de pétrole chutent de 76% en 1993, provoquant l'arrêt presque total des activités économiques du pays. Les services publics sont également menacés. Par ailleurs, le système agricole est fortement mécanisé au style soviétique, donc les aliments deviennent rares.[21]

En 1993, le Parlement cubain adopte le Programme pour le Développement des Ressources Énergétiques Nationales.[14] La principale politique cubaine sur les énergies renouvelables est reflétée dans ce programme, dont les lignes d'action principales sont:

- l'augmentation de l'exploitation et l'usage rationnel du pétrole cubain et du gaz associé pour la génération de l'électricité comme substitution au pétrole importé.
- l'augmentation de l'efficacité énergétique de l'usage de la bagasse et d'autres déchets de l'industrie sucrière, pour permettre de couvrir l'énergie demandée par le secteur et augmenter l'électricité fournie au Système Électrique National (SEN).
- le développement des autres énergies renouvelables (ER) : l'hydroénergie, le solaire, l'éolien et le biogaz.

En 2002, 70,4% de l'énergie primaire totale fournie provenait des combustibles fossiles (64,3% de pétrole brut, et 6,1% des gaz associés), et 29,6 % provenait de ressources renouvelables (26,2% de la biomasse du sucre de canne, 3,3% du bois, et 0,1 % de l'hydroénergie). Pour la génération de l'électricité, 93,3% provenait des combustibles fossiles tandis que la part d'électricité provenant des énergies renouvelables était de 6,7% (6% biomasse, 0,7% hydro énergie, et 0,003% d'aérogénérateurs). La totalité de la puissance installée d'électricité était 3959, 6 MW.[6]

La première ligne du Programme s'est développée avec succès. En 2002, on a observé une augmentation de la production nationale de pétrole brut de 5,4 points et des gaz associés de 17,4 points par rapport à 1990.[6] Les autres lignes se sont développées partiellement.¹

Dans le cadre de ce mémoire, seule l'évolution de l'hydroénergie sera abordée, dans la mesure où l'étude de cas s'inscrit dans ce domaine.

1.3 Situation énergétique actuelle

En 2007, 67,2% de l'énergie primaire totale provenait des combustibles fossiles, pourcentage en diminution par rapport à l'année 2002. Les 32,8 % restant correspondent aux ressources renouvelables. [3]

¹ Cfr. en Annexe A. Évolution des lignes d'action sur le développement du Programme pour le Développement des Ressources Énergétiques Nationales.

Le poids de chaque vecteur primaire est détaillé dans le graphique suivant :

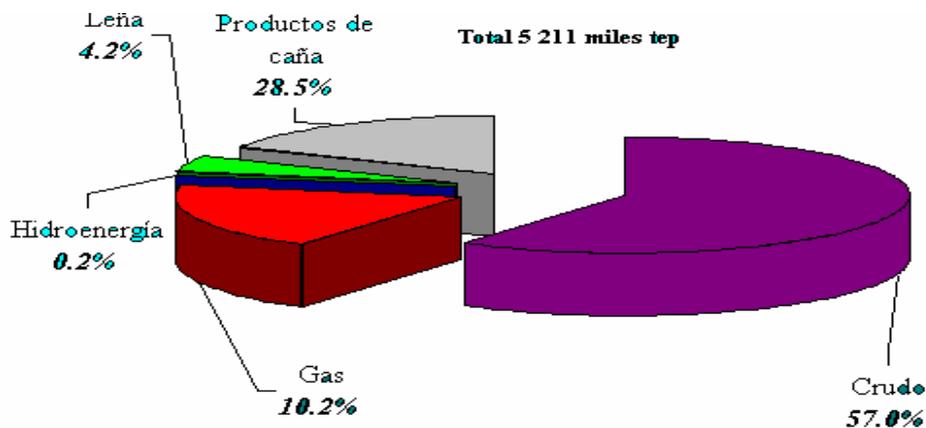


FIG. 1.1 Production d'énergie primaire en 2007 en Mtep ([3])

En 2007, la production nationale du pétrole l'année 2007 était 4.3 points au-dessus de la valeur de 1990, avec 3108 Mtep.

La production de gaz s'est multipliée par 36,1 par rapport à 1990 (29,7), avec 1075 Mtep.

En 2006, les importations liées à la production nationale d'énergie sont descendues à 49,79%.

La puissance électrique installée selon la source génératrice est décrite dans le graphique suivant² :

² Cfr. en Annexe B. Puissance installée par type de centrale électrique de 1958 à 2007

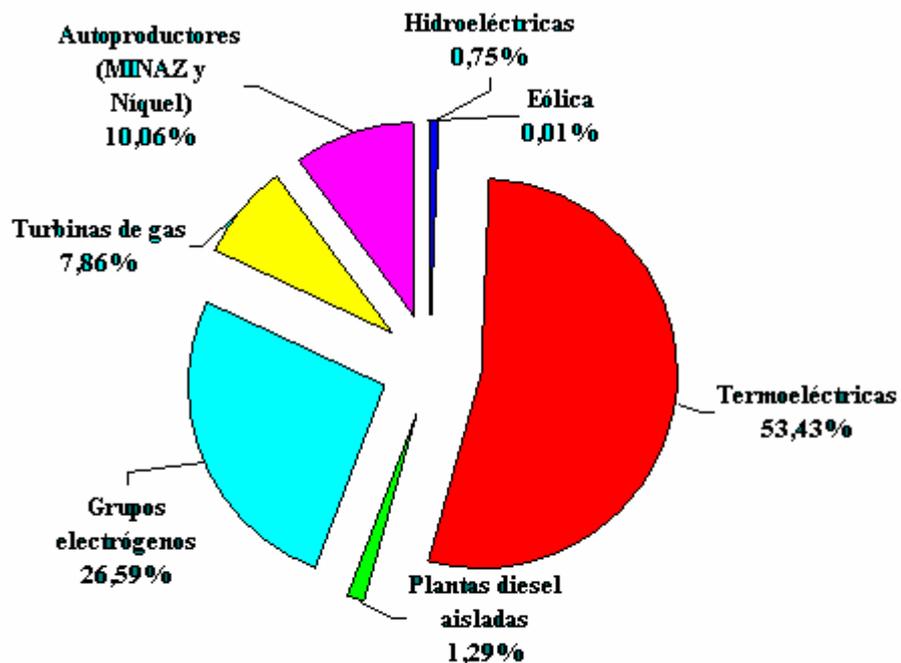


FIG. 1.2 Puissance électrique installée en 2007 en MW ([3])

Le graphique suivant décrit quant à lui la génération électrique selon le type de source énergétique (2007)³.

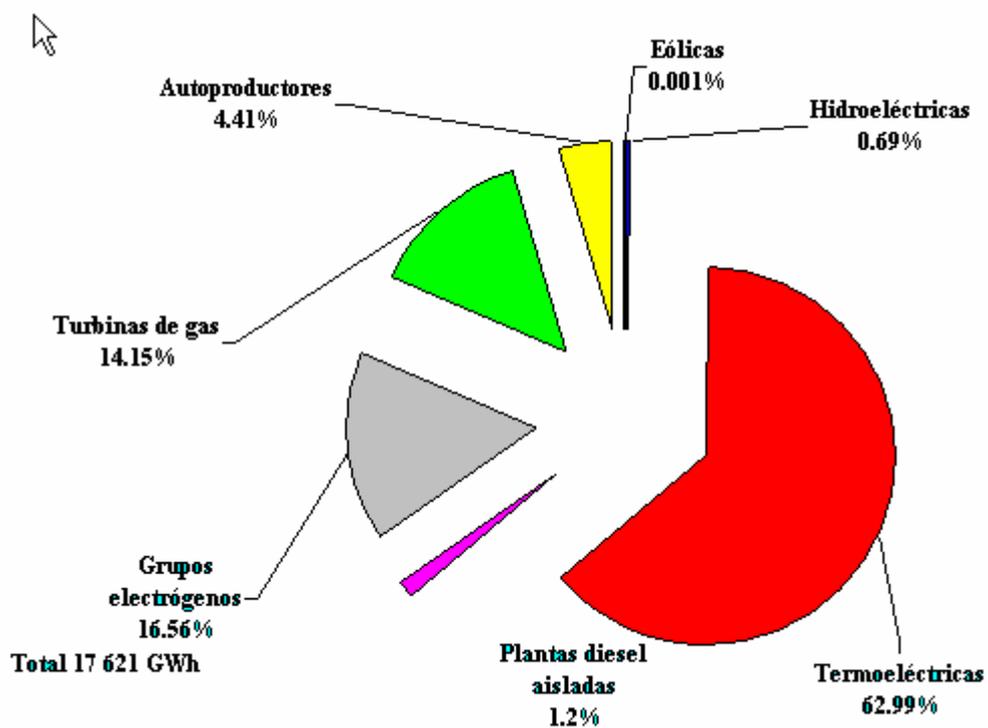


FIG. 1.3 Génération électrique en 2007 en GWh ([3])

3 Cfr. Annexe C. Génération brute d'électricité par type de centrale électrique.

Enfin, le graphique suivant montre que l'énergie produite par les Sources d'Énergies Renouvelables (SER) est due principalement à la biomasse, ensuite à l'hydroénergie, suivi de l'éolien et du solaire, et enfin du biogaz.^{4 5}

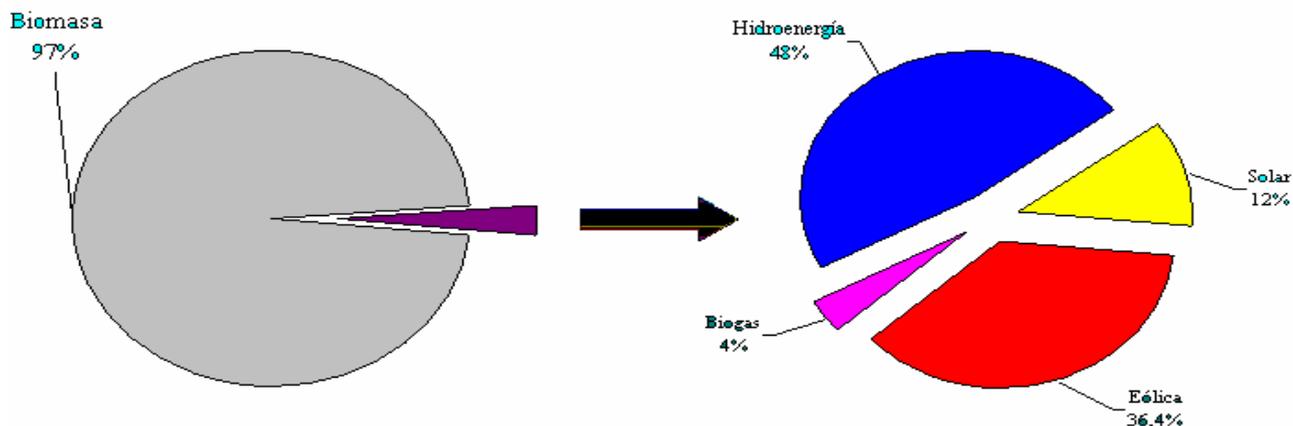


FIG. 1.4 Génération électrique en 2007 en GWh ([3])

L'apport des SER en 2008 a représenté une augmentation de 0,6% par rapport à l'année 2007 [3]. Le vecteur énergétique fondamental est la biomasse grâce à la bagasse.

1.5 Évolution de l'hydroénergie à Cuba

De par sa condition insulaire et sa forme allongée et étroite, Cuba ne dispose pas de ressources hydriques avec des potentialités énergétiques à grande échelle. Les fleuves et rivières sont principalement placés au centre du territoire, en longueur. À Cuba, les rivières sont de débit faible, à cause de l'alimentation par la pluie et de l'existence des deux saisons, et la plupart sont retenues par des barrages. Le potentiel d'eau cubain consiste en 37 grands fleuves et environ 143 billions de m³ de débit annuel.

4 Cfr. Annexe D. Tableaux SER 2009

5 Cfr. Annexe E. Développement des SER pendant l'année 2008

L'utilisation de l'eau comme source de génération d'électricité à Cuba date du début du XX^{ème} siècle, où se sont mises en place de petites exploitations hydroélectriques. Quelques unes sont encore en activité à l'heure actuelle. Par ailleurs, dans les zones de montagne des provinces orientales, des restes démontrent qu'au XIX^{ème} siècle, l'énergie hydraulique s'utilisait pour les épulpeuses du café et les moulins à grain [15].

Les premières années de la Révolution Cubaine (1959) ont vu la fin de la construction de la centrale hydroélectrique la plus grande du pays : Hanabanilla, dans la Région de Villa Clara, avec 43 MW de puissance installée.

Dans les années 80 se réalise un programme de construction d'installations hydroélectriques utilisant les barrages existants, incluant les petites, mini et microcentrales hydroélectriques, avec la fabrication à Cuba d'une partie de l'équipement nécessaire. Ce programme est freiné dans les années 90 pendant la Période Spéciale et à cause du manque de lignes électriques. A partir de là, plusieurs installations sont en différentes étapes de construction. En 1993, plus de 200 installations étaient prévues. De 2003 à 2007, 21 ont été finalisées.

Actuellement, 180 centrales hydroélectriques sont en exploitation afin de profiter du potentiel énergétique des fleuves.⁶ 137 d'entre elles sont des microcentrales (jusqu'à 50 kW), 35 des mini centrales (50-500 kW) et 7 des petites centrales (PCHE) (500-5000kW)⁷, plus la centrale Hanabanilla. 31 de ces centrales sont connectées au réseau national (SEN) et 149 fonctionnent en îlotage.⁸ Selon des données de mai 2008⁸, la puissance installée à Cuba est de 62,2 MW. La production d'électricité pendant l'année 2008 a été de 138,3 GWh [4]. La puissance prévue pour 2010 est de 100 MW.[15]

L'état cubain a aussi travaillé pendant plusieurs années à identifier le potentiel hydroénergétique du pays, à partir des analyses des principaux fleuves et de la réalisation d'études de faisabilité de l'exploitation hydroénergétique des barrages déjà construits.

6 Cfr. Annexe F. Tableau de la distribution des centrales par provinces et la génération produite jusqu'à mai 2008.

7 Ce critère de classification est celui proposé par l'auteur de la source utilisée.

⁸ Cfr. Annexe F. Tableau de la distribution des centrales par provinces et la génération produite jusqu'à mai 2008

8 Présentation power point fourni par l'entreprise d'hydroénergie. Situación Actual y Perspectiva del Desarrollo de la Hidroenergía en Cuba.

Le potentiel hydroénergétique estimé est de 650 MW, avec une génération annuelle de 1300 GWh, qui équivalent, en tenant en compte de l'effet sur le SEN, à un demi million de tonnes du combustible conventionnel.[9]La majorité du potentiel du pays est dans les 239 barrages construits pendant la Révolution, qui ont une capacité d'eau stockée de 9000 millions de mètres cubes, dont 40% ne sont pas utilisés. Ces barrages ont été construits pour des usages divers : eau potable, irrigation et hydroélectricité. La plupart de ces installations sont situées dans des zones d'accès difficile, et contribuent pourtant à l'économie de combustible qui aurait dû être utilisé pour le transport de l'eau.

Les coûts du kW installé varient entre 1500 et 2500 \$/kW[15], ce qui n'est pas cher par rapport à d'autres pays et s'explique par le fait qu'à Cuba, la partie la plus coûteuse (le barrage) est déjà construite..

Les propositions de développement dans ce secteur s'expliquent par les différentes lignes proposées en 2007 pour le plan d'investissement de l'année suivante. Elles sont ajoutées en annexes pour ne pas alourdir le contenu de ce travail.⁹

D'autres dispositifs comme le bélier hydraulique, les siphons, les pompes à eau permettent de limiter la consommation de combustibles fossiles lié au transport de l'eau, même s'ils ne produisent pas d'énergie.

1.6 Évolution de la stratégie énergétique cubaine

Cette section se concentrera seulement sur quelques moments de l'évolution stratégique cubaine nécessaires à souligner pour bien comprendre le contexte dans lequel s'inscrit le projet. Un développement plus complet est ajouté en annexe.¹⁰

Les Sources d'Énergie Renouvelable (SER) commencent à se développer à Cuba dans les années 80, fondamentalement pour satisfaire les requêtes énergétiques dans les communautés rurales isolées et situées dans les zones de montagne que le Plan d'Électrification Total du pays commencé en 1959 n'avait pu comprendre complètement. Dans cette première phase, la cogénération à partir de la biomasse de la canne à sucre fut promue pour fournir l'énergie aux zones rurales.

9 Cfr. Annexe G. Propositions de développement de l'hydroénergie à Cuba

10 Cfr. Annexe H. Développement de l'évolution de la stratégie cubaine à partir de 1959

En 1983 est créé la Commission Nationale de l'Énergie, avec comme finalité la considération de l'usage rationnel de l'énergie et du développement des sources nationales. L'usage des énergies renouvelables y prend aussi une place importante.

Parmi les actions réalisées, il faut remarquer le travail par rapport au Programme National pour le Développement de Mini, Micro, et Petites centrales Hydroélectriques quia compris l'électrification initiale de quelques communautés rurales grâce aux ressources hydroénergétiques disponibles. Elles ont été placées dans les zones où les caractéristiques géographiques déterminaient un potentiel hydroénergétique majeur : Pinar del Río, Cienfuegos, Villa Clara, Granma, Santiago de Cuba et Guantánamo.

Le processus de contraction économique qui a eu lieu à Cuba pendant les années 90 et la signature d'accords internationaux pour l'atténuation des émissions de gaz à effet serre (GES), le changement climatique et le développement durable¹¹ ont constitué des bases d'engagement décisif pour le développement des énergies propres dans le pays.

Dans ce contexte, la stratégie énergétique de la société cubaine, jusque là basée sur l'approvisionnement en combustibles et technologies provenant des pays de l'Est et de l'ancienne URSS, évolue vers une réorientation incluant la principale question liée au développement durable et aux ressources énergétiques.

Ainsi, pour la matérialisation des objectifs se développent quelques programmes :

- Le Programme de Développement des Sources Nationales d'Énergie, en mai 1993, visant l'augmentation de l'efficacité énergétique et un meilleur usage des sources nationales d'énergie, incluant l'exploitation et l'usage rationnel du pétrole cubain, et le développement des SER.
- Le Programme National de l'Environnement et le Développement, 1993, qui représente l'adaptation aux objectifs et buts proposés par l'Agenda 21, cherche à intégrer la dimension environnementale et l'usage rationnel des ressources naturelles pour atteindre les objectifs du développement durable. Le premier chapitre incorpore le secteur énergétique et l'exploitation des SER.

11 L'Agenda 21, approuvée à la Conférence de Nations Unies sur l'Environnement et le Développement en 1992 au Sommet de la Terre à Rio, la Convention Cadre de Nations Unies sur le Changement Climatique (UNFCCC) et le Protocole de Kyoto, les Objectifs du Milénium (ODM), etc.

- Le Programme National Scientifique-Technique « Développement Énergétique Durable » de 1996 promeut le développement scientifique et technologique pour augmenter l'usage des SER et amplifier les applications avantageuses.

En 1994, par ailleurs, le Secteur de Recherche et Développement d'Hydroénergie (AIDH) est créé, constitué de : l'entreprise nationale productrice des turbines hydrauliques, Planta Mecánica, située à Santa Clara, et qui appartient au SIME ; les spécialistes de l'Institut National de Ressources Hydrauliques et l'université Central de las Villas (UCLV) appartenant au Ministère d'Éducation Supérieure (MES). Cette association a développé une étude très pertinente pour le Programme National Hydroénergétique où se sont standardisées les familles des turbines hydrauliques pour les petites et mini centrales hydrauliques en prenant comme référence des barrages déjà existants et les chutes d'eau identifiées dans les zones de montagne. De plus, ce groupe a les objectifs suivants : conseiller les organismes du gouvernement à différents niveaux sur le sujet de l'hydroénergie ; donner des réponses aux besoins de dessin, construction, et fabrication des installations hydroénergétiques ; contribuer à la formation de spécialistes et techniciens en hydroénergie ; chercher et développer des nouveaux modèles et familles de turbines afin de mettre les résultats dans la pratique grâce à la généralisation des résultats obtenus.

En 1997, la loi pour la protection de l'environnement est approuvée par l'Assemblée Nationale du Pouvoir Populaire. Celle-ci favorise la pénétration de l'ER dans le pays. Pour tout nouvel investissement, elle exige une licence environnementale.

Enfin, le Programme de la Révolution Énergétique à Cuba (2006) prévoit un changement dans la stratégie énergétique du pays. Son objectif principal est la substitution de la structure traditionnelle centralisée (SEN) basée sur des centrales thermoélectriques (peu efficaces pour la plupart) via un schéma de génération distribuée, où le développement des SER prend aussi importance.

Chapitre 2. Contexte de l'électrification rurale à Cuba

Dans ce chapitre, on introduit le concept d'électrification rurale et en particulier le cas de l'électricité rurale à Cuba. D'abord, on explique l'évolution de l'électricité à Cuba pour comprendre par la suite comment a évolué l'électrification rurale. On constate le rôle important que la micro hydroélectricité a joué en son sein. [18] [19] [20] [21]

2.1 Histoire de l'électricité à Cuba

La disponibilité limitée des ressources fossiles et le manque d'exploitation des ressources hydrauliques et d'autres alternatives énergétiques expliquent la dynamique politique, économique et sociale dans laquelle la société cubaine a passé les 40 dernières années du vingtième siècle.

En 1958, il y avait une puissance installée de génération d'électricité de 430 MW avec 10.200 km de lignes de toutes les tensions et 60 systèmes approvisionnés grâce à des centrales locales, quelques unes étant des centrales sucrières. Le service électrique était garanti à 56 % de la population (6,5 millions d'habitants)[21]. En août 1960, «la Compañía Cubana de Electricidad » est nationalisée ainsi que des centrales sucrières et d'autres entreprises privées. C'est la fin du monopole électrique du XX^{ème} siècle et le début du développement électrique du pays. À partir de ce moment là, la distribution de l'énergie électrique n'est plus considérée comme un commerce mais comme un service public ayant pour but de développer les objectifs économiques et sociaux du pays.

En 1973, le Système Électrique National (SEN) est créé. Celui-ci relie la majorité des centrales importantes. Parmi celles-ci se trouvent toutes les centrales sucrières de l'île, qui utilisent comme combustible la bagasse de la canne en temps de récoltes.

L'économie cubaine est appuyée sur l'approvisionnement en combustible et en technologies provenant des pays de l'Est et de l'ancien URSS. En 1992, ils sont arrivés à une puissance installée de 3676 MW dont 544 MW correspondaient à des centrales industrielles (488 MW de centrales sucrières), et 3132 MW à des unités génératrices de l'« Unión Eléctrica »¹². 88,4 % de toute l'énergie électrique produite dans le pays était générée par les unités de l'Union, des centrales thermoélectriques pour la plupart. Le reste s'obtenait par cogénération des centrales sucrières, des

12 Entreprise appartenant à l'état, chargé du Systè Électrique National (SEN)

entreprises d'engrais et d'autres industries [21]. L'électrification atteignait donc 95 % de la population en 1992.[1]

La majorité de la production d'électricité du pays était basée sur l'usage des combustibles importés pour faire fonctionner les centrales thermoélectriques, sauf les centrales sucrières, qui profitaient la bagasse ¹³ comme carburant pendant les mois de récolte de la canne de sucre, et quelques petites centrales hydroélectriques de petite puissance.

Dans un premier temps, le charbon fut le combustible dominant; ensuite les dérivés du pétrole, principalement le fuel-oil. Cette situation résulte non seulement de l'insuffisance de l'exploitation des ressources énergétiques du pays, mais aussi du bas prix du pétrole sur le marché mondial pendant de nombreuses années. À partir des années 60, presque tout le pétrole dont Cuba avait besoin était fourni par l'Union Soviétique à des conditions commerciales très favorables pour Cuba. Ainsi, Cuba a mieux affronté la crise du pétrole de 1973 que beaucoup d'autres pays. Dans les années 80, la capacité de raffinage du pétrole s'est multipliée par trois par rapport à 1958 et la consommation de carburant par habitant s'est accrue de 0,5 à 1,5 tonnes. Différentes études et plans se sont développés pour l'utilisation de l'hydroénergie (qui existait peu auparavant) et la cogénération dans l'industrie sucrière s'est remarquablement développée. A la fin des années 80, les conditions très favorables vont régresser de façon brusque suite d'une part à la perte soudaine de l'approvisionnement en pétrole jusque là fourni de façon stable par l'URSS à des prix de préférence. D'autre part, la recrudescence du blocus économique que le pays a dû affronter aboutit à un fort déficit en énergie qui a frappé la structure productive, les services et la population du pays pendant la période 1989-1995. À cette époque, plus de 80% du commerce extérieur se réalise avec les pays membres du Conseil d'aide Mutuelle Economique (CAME). En 1991, la dissolution de cette organisation et celle de l'Union Soviétique, implique pour le pays une brusque réduction de plus de 70% de la valeur totale de ses importations.

En 1992, le combustible importé disponible pour le SEN est descendu de 40,6% par rapport à 1989. De ce fait, le service électrique fourni s'est détérioré de façon significative pendant plusieurs années.[21]

13 La bagasse est le résidu fibreux de la canne de sucre après l'avoir moulu ou pressé

Le processus a causé un déficit énergétique qui a semi-paralysé l'industrie et les services. Une nouvelle réorientation et conception de la stratégie énergétique est donc apparue en 1993 avec le Programme de Développement de Sources Nationales d'énergie. Elle se met en place avec l'objectif de résoudre le problème énergétique. Les Accords de Río (1992) avaient constitué un engagement à l'utilisation des énergies propres mais ils considéraient prioritaire d'inciter la conscience énergétique, essentielle pour apporter par la suite des améliorations à la relation entre la demande et la distribution énergétique avec le respect environnemental.

Les années avec l'impact le plus négatif ont été 1993 et 1994, lorsque que la génération de l'électricité a diminué de plus de 20% et la disponibilité de combustible domestique pour la cuisson des aliments a été restreinte, surtout dans les zones rurales.

Après l'application du programme de Développement de Sources Nationales d'Énergie, l'extraction du pétrole national a augmenté jusqu'à 1.500.000 t en 1997, ce qui représentait approximativement 15% des besoins nationaux.[21] Cependant, le haut contenu en soufre et d'autres désavantages ne permettaient pas son usage dans toutes les centrales, parce qu'il accélérerait la détérioration des équipements.

Entamée à la moitié des années 90, la lente récupération de l'économie nationale liée à l'attention fixée sur les besoins du service électrique, qui avait un personnel technique qualifié, a permis qu'en 1997, la génération brute du SEN ait augmenté de 19,5% par rapport au minimum de 1994, même si cette valeur était 5% inférieure à celle atteinte en 1989. La coûteuse dépendance du pétrole importé, qui provenait la plupart de la Fédération Russe, à des conditions beaucoup moins favorables que du temps de l'URSS, a obligé le pays à amplifier au maximum l'extraction du pétrole et son utilisation. L'état cubain a commencé à réaliser des programmes de prospection en faisant de contrats avec des firmes de différents pays. Il a conclu des accords avec des entreprises européennes pour réhabiliter et moderniser les unités génératrices de façon à ce que celles-ci puissent supporter l'usage du pétrole d'origine nationale. Dans le même temps, ils ont diminué la consommation en combustible. L'état cubain s'est également penché sur l'utilisation du gaz accompagnant les gisements pétroliers. En 1997, une société est créée avec une firme canadienne pour exploiter une centrale en cycle combiné, utilisant le gaz comme combustible. Ainsi, ils profitent d'une énergie auparavant inutilisée et éliminent la pollution atmosphérique causée par la libre combustion du gaz.

Un projet de construction d'une centrale nucléaire a également été lancé, mais il n'a pas abouti.

En somme, pendant la période révolutionnaire et avant de rentrer dans la Période Spéciale, le SEN s'est développé comme la colonne vertébrale énergétique du pays avec une capacité totale installée supérieure à 3000MW et plus de 70.000 km de lignes atteignant plus de 95% des usagers, sur une base de centrales thermoélectriques et une partie encore très importante de pétrole importé. Cette dépendance au pétrole importé s'est réduite au fur et à mesure que s'est développée la cogénération à l'industrie sucrière, l'usage du pétrole national et le gaz accompagnant, et l'exploitation du potentiel énergétique relatif aux SER dont dispose le pays.

La Révolution Énergétique (2006) a donc incarné un changement d'orientation impliquant la décentralisation des systèmes énergétiques, visant à produire l'énergie dans ou près des endroits de consommation, et à intégrer les opportunités d'un système où coïncident plusieurs sources: la cogénération à petite et moyenne échelle, la production indépendante et les SER.¹⁴

Les SER ont joué un rôle fondamental dans l'électrification rurale, comme nous le démontrerons par la suite.

14 Cfr. Annexe I. La Révolution Énergétique Cubaine

2.2 L'électrification rurale à Cuba

2.2.1 Introduction

Le développement économique et social exige une sécurité énergétique. Dans les services énergétiques, l'électricité constitue un élément fondamental pour garantir le développement. A Cuba, comme dans tous les pays, les zones rurales sont les moins avantagées pour l'électrification. Néanmoins, grâce à l'effort réalisé ces dernières décennies, l'électrification par différentes voies atteint une valeur moyenne nationale supérieure à 80% dans les zones de montagne.

La disponibilité de l'énergie électrique est indispensable pour l'éclairage résidentiel, l'amélioration de la qualité et la viabilité des services de santé et d'éducation, ainsi que pour le développement socioculturel des habitants des communautés, qui peuvent trouver des moyens d'information tels que la radio et la TV, pour le développement culturel et les loisirs.

En 1959, une nouvelle étape de l'électrification rurale naît avec le nouveau gouvernement. Parmi ses objectifs apparaît l'amélioration des conditions de vie des populations les plus défavorisées, notamment celles qui se trouvent dans les zones de montagne et d'accès difficile, sans accès à l'électricité. À partir de 1960, une orientation de l'électrification à des fins sociales et bénéfiques pour l'économie nationale se développe avec le service électrique géré par l'Etat. Les réseaux électriques ruraux se multiplient, grâce entre autres à la participation volontaire des « liniers¹⁵ » en retrait. Ainsi, l'électrification de la population rurale passe de 4% en 1960 à 79,4% en 1992.[21]

2.2.2 Les différentes voies utilisées

Les différentes voies utilisées pour le développement de l'électrification rurale à Cuba ont été les suivantes :

2.2.2.1 L'accès au SEN

Des mesures ont d'abord été prises pour favoriser l'électrification rurale grâce à la Commission Nationale de Travaux Publiques. De nouvelles formes et méthodes ont été établies pour réduire les coûts des réseaux ruraux d'électricité. Des poteaux de béton armé et de fer ont été fabriqués pour remplacer les anciens (habituellement importés). Des anciens guérilleros d'origine paysanne ont été formés comme liniers, dans le but de les intégrer au monde du travail avec de nouvelles compétences, adaptées aux zones rurales.

15 Les gens chargés d'installer les lignes électriques

De cette façon, le service électrique a été amené à un nombre considérable de nœuds de population situés en zones éloignées. Le pays a investi des capitaux importants pour amener le service électrique aux zones isolées, mais ils ont fixé un minimum de 25 utilisateurs par km de ligne ou un objectif économique qui le justifie.

Ainsi, 125.000 maisons se sont électrifiées, grâce à la construction de 6000km de lignes électriques qui ont raccordé plus de 1000 implantations de population et 130 campements de zones productrices de café. Le coût de l'extension de réseau du SEN fluctue ainsi autour de 12.500\$ par km, incluant tous les matériaux et ressources nécessaires. Ce coût est uniquement justifié par les activités économiques et sociales offertes.

La plupart des groupements de population ruraux de majeure importance ont été électrifiés. Ceux qui n'ont pas de service électrique sont caractérisés par des maisons isolées et dispersées qui élèvent considérablement les coûts d'investissement du réseau électrique. Actuellement, il y a 88% de la population des zones rurales raccordés au réseau.

2.2.2.2 Les centrales DIESEL

Il existe 3.000 centrales électriques qui travaillent principalement avec du combustible diesel. Parmi celles-ci, 80% sont privées et d'usage familial. 20% appartiennent à l'état et fournissent les communautés rurales. A part l'investissement initial, le service électrique des centrales diesel requiert, du combustible, des lubrifiants, des parties et pièces consommables ou usées, ainsi que de l'opération et de la maintenance qualifiées. Pour garantir la fiabilité dans le service à des installations indispensables telles que les hôpitaux de montagne, il est également nécessaire de dupliquer l'installation et de disposer d'une capacité de stockage de combustible pour garantir le fonctionnement en saison des pluies.

Avant les années 90, les communautés isolées recevaient service électrique minimum fourni par les centrales diesel. Ces dernières années, du fait des limitations économiques et surtout des difficultés d'approvisionnement en combustible, les centrales se sont détériorées par manque de pièces de rechange et de combustible. Actuellement, peu de centrales diesel continuent à fonctionner. Elles offrent un service très instable, seulement deux ou trois heures par jour.

2.2.2.3 L'hydroénergie

La solution de l'hydroénergie pour l'électrification des communautés rurales est la première option via les SER appliquée de façon généralisée. Pour pouvoir profiter de cette source d'énergie renouvelable pour l'électrification des plusieurs maisons groupées, il faut d'abord analyser les disponibilités locales pour l'exploitation hydroénergétique.

Le Programme National pour le Développement de Mini, Micro et Petites Hydroélectriques a permis l'électrification de 153 communautés. Ce programme estimait un potentiel de 25 MW exploitable dans plus ou moins 400 villages dans des zones isolées, principalement dans les montagnes, contribuant aussi au Plan Turquino et utilisant des turbines construites dans le pays. Le Plan Turquino a été créé pour améliorer les conditions de vie de la population qui habite dans les zones de montagne et qui s'occupe principalement de l'agriculture, à travers l'électrification de leurs maisons. Le programme inclut ainsi des objectifs sociaux via les énergies renouvelables.

Le développement de l'hydroénergie s'est partiellement arrêté pendant la Période Spéciale. Le développement dépendait essentiellement des investissements étrangers au travers de projets qui se réalisaient en prenant en compte le potentiel hydroénergétique déjà existant.

Dans le pays plus de 400 projets de minicentrales hydroélectriques¹⁶ ont été étudiés, parmi lesquelles 200 sont déjà construites. 149 d'entre elles fonctionnent en réseau isolé sur un total de 180 en exploitation. Elles fournissent l'électricité à 8.629 logements et plus de 34.990 habitants en zones de montagne et d'accès difficile, incluant 78 centres médicaux, 138 écoles et d'autres installations à objectifs économiques et sociaux (188).¹⁷

A Cuba, le coût moyen d'une microcentrale de 30 kW de puissance était jusqu'à 1993 de 60.000\$/CUC¹⁸: 35% pour l'équipement, 60% à la construction, au montage et aux tuyaux et 5% au reste (projets, études,...). Ces coûts pourraient diminuer considérablement et grâce à:

1. L'expérience acquise par les entreprises : celles-ci ont travaillé avec des projets depuis le début et ont réalisé des simplifications, et aussi incorporé des solutions constructives simples ainsi que l'usage de matériaux locaux.

16 Selon la classification se réfère aussi à des microcentrales et picocentrales.

17 Presentation power point fourni par l'entreprise d'hydroénergie. Situación Actual y Perspectiva del Desarrollo de la Hidroenergía en Cuba.

18 1CUC équivaut à 1.25 euros

2. L'exécution de la construction et du montage par des groupes spécialisés avec l'appui volontaire des bénéficiaires.
3. La production en série de l'équipement principal, comme les turbines, dont l'industrie mécanique a développé six modèles qui couvrent une grande partie des besoins en accord avec les sites hydroénergétiques étudiés.

Avec l'électrification rurale dans les communautés isolées grâce aux microcentrales hydroélectriques dans les montagnes, le niveau et la qualité de vie de ses habitants se sont améliorés. Les possibilités d'accès aux services de santé, éducation et culture ont également augmenté. De ce fait, l'exode rural a diminué et il y a même eu un léger retour d'une partie des habitants qui avaient abandonné les montagnes.

Le bilan du programme est positif par rapport aux dommages qui auraient pu être causés à l'environnement. Toutes les exploitations se sont construites dans les fleuves, ruisseaux, stations de captage, sans réservoir. De plus, les tuyaux de pression ont été installés avec des tuyaux d'aluminium, pour lesquels il ne fallait pas creuser de sentiers dans la végétation existante.

2.2.2.4 L'énergie solaire photovoltaïque

À partir de 1994, de nouveaux projets d'électrification rurale furent élaborés afin d'exploiter de nouvelles SER, telles que l'énergie solaire (photovoltaïque et thermique) et l'énergie éolienne. L'usage de l'énergie solaire photovoltaïque pour garantir les services de petite dimension, tels que les écoles, les centres médicaux familiaux et les cercles sociaux, ont démontré être une solution optimale non seulement pour la fiabilité, mais aussi pour les coûts à moyen et long terme.

Le programme d'électrification photovoltaïque dans les montagnes et les zones rurales éloignées visait à électrifier des écoles, des hôpitaux, des centres médicaux familiaux, des installations de cercles sociaux, des salles de télévision et des centres d'évaluation forestière, entre autres. Ce programme avait comme objectif d'offrir les mêmes droits sociaux à tous les niveaux du pays, notamment ceux de l'éducation et de la santé. En juin 2001 se termine l'électrification photovoltaïque de plus de 2.000 écoles dans les montagnes et dans les endroits éloignés du SEN. Ainsi finissait la première phase du Programme Audiovisuel, toutes les écoles du pays étant électrifiées. En 2002 se finalise la deuxième phase intégrant des ordinateurs dans chacune d'entre

elles, et les faisant fonctionner grâce aux panneaux photovoltaïques. Le but était qu'un enfant d'un petit village ait les mêmes conditions d'apprentissage qu'un enfant de la ville. Ce projet a été effectué grâce à Ecosol Solar (appartenant à Copextel) et à l'appui de Cubasolar, des universités, du système d'éducation et des gouvernements locaux.

Tout ça a eu un impact social sur l'éducation, l'information, l'élévation de la qualité de vie et la culture générale des bénéficiaires de ce service.

L'électrification solaire peut être la meilleure solution s'il n'y a pas de ressources hydrauliques exploitables. Elle peut s'avérer plus économique que d'autres systèmes conventionnels. La solution photovoltaïque offre une garantie de 30 ans, mais demande de la maintenance de la part de la communauté et une formation d'une culture à une nouvelle conscience énergétique et de respect environnemental. Les caractéristiques de dispersion des maisons paysannes cubaines, principalement dans les zones de montagne, le besoin de lier les travailleurs (agricoles, de l'élevage et forestiers) à ses zones de travail, ainsi que les coûts actuels des solutions solaires, inclinent à proposer des systèmes modulaires qui peuvent inclure l'éclairage, les services de radio et la télévision à un coût de 2000 à 3000\$ par unité (tout compris), plus des solutions communautaires pour la réfrigération, car les installations individuelles avèrent trop chères. Les systèmes de réfrigération pourraient se placer dans les magasins mixtes, les cercles sociaux, la pharmacie et les centres médicaux.

2.2.3 Conclusions

En conclusion, il n'existe pas de solution unique pour résoudre le problème de l'électrification rurale. À Cuba, quatre voies principales ont été empruntées : le réseau électrique, les centrales Diesel, l'hydroénergie et l'énergie solaire photovoltaïque. Dans tous les cas, il importe d'analyser chaque situation en particulier pour évaluer la solution la plus pertinente, en tenant compte de différents critères tels que le social, l'environnemental, l'économique, le technologique et le culturel. Dans le cas cubain, l'Etat a d'abord continué à étendre les lignes, mais il était très coûteux d'amener le réseau jusqu'aux maisons isolées et dispersées. Ensuite, des centrales Diesel ont été construites, qui proposaient un service minimum, mais qui requéraient en plus de l'investissement initial, du combustible et des opérations de maintenance qualifiée. La plupart ont arrêté de fonctionner pendant la Période Spéciale.

À partir de ce moment là, différentes démarches ont été menées pour résoudre la situation du reste de la population rurale. Les solutions les plus généralisées ont été l'installation de micro centrales hydroélectriques et de panneaux photovoltaïques, qui ont déjà démontré leur efficacité pour des installations de petites dimensions. Souvent, le financement provenait de la contribution solidaire des personnes ou d'organisations, à travers la coopération.

Récemment des systèmes hybrides se sont développés, qui combinent plusieurs alternatives, tels que le système hybride éolienne-photovoltaïque. Ainsi, tandis que le système photovoltaïque peut produire plus d'énergie pendant l'été, le système éolien pourrait produire plus d'énergie en hiver. De ce fait, la somme d'énergie peut potentiellement être constante tout au long de l'année.

Chapitre 3. Notions de transfert de technologie

L'objectif de ce chapitre est d'abord d'introduire le concept de transfert de technologie et remarquer son importance dans le développement durable et dans la lutte contre le changement climatique. Ensuite nous aborderons la stratégie politique et les barrières existantes dans le transfert de technologie des SER à Cuba. Finalement, nous exposerons le cadre du transfert entre la Région wallonne et Cuba où s'inscrit notre étude de cas WalCubaHydro. [30] [31] [32] [33]

3.1 Le transfert de technologie

3.1.1 Définition

Selon Aase (1991), la technologie est un processus moyennant lequel une équipe humaine résout quelques tâches en utilisant quelques outils. La forme dans laquelle l'équipe humaine utilise les outils implique des techniques qui demandent du développement des compétences et habilités. Les premières peuvent s'acquérir théoriquement; les deuxièmes à travers des activités de formation (Olsen, 1989, cité en Chatterji, 1991). La relation entre les outils et les tâches entraîne un produit, résultat des motivations pour résoudre un problème, une tâche, ou pour atteindre un but établi.

La technologie (équipe humaine, outils, tâches) est un instrument qui doit contribuer au développement social et économique d'un pays. Dans ce sens, on considère que le transfert, la promotion de créativité, et l'innovation et diffusion de la technologie ne sont pas des buts comme tels, sinon plutôt des outils dans le processus de construction d'une société.[30] Selon Galtung (1978), la technique constitue seulement la surface de la technologie. Ainsi, la technologie comprend une structure profonde où s'incluent les structures de comportement et formes organisatrices entre autres.

Le transfert de technologie peut être défini comme la diffusion et l'adoption d'un équipement technique nouveau, des pratiques, et du savoir-faire entre acteurs (secteur privé, secteur du gouvernement, institutions financières, ONGs, organismes de recherche, etc) dans une région ou d'une région à une autre [30]. La définition semble simple mais le processus est compliqué. La plupart de transferts se réalisent du Nord vers le Sud, mais les transferts Sud-Sud doivent être encouragés. On ne doit pas se limiter à regarder la technologie comme un équipement, sinon plutôt comme de l'information, des connaissances, du savoir-faire qui sera nécessaire pour fonder, fabriquer, installer, opérer et réaliser la maintenance de l'équipement. Le transfert devrait être abordé de façon à mettre en place les concepts techniques dans la pratique locale, dans un cadre

durable pour que la population locale puisse comprendre la technologie, l'utiliser de façon durable, et la répliquer dans d'autres projets pour accélérer leur exécution. Le transfert de technologie inclut aussi l'amélioration de la technologie existante et l'adaptation de celle-ci aux conditions locales et aux requêtes de la population. Le transfert de technologie devra aider la population locale à développer des connaissances pour pouvoir choisir la technologie appropriée, adaptée aux conditions locales et aux services énergétiques demandés, et intégrer celle-ci avec la technologie locale existante.

3.1.2 Évolution du concept

Historiquement, la technologie et la connaissance étaient réservées aux gouvernements et aux entreprises, en donnant avantage à la croissance de la puissance économique ou militaire.

Par conséquent, l'encouragement du transfert de technologie entre pays est une pratique relativement neuve, qui se manifeste depuis la seconde moitié du vingtième siècle. Différents facteurs ont contribué au changement des modèles du transfert de technologie comme le développement des organisations multilatérales (comme les Nations Unies) et corporations transnationales, le développement des communications et de la législation des droits de propriété intellectuelle.

L'image classique du transfert de technologie était l'investissement public à grande échelle basé sur la technologie étrangère de prêts à taux réduit, avec un minimum de transfert des connaissances et de compétences de construction interne. L'approche des années 1950 et 1960 était concentrée sur la création de compétences internes pour l'opération et la maintenance des équipements. Après la crise du pétrole des années 70 et la situation dramatique des pays dépendants de l'importation du pétrole qui en a découlé, affectant de la manière la plus violente les pays en voie de développement, se produit un changement de la gestion des réserves à la gestion de la demande, pour assurer la sécurité de l'approvisionnement énergétique. De ce fait, les sociétés pétrolières nationales se développent d'une part, et d'autre part surgit un nouveau besoin de développer la technologie des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Des projets à petite échelle émergent, qui influencent les nouvelles conceptions de transfert de technologie. Ces projets à petite échelle avec des technologies répandues nécessitent des gens locaux formés pour garantir la maintenance et l'opération. Ainsi augmente la conscience du besoin de transférer des connaissances aussi bien que la technologie. Dans les années 90, avec l'accélération du marché vers la globalisation, la place du

capital privé dans l'échelle globale augmente et engendre la compétition entre les vendeurs de technologie. Avec la privatisation, le rôle des gouvernements dans le processus du transfert change. Avant la privatisation, les gouvernements jouaient un rôle actif comme participants dans le processus. Depuis la privatisation, le gouvernement s'est plutôt centré sur la régulation du commerce et la promotion des politiques adéquates pour le bon déroulement des transferts. Actuellement, les gouvernements jouent un rôle clé en facilitant la diffusion de la technologie à travers la création d'une infrastructure institutionnelle avec un haut degré d'éducation en ingénierie, la promotion des activités de recherche et développement, une industrie adaptée et des mécanismes flexibles du marché[30]. Toutefois, le transfert de technologie de notre étude de cas se réalise à Cuba, et si le gouvernement joue effectivement le rôle décrit ci-dessus, il faut remarquer que le système sociopolitique et économique cubain n'a pas suivi le développement de privatisation des autres pays, et la plupart des entreprises appartiennent à l'état[30].

3.1.3 Types

On peut dissocier deux types de transfert de technologie : le processus vertical et l'horizontal.

Le transfert vertical se réfère au processus de délocalisation d'une nouvelle technologie via l'investissement dans un groupe cible. Il n'y a pas de transfert de connaissances, ni de compétences aux fabricants locaux. Les activités de l'entreprise émettant le transfert se réalisent sans risque de perte de possession de la technologie. Le transfert horizontal décrit le processus d'implantation de la technologie au sein de la population locale et de son économie, incluant les aspects techniques, la formation de l'entreprise et la gestion financière. Cela peut mener à la création d'une « joint-venture » (JV) entre l'entreprise étrangère (propriétaire de la technologie) et l'entreprise locale qui s'occupera de la fabrication locale. Cette approche complique la tâche des entreprises étrangères au niveau de la protection des plans et du contrôle de la qualité des produits parce que le partenaire local fabrique la technologie. Par contre, il aboutira à une situation plus durable si les compétences et les connaissances acquises par les pays en développement comprennent l'installation, l'opération et la maintenance de la nouvelle technologie.

Généralement, les propriétaires de la technologie sont plutôt les entreprises que les gouvernements. Le transfert de technologie n'aura donc pas de succès sans la participation des entreprises. Ainsi, ces dernières jouent un rôle avant, pendant et après le processus de transfert de technologie. En effet, l'existence d'une joint-venture entre une entreprise étrangère et une entreprise locale aboutira à un processus continu par lequel le développement technique, les compétences et le savoir-faire se renouvelleront périodiquement.

Cependant, les entreprises commerciales sont mues par le profit. Les joint ventures s'avèrent coûteuses et certains craignent la perte des droits de propriété intellectuelle. Les pays en voie de développement commencent à promouvoir la formation de joint ventures avec des investisseurs internationaux afin d'encourager le transfert horizontal de technologie. À long terme, le transfert horizontal de technologie devrait inclure la perspective du pays en voie de développement, ce qui ne rejoint pas forcément la perspective d'une entreprise basée sur le profit. Pourtant, sans la participation des entreprises privées, le transfert de technologie diminuera.

Au chapitre 34, l'Agenda 21 signale que la coopération dans le domaine de la technologie implique des efforts dans les entreprises et dans les gouvernements, les deux fournisseurs de technologie, et leurs bénéficiaires. Une telle coopération entraîne donc un processus interactif engageant le gouvernement, le secteur privé et les institutions de la recherche et du développement, pour assurer les meilleurs résultats d'un transfert de technologie.¹⁹

Différents modèles sont utilisés pour décrire les différentes phases, dans le détail desquels nous ne rentrerons pas ici.²⁰ Quel que soit le modèle appliqué, différents acteurs participent au processus de développement de la technologie et au processus de transfert. Dans les deux modèles, la partie indispensable pour accentuer la vitesse et la capacité du transfert de technologies d'énergie renouvelable est la reproduction des pratiques et projets qui ont eu du succès.

3.1.4 Le transfert de technologie et le développement durable

Le développement technologique et l'innovation des technologies saines pour l'environnement (EST-Environmentally Sound Technologies) jouent un rôle dans le développement durable. Le transfert des EST dans les pays en voie de développement est crucial car il contribuera de facto au développement durable et à la lutte contre le changement climatique. Les technologies saines pour l'environnement sont définies au chapitre 34 de l'Agenda 21 comme « celles qui protègent l'environnement, qui sont moins polluantes, qui utilisent les ressources d'une façon plus durable, qui recyclent plus que leurs déchets et produits, et manipulent leurs déchets d'une façon plus acceptable que les technologies qu'elles remplacent et qui sont compatibles avec les priorités socioéconomiques, culturelles, et environnementales nationales».

19 UN (1993)

20 Cfr Annexe J. Différents modèles du transfert de technologies

3.1.4.1 Développement

Le succès du développement durable à niveau global demande des changements notables de la technologie vers des options plus efficaces, des technologies d'énergie propre et l'amélioration des modèles des pays industrialisés et des pays en voie de développement (pvd). En ce moment, le développement économique avance plus vite dans les pvd. Ceux-ci ont l'opportunité d'apprendre des erreurs commises par les pays industrialisés pour leur trajectoire vers le développement. Ils ont l'option de choisir entre le modèle énergétique conventionnel basé sur les combustibles fossiles et un modèle qui se base sur des options plus propres et plus efficaces, comme par exemple, l'adaptation des EST. Un des avantages des énergies renouvelables par rapport aux énergies fossiles dans les régions isolées est qu'elles profitent des ressources énergétiques locales sans avoir besoin du transport et de la distribution du combustible. Ainsi, les populations rurales de difficile accès peuvent avoir accès à l'énergie grâce à l'exploitation des ressources locales en évitant dans le même temps la dépendance par rapport aux combustibles fossiles. Mais pour que les pvd puissent profiter des ER et 'autres EST, il faut consolider les connaissances locales, les techniques et les compétences en gestion et établir des institutions et un réseau adéquats et appropriés. Il faut également s'assurer que la technologie est adaptée aux conditions locales, que les besoins de la population sont satisfaits, et que la population est capable de choisir aussi bien la technologie qui répond à ses demandes que celle qui a moins d'impact environnemental et est plus accessible. Les énergies renouvelables sélectionnées doivent répondre aux besoins et priorités de chaque communauté, en prenant en compte le contexte culturel et social. Il faut aussi être réaliste sur ce qu'on peut fournir à la communauté, et ne pas créer de faux espoirs. Les énergies renouvelables ont aussi des limitations qu'il ne faut pas occulter.

Les projets réalisés par les agences de développement jusqu'à la moitié des années 90 n'ont pas obtenu les résultats attendus, ce qui a suscité une orientation vers une approche plutôt socio-économique liée au genre, à l'atténuation de la pauvreté, à la santé et à l'éducation. De ce fait, la focalisation sur l'énergie a diminué. Ces dernières l'énergie a progressivement été intégrée aux autres problématiques. La stratégie de la Banque Mondiale a récemment établi les liens entre énergie et pauvreté, et aussi entre énergie et environnement [30]. L'énergie doit s'intégrer aux différents secteurs sociaux, économiques et environnementaux, ne pas se traiter de façon isolée et être incluse dans une vision d'ensemble. Le fait qu'une région soit 100% électrifiée n'est pas remarquable en soi, si on ne prend pas en compte les bénéfices directs du processus. Des

démarches doivent se faire pour rendre l'accès à l'électricité abordable, comme l'accès aux prêts à taux réduit, la planification de l'usage de l'électricité pour pouvoir assurer les services de la communauté, la mise en exergue de la façon dont l'électricité peut contribuer à la création de nouveaux emplois, etc. L'énergie est essentielle pour le développement économique et social, et peut participer de façon directe ou indirecte à la diminution de la pauvreté. Cependant, ce n'est pas l'énergie elle-même qui joue, ce sont les choses qu'elle rend accessibles, comme la possibilité d'avoir un dispensaire plus autonome et développé, l'amélioration des conditions dans les centres scolaires, le développement des activités commerciales et de la petite industrie qui offriront des bénéfices directs à la communauté, l'amélioration du cadre de vie de la population (grâce à l'air moins pollué et grâce au développement économique...) et l'accès à l'information et à la communication.

3.1.4.2 Changement climatique

Le transfert des EST dans les pvd et dans les économies en transition joue un rôle essentiel du point de vue du contexte du changement climatique. En effet, elles permettent l'industrialisation tout en limitant les émissions de CO₂. Le transfert de technologie est un objectif de l'UNFCCC et du Protocole de Kyoto.

L'UNFCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) fait référence au transfert de technologie dans différents articles. L'article 4.1 (c) engage toutes les parties de la convention à « promouvoir et coopérer au développement, et à l'application et diffusion, incluant le transfert, des technologies, pratiques, et processus qui contrôlent, réduisent ou préviennent les émissions des gaz à effets serre dû aux effets anthropiques ». L'article 4.5 propose aux pays industrialisés de « mettre en place toutes les démarches pour promouvoir, faciliter et financer, s'il s'avère approprié, le transfert ds, ou l'accès aux EST et le savoir-faire aux autres parties, spécialement les pvd, pour leur permettre de mettre en œuvre les clauses de la Convention ». L'article 4.9 fait mention des besoins des pays moins développés qui sont les moins enclins à disposer de la nouvelle technologie : « les parties devront tenir compte des besoins spécifiques et des situations spéciales des pays moins développés dans leurs actions avec l'égard de financer et de transférer la technologie ». L'article 11.1 définit un mécanisme pour l'approvisionnement des ressources financières avec des subventions ou des tarifs réduits, incluant le transfert de technologie.

Au chapitre 34, l'Agenda 21 déclare que l'accès au transfert de technologie des EST doit être promu « en termes favorables, d'un mutuel accord, en tenant compte des droits de propriété intellectuelle aussi bien que des besoins spécifiques des pays en voie de développement pour l'implémentation de l'Agenda 21 »

Le transfert de technologie est aussi nommé plusieurs fois dans le Protocole de Kyoto. L'article 3.14 avec les engagements admet le besoin de minimiser les impacts négatifs du changement climatique dans les pvd et ajoute « que les sujets qui doivent être considérés sont l'établissement des financements, d'assurances et du transfert de technologie ». L'article 10 (c), aborde le développement durable, et évoque la promotion, l'accès et le transfert des EST dans les pvd.

On pourrait encourager le développement du transfert de technologie dans les économies en transition et les pvd au travers des mécanismes du protocole de Kyoto tels que les partenariats commerciaux et les mécanismes de développement propre (MDP). Le Protocole de Kyoto n'explique pas le lien entre ses mécanismes et le transfert de technologie. Toutefois, le transfert de technologie commence à faire partie intégrante des débats politiques sur l'investissement et on constate que les problèmes de la gestion de l'investissement pour un meilleur développement et l'augmentation du transfert de technologie sont similaires. Par contre, se préoccuper uniquement des objectifs de lutte contre le changement climatique n'assure pas un bon transfert de technologie entre les pays industrialisés et les pvd parce que les deux parties en présence sont plus orientés vers des objectifs économiques et de concurrence internationale. D'un côté, les gouvernements sont contraints à réduire leurs émissions et ils ont des engagements et des objectifs à accomplir, de l'autre côté l'existence des mécanismes comme le MDP peut favoriser un cadre potentiel qui encourage le transfert de technologie. Le MDP a été conçu comme un mécanisme multilatéral pour aider les pvd à atteindre un développement durable, en même temps que les pays industrialisés accomplissent leurs engagements de réduction de GES à un prix réduit. Les MDP peuvent potentiellement créer un partenariat entre le secteur privé et les gouvernements des pays industrialisés et le secteur privé des pvd, qui pourrait faciliter le transfert de technologie. La contrainte plus grande du transfert de technologies des énergies renouvelables est l'inefficacité de la canalisation de financement pour investir dans les énergies renouvelables, plutôt que le manque de capital privé. Le MDP pourrait aider à profiter du capital privé et le diriger vers les technologies d'énergies renouvelables.

3.1.5 Acteurs clés et leur rôle

Le transfert de technologie est le résultat de différentes actions menées par différents individus ou organisations qui participent au processus. Les acteurs clés incluent les responsables, les organismes légaux et réglementaires, les agences de développement, les bailleurs de fonds, les services publics, les fabricants, les fournisseurs, les promoteurs, les installateurs, les consultants, les institutions académiques, les ONGs, les communautés, les bénéficiaires et les utilisateurs de la technologie. Il existe différentes manières desquelles le transfert de technologie peut se dérouler en impliquant différents acteurs qui jouent différents rôles. Ainsi, le transfert peut se produire à travers un partenariat commercial, un investissement étranger direct, un programme d'assistance du gouvernement, des achats directs, des programmes de recherche et développement, le franchisage et la vente d'usines clés en main.²¹

Le gouvernement donne priorité aux transferts de technologie qui répondent aux objectifs sociaux et politiques, tels que le développement économique et social et l'amélioration de l'environnement. La société civile entraîne le processus pour satisfaire les demandes locales, avec par exemple le développement d'actions génératrices de revenus, l'amélioration dans l'éducation, un meilleur accès à la communication, l'accès à une énergie de qualité. Normalement, le secteur privé a des objectifs plutôt commerciaux à satisfaire. Le résultat d'un transfert de technologie efficace dépendra de la structure du gouvernement local, du contexte politique et législatif, des acteurs impliqués et du degré de succès de cette technologie dans des applications similaires dans d'autres endroits.

Le processus du transfert de technologie de grande échelle basé sur les systèmes énergétiques liés aux combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz) est amené par les acteurs du secteur privé tels que les entreprises multinationales et les investisseurs privés. Les systèmes basés sur les énergies renouvelables sont normalement des technologies utilisées de façon décentralisée à petite échelle, souvent avec de nombreux acteurs variant entre petites et moyennes entreprises et agences multilatérales, principalement centrés sur des critères de développement et environnementaux. Ceci ne veut pas dire que les entreprises pétrolières ne s'intéressent pas à l'énergie renouvelable. Quelques entreprises comme Shell et BP se sont lancées dans l'énergie renouvelable via le développement de la technologie photovoltaïque. Leur motivation est la diversification énergétique via les énergies renouvelables avec l'intention de se transformer en entreprises d'énergie plutôt que

21 IPCC (2000)

seulement entreprises pétrolières et ainsi assurer leur futur, étant donné que les ressources pétrolières deviennent plus difficiles et coûteuses à exploiter. De plus, la pression internationale de réduire les émissions de carbone, la législation nationale et la pression de la société civile qui de plus en plus adopte une conscience plus environnementale les incite à se diriger dans cette voie.

Les projets où interviennent les énergies renouvelables sont influencés par les ressources locales disponibles et les services énergétiques requis. Ces facteurs vont produire un impact sur le plan le plus approprié pour cette zone et sur les acteurs impliqués. Il est indispensable d'évaluer ces deux facteurs avant de mettre en place un plan se basant sur les énergies renouvelables.

3.1.6 Succès du processus du transfert

Une fois les acteurs du transfert identifiés, il est important d'avoir une bonne coordination du processus du transfert de technologie qui facilitera le bon déroulement de l'écoulement de la technologie. Il est également important d'encourager des partenariats parmi les acteurs pour assurer le financement du projet. Par ailleurs, le gouvernement et le réseau régional jouent un rôle clé dans la facilitation de la fourniture de l'information actualisée. L'information sur les sources disponibles et le marché potentiel pour le développement des énergies renouvelables peut permettre d'augmenter la conscience parmi les acteurs potentiels des possibilités existantes et les encourager à s'engager dans le développement de ce marché.

Les risques et les récompenses vont varier en fonction des acteurs et du rôle qu'ils jouent. Avant de réaliser le transfert, il est important pour tous les acteurs d'estimer quels vont être les risques et les récompenses. Ceux-ci sont développés au dernier chapitre moyennant un tableau AFOM.

Le rythme du transfert de technologie est influencé par le bilan entre les motivations qui encouragent l'écoulement de la technologie (par ex. les motivations d'encourager l'investissement) et les barrières qui empêchent le processus du transfert (par ex. la manque d'information et des connaissances locales). Les motivations sont nécessaires pour capter l'intérêt des acteurs, accélérer le processus du transfert et vaincre les barrières existantes. Nous développerons plus amplement par la suite les barrières et options identifiées à Cuba pour le développement des énergies renouvelables, étroitement liées au transfert de technologie des SER.

3.2 Le transfert de technologie des SER à Cuba

3.2.1 La stratégie politique

L'Assemblée Nationale du Pouvoir Populaire est l'organisme suprême de l'état, représentant le pouvoir législatif de la République de Cuba. Le Conseil des Ministres est l'organisme administratif et exécutif de plus haut niveau, et constitue le gouvernement de la République de Cuba.

Les organismes économiques qui appartiennent à l'Administration Centrale de l'État et qui participent de façon directe ou indirecte dans les politiques énergétiques sont les suivants:

- MINCEX (Ministère de Commerce Extérieur)
- MINVEC ²²(Ministère de l'investissement étranger et de la coopération économique)
- MEP (Ministère d'Économie et Planification)
- MINREX (Ministère de Relations Extérieures)
- MINAZ (Ministère du Sucre)
- MINAGRI (Ministère de l'Agriculture)
- CITMA (Ministère des Science, Technologie et Environnement)
- MICONS (Ministère de la Construction)
- MINBAS (Ministère de l'Industrie Basique)
- SIME (Ministère de Sidéroméallurgie)
- MES (Ministère d'Éducation Supérieur)
- INRH (Institut National de Ressources Hydrauliques)

Les politiques énergétiques à Cuba sont dirigées par le Ministère d'Economie et Planification depuis avril 1994.

La loi de l'investissement a été créée en 1995 avec le but de promouvoir et motiver l'investissement étranger dans le pays, de réaliser des activités lucratives contribuant au renforcement de la capacité économique et du développement durable du pays, en respectant l'Indépendance souveraine nationale, et en promouvant la protection et l'usage rationnel des ressources. Cette loi fixe le principal règlement légal avec lequel se produisent les investissements étrangers. La formation d'entreprises mixtes, les investissements étrangers et les parties nationales d'investissement de partenariats économiques internationaux sont sujets au paiement de l'obligation fiscale.

22 Le MINCEX et le MINVEC ont fusionné en avril-mai 2009.

La loi de l'investissement étranger permet la possibilité d'exemption de taxes pour les projets d'énergie renouvelable. Celle-ci et la loi de l'environnement favorisent la pénétration des projets concernant les énergies renouvelables dans le pays.

Étant donné le système politico-économique cubain, il n'y a pas beaucoup de place pour les activités privées en ER. Les citoyens cubains ne peuvent pas créer leurs propres firmes. Ainsi, il n'y a pas beaucoup de primes pour produire et vendre des équipements d'ER ni pour se lancer dans les affaires d'évaluation des avantages spécifiques de l'introduction des techniques basés dans les ER.

3.2.2 Les barrières et les options existantes

3.2.2.1 Le concept barrière

Le terme "barrière" est souvent utilisé pour se référer aux facteurs qui empêchent l'adoption d'une nouvelle technologie [30]. On va utiliser ce terme pour se référer aux facteurs techniques, économiques, institutionnels, juridiques, politiques, sociaux, et environnementaux qui empêchent l'usage de la technologie des ER. Les barrières sont interdépendantes, ce qui rend difficile l'isolation des impacts de chaque barrière en particulier. Il y a un grand potentiel de développement des ER dans les pays en voie de développement. Néanmoins, les barrières existantes empêchent leur usage optimal en ralentissant le transfert de technologie. Il faut donc identifier les barrières existantes pour pouvoir opter à bénéficier de toute la potentialité des SER.

Les barrières qui apparaissent dans les pays en voie de développement dépendent de leur degré de développement. Elles sont les suivantes:

- Le risque d'investissement (réel et perçu) dû à l'instabilité politique et économique et à la corruption
- Le manque de capacités du gouvernement pour réguler ou promouvoir les technologies
- Le manque de planification générale pour l'exploitation des différentes compétences
- Le manque d'expérience dans la gestion
- Le nombre réduit de sociétés avec des capacités techniques
- Les risques pour le pays bénéficiaire (comme la perte de l'industrie locale et les inconvénients culturels)

Il y a aussi les barrières liées au transfert d'un pays à l'autre, spécialement les différences culturelles et les différents besoins des services énergétiques. On peut inclure:

- Les problèmes de combler les vides de langage ou culturels et le placement des relations à long terme
- La non-existence de relations entre partenaires potentiels
- Le manque de compréhension de la part des fournisseurs de technologie ainsi que des besoins et priorités des bénéficiaires
- Le manque de compréhension des conditions locales de la part des sociétés étrangères
- L'investissement insuffisant pour le développement en R&D, spécialement pour l'adaptation aux conditions locales.

Une de barrières principales est le fait que la technologie transférée n'est pas une technologie appropriée au contexte local ni adaptée aux besoins de la population. Souvent, elle n'est pas non plus adaptée à l'environnement local. Il est important de bien comprendre la situation spécifique du pays où va s'opérer le transfert de technologie afin d'adapter celui-ci aux services énergétiques requis.

Les possibles barrières qu'on peut rencontrer dans des projets de transfert des ER sont:

- Politiques, institutionnelles et judiciaires, qui dépendent des programmes et politiques existant au niveau national, des structures institutionnelles, et de la propriété intellectuelle.
- La capacité locale (connaissance et infrastructures) qui dépend de l'information échangée, de l'éducation et de la formation existante.
- Les questions économiques et financières
- Les questions sociales et environnementales
- La capacité technique

3.2.2.2 Les barrières et options identifiées

Les barrières identifiées à Cuba sont surtout de type politique, financier et relatif à l'information. On les explique brièvement par la suite:[33]

-Politiques:

-La non-existence d'une loi de l'énergie et d'une loi de l'électricité

Ces lois peuvent mettre en place une législation pour réguler l'usage de l'énergie. L'existence de ces lois peut encourager et stimuler la génération d'électricité moyennant les SER, surtout dans le secteur de la biomasse provenant de la canne à sucre et ainsi que dans le secteur de l'hydro énergie.

-Le manque de primes ou de motivations financières

En fait, celle-ci est une conséquence de la non-existence des lois antérieures. Dans certains pays, un système de taxes visant la protection de l'environnement est établi. Un tel système motive le développement des SER en même temps qu'il pénalise l'usage des combustibles fossiles. L'absence d'une motivation/stimulation financière entraîne une perte d'intérêt de la part des producteurs d'énergie étant donné l'incapacité de financer et l'impossibilité de compléter leurs plans de développement, conçus de façon indépendante des problèmes financiers liés aux investissements. Par ailleurs, les investissements étrangers peuvent se heurter à un marché qui n'est pas attractif ni propice aux investissements dans la génération de l'électricité via les SER.

L'objectif principal des projets démonstratifs est celui d'illustrer la faisabilité de l'introduction d'une certaine technologie. Aboutir à la généralisation ou « reproduction » de celle-ci marquera le succès d'un projet. Cette généralisation risque d'échouer s'il y a un manque de stimulation financière.

-financiers

L'existence de l'embargo des EEUU, depuis 1960 et la disparition des relations commerciales avec l'ancienne Union Soviétique et le CAME ont provoqué une crise globale dans l'état cubain à partir années 90. Vers la fin de cette même décennie, Cuba commence à améliorer sa situation, en réorientant ses stratégies économiques et énergétiques.

Les ouragans qui frappent l'île, du nombre de trois au cours de l'année 2008, ne contribuent sans doute pas à l'amélioration de la situation. Ils provoquent des pertes considérables en matière d'infrastructure, des logements, et affectent gravement à l'agriculture.

Beaucoup de projets démonstratifs des SER possèdent des études économiques et de la documentation technique pertinente sans pour autant avoir la possibilité de se développer dû au manque de financement.

-Informatifs

À Cuba, il existe une très large connaissance sur les SER et son exploitation et constitue le pays des Caraïbes le mieux préparé pour développer des projets des SER. D'une part, il y a le développement de programmes éducatifs d'information populaire qui appellent à l'épargne d'énergie. D'autre part, l'information scientifique spécialisée ou le CITMA, en collaboration avec le MES, joue un rôle essentiel. Le problème est le financement pour le développement des programmes éducatifs visant la diffusion de l'information. En conséquence, il y a une capacité technologique insuffisante (ordinateurs) pour l'accès à Internet ainsi qu'une capacité de services d'intranet et du courrier qui n'atteint pas les requêtes techniques nécessaires. Le réseau d'Internet étant très limité, il rend difficile l'accès à l'information.

Parmi les options pour combattre ces barrières on soulignera les suivantes :

- Opter pour une législation qui impose des taxes à la production et à la consommation d'énergie électrique et thermique provenant des combustibles fossiles ;
- Opter pour une législation qui dispose de régulations et mesures faisant référence à l'énergie de façon globale et à l'électricité en particulier ;
- La suppression de l'embargo économique vers Cuba ;
- La promotion des subventions de l'Etat soutenue par l'épargne en provenance des combustibles importés ;
- L'investissement total ou partiel des recettes suite aux projets antérieurs de développement des SER;
- La demande de subventions aux organisations écologiques, ONG's, ou agences internationales engagées dans le combat contre le changement climatique et le soutien d'un développement durable dans les pays en voie de développement ;
- Stimuler la création d'associations, entreprises mixtes ou de capital privé étranger afin de permettre le développement de la capacité technologique cubaine et la promotion des transferts de technologie vers Cuba. ;

3.3 Le transfert de technologie entre la Région Wallonne et Cuba

Notre étude de cas est un transfert de technologie qui se réalise entre la Région wallonne et Cuba via un Accord Bilatéral de Coopération. Une évolution des axes d'intervention et des priorités de coopération entre la Région wallonne et la République de Cuba est ajoutée en annexe.²³ Dans cette section, le Cadre de Coopération et les axes et priorités dans lesquelles s'inscrit le projet WalCubaHydro seront brièvement décrits.²⁴

3.3.1 Accord-cadre de Coopération

Le projet WalCubaHydro s'inscrit dans la première Commission mixte permanente en application de l'Accord-cadre conclu le 10 avril 2002 entre la Région wallonne de Belgique et la République de Cuba. Cet Accord-cadre a élargi la coopération bilatérale à des domaines autres que celui des technologies nouvelles.²⁵ Il couvre tous les domaines de compétence des Entités signataires. Les compétences de la Région wallonne sont l'économie, l'environnement et la politique de l'eau, la rénovation rurale et la conservation de la nature, la recherche scientifique et technologique, l'énergie, la formation professionnelle, entre autres.

Les Parties s'engagent à réaliser une coopération globale orientée vers la valorisation des ressources humaines, le développement durable et le partenariat entre administrations, institutions, associations et agents économiques.²⁶ La coopération prend les formes suivantes²⁷ : échange permanent d'informations, collaboration entre institutions diverses, élaboration et réalisation de projets conjoints, transfert réciproque de technologies et de savoir-faire, organisations de missions dans le cadre des projets de coopération, réalisation conjointe d'études et d'expertises, promotion réciproque de produits et de services, promotion de partenariats entre entreprises et autres agents économiques, stages et formations. En vue de l'application et de l'évaluation de cet Accord, les Parties contractantes créent une Commission Mixte cubano-wallonne au niveau officiel, afin de promouvoir et faciliter la coopération au développement, économique, industrielle et commerciale.²⁸

23 Cfr. Annexe K. Évolution de la coopération entre la Région Wallonne et la République de Cuba

24 Explication plus détaillée du projet dans le chapitre 4 consacré à l'étude de cas: WalCubaHydro

25 Le premier Accord de coopération a été signé en 2000. Accord de coopération technique, il était consacré au domaine des technologies nouvelles, plus particulièrement aux biotechnologies.

26 Article 2 Accord-cadre 2002

27 Article 3 Accord-cadre 2002

28 Article 11 Accord-cadre 2002

À travers cette Commission se décident les termes et conditions de la coopération. Cette Commission se réunit une fois tous les trois ans, alternativement en Wallonie ou à Bruxelles d'une part, à Cuba d'autre part. En outre, à mi-parcours est organisée une réunion de suivi des actions de coopération en cours d'exécution, par voie diplomatique ou en un lieu décidé de commun accord par les Parties.

Le projet «Coopération Wallonie-Cuba pour l'appui à la construction locale de turbines hydrauliques-WalCubaHydro» a participé au programme 2004-2007 de la Commission Mixte Permanente, inscrit pour la première fois dans le secteur des énergies renouvelables et dans la catégorie de projets de terrain axés sur les nouvelles technologies et l'environnement. Le projet s'inscrit dans les priorités du programme de sciences et techniques du Gouvernement cubain pour 2005, notamment en matière d'énergies renouvelables et d'amélioration des conditions de vie de la population rurale.

Le projet «Coopération Wallonie-Cuba pour l'appui à la construction locale de régulateurs de vitesse pour micro centrales hydroélectriques-WalCubaHydro 2008-2010» est inscrit dans le programme 2008-2010 de la même Commission. Il est dans l'axe prioritaire du programme, le secteur du Développement Durable, et se classe également dans la catégorie de projets de terrain axés sur les nouvelles technologies et l'environnement. Le projet s'inscrit dans les priorités du programme de sciences et techniques du Gouvernement cubain pour 2005, notamment en matière d'énergies renouvelables et d'amélioration des conditions de vie de la population rurale.

Ce projet entame sa phase ultime de financement dans le cadre de cette Commission Mixte.

Aucun projet ne peut participer plus de deux fois à cette Commission Mixte, étant donné que le but est d'aider au démarrage d'un projet. Celui-ci peut commencer par un projet pilote et aboutir à un copartenariat et une collaboration qui se finance via les partenaires du projet

Chapitre 4. Présentation d'une étude de cas: WalCubaHydro

L'objectif de ce chapitre est d'abord de présenter notre étude de cas sur un transfert de technologie: WalCubaHydro. Ensuite, on va introduire quelques notions générales de la micro hydroélectricité pour bien comprendre la fonction du régulateur, technologie à transférer, qui est un élément constitutif des microcentrales hydrauliques. Enfin, on va aborder la technologie du régulateur abordé pour notre cas et le déroulement du processus de transfert.

4.1 WalCubaHydro 2008-2010

4.1.1 Antécédents

Un premier projet WalCubaHydro basé sur le transfert de technologie hydro énergétique a été réalisé durant la période 2004-2007. Celui-ci avait pour objectifs globaux de développer le potentiel de petites centrales hydroélectriques (<100kW) en zones rurales isolées et d'améliorer l'accès à l'électricité de qualité aux communautés rurales non raccordées au réseau. Les objectifs spécifiques étaient d'augmenter la productivité des petites hydroélectriques à Cuba et la proposition de la mise en place d'une unité de fabrication de petites turbines hydrauliques adaptées au contexte cubain. Les principaux résultats obtenus ont été: la mise en place d'un partenariat inter universitaire concernant la modélisation d'écoulements fluides dans les turbines hydrauliques, et la formation à l'audit hydro énergétique²⁹ dispensée par l'expert wallon. Le projet s'est appuyé sur une étude cubaine du potentiel hydraulique de Cuba rédigée en 1995, ainsi que sur les compétences développées par les Ets Willot JLA³⁰ en matière d'hydroélectricité. Ce projet a permis d'identifier les problèmes rencontrés sur le parc hydroélectrique cubain et aussi d'identifier des partenaires avec lesquels une future collaboration sur le plan technique pourrait s'établir.

Les pistes de collaboration principales dégagées ont été:

1. Amélioration de la fabrication des turbines Cross-Flow ou Michel Banki
2. Développement de la régulation de vitesse de turbines pour petits sites isolés
3. Installation d'un groupe hydroélectrique complet

29 Diagnostic technique, propositions d'amélioration et évaluation du potentiel hydroénergétique d'un site

30 Ets Willot JLA sera transformé en JLA&Co en 2007. (vérifier avec Simon)

4.1.2 Fondements

Finalement la priorité est donnée au développement de la régulation de vitesse pour contrôler la fréquence du réseau ce qui devrait permettre d'améliorer considérablement la qualité de l'électricité fournie, d'éviter de trop fréquentes destructions du matériel électrique et mécanique, et de favoriser le développement d'activités économiques et sociales dans les petites communautés rurales isolées. Cette initiative contribue d'une part, à l'électrification des zones rurales de Cuba où ils existent groupes d'habitations isolés ou communautés rurales qui n'ont pas accès à l'électricité. D'autre part, elle contribue au plan de développement hydro énergétique national et ainsi, à la politique hydro énergétique évalué par le MINBAS, qui a une incidence sur le Plan Turquino, en améliorant les conditions de vie de la population rurale.

4.1.3 Objectifs

Les objectifs globaux sont les suivants: offrir l'accès à une énergie de qualité à l'ensemble de la population rurale cubaine, améliorer l'efficacité du parc hydroélectrique cubain, développer le potentiel énergétique hydraulique en zone rurale, donner la possibilité de commercialiser des équipements hydroélectriques robustes et fiables. L'objectif spécifique est la mise au point d'un système de régulation de la fréquence adapté au contexte hydroélectrique cubain.³¹

4.1.4 Acteurs du projet³²

On va d'abord présenter les acteurs qui ont signé les Termes de Référence³³ du projet et leurs fonctions respectives accordées.

Acteurs ayant signés les Termes de Référence

-Boîte générale des affaires Étrangères, Division des Affaires Étrangères de la Région wallonne de Belgique (DGRE/DRI)

C'est le bailleur de fonds principal. Il contribue au financement accordé et a comme fonction principale le contrôle de l'exécution du projet aussi bien que de l'usage des ressources accordé à l'APERe.

31 Cfr. 4.2.2 Le système de régulation

32 Cfr. Annexe L. Partenaires

33 Annexe LL. Termes de Référence.

-L'Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables (APERe)

Elle assume la coordination générale du projet conjointement avec le CETA, administre les fonds et envoie le consultant belge pour la formation à réaliser.

-Le centre d'études d'énergie thermique sucrière (CETA)³⁴, situé dans la Faculté de Mécanique de l'Université Centrale Marta Abreu de Las Villas, à Santa Clara, en représentation du MES.

Il désigne un responsable du projet. Ce responsable se charge de la coordination générale du projet et de l'administration des fonds qui sont mis à leur disposition.

-L'entreprise d'hydroénergie, appartenant au MINBAS.

L'entreprise d'hydroénergie appartient à l'« Union Electrica » et est responsable de l'application de l'hydroénergie comme source de génération de l'électricité. Ainsi, elle a pour responsabilité de gérer toutes les centrales hydroélectriques du pays.

L'entreprise d'hydroénergie effectue les visites des microcentrales hydroélectriques pour leur évaluation ou leur suivi technique. Elle participe au diagnostic des capacités de fabrication locale des régulateurs de vitesse pour petites centrales hydroélectriques et à l'élaboration d'un plan pour la création d'une unité de fabrication.

-le MES

Il offre le support nécessaire aux agents du projet pour donner la solution aux problèmes qui pourraient se produire durant l'exécution du projet. Il dirige l'exécution des objectifs prévus à travers des contrôles partiels.

-Ministère pour l'Investissement Étranger et la Collaboration Économique (MINVEC)

Il facilite l'exécution du projet dans le cadre de la législation cubaine en vigueur pour ce qui concerne la collaboration internationale et effectue aussi des supervisions et des contrôles du projet pendant son exécution.

Il faut encore citer un autre acteur qui n'as pas signé les Termes de Référence mais qui a été choisi par l'APERe comme le consultant technique belge du projet: l'entreprise JLA&Co³⁵. Elle a déjà participé comme partenaire technique dans la précédente phase du projet WalCubaHydro, en réalisant aussi un transfert lié à l'audit hydro énergétique pour les microcentrales hydroélectriques isolées. Elle est la partenaire belge principal du projet et est la responsable du transfert de la technologie wallonne en termes de régulation appliqué au contexte hydroélectrique cubain.

34 Au moment de la signature des Termes de Référence ils ont signé comme CETA, mais en 2008 ils ont changé leur nom en CEETA: Centre d'études énergétiques et Technologie Environnemental.

35 Anciennement Willot JLA. Cfr. Annexe L Partenaires.

On va représenter dans le tableau qui suit les différents acteurs, leurs institutions et leur statut (public ou privé), les représentants principaux du projet, leur rôle et leurs niveaux d'intervention.

Schématiquement, dans une action du développement, un acteur peut intervenir à trois niveaux: le niveau de l'aide, le niveau de l'appui à l'action, le niveau même de l'action.[25] L'aide se situe à un niveau plus éloigné, sans intervention directe dans la mise en œuvre de l'action sur le terrain. L'appui correspond à un niveau intermédiaire, celui des acteurs qui interviennent directement dans l'action, mais sans prendre en charge toute la mise en œuvre. L'intervention au niveau de l'action se situe sur le plan de la mise en œuvre directe, de l'exécution sur le terrain. Un acteur peut intervenir à différents niveaux.

Acteur	Secteur	Représentants du projet	Poste occupé dans l'institution	Rôle dans le projet	Niveau d'appui
DGRE/DRI	Public	Jeanine Fally Anne-Françoise Drion	Chef du Pupitre de l'Amérique Latine Agent traitant	Acceptation, financement et supervision du projet	*
APERe asbl	Privé	Michel Huart Sara Gutiérrez	Secrétaire Général Stagiaire-étudiante	Gestion administrative Gestion et préparation première mission	* **/****
CEETA	Public	Raul Olalde (R.O.)	Professeur	Chef du projet à Cuba	**/****
Entreprise d'hydroénergie	Public	Eysell Ferreira Wilfredo Lopez Carlos Vergara Participants à l'atelier	Directrice technique à la Havane Directeur UEB-Villa Clara Vice-directeur UEB-Villa Clara Différentes filiales de tout le pays		**/**** **/**** **/**** ***
MINVEC	Public	Carmen Campillo	Chargé des projets avec l'Europe		*
JLA&Co	Privé	Simon Cuvelier (S.C) Jean-Luc Willot (JL.W)	Co-directeurs de l'entreprise JLA&Co	Gestion technique projet participation mission Participation mission	**/**** ***

*aide, ** appui, *** intervention

4.1.5 Logique d'intervention³⁶

En premier lieu le CEETA réalise un diagnostic des capacités de fabrication locale des régulateurs de vitesse à Cuba. Il faut identifier une entreprise cubaine intéressée et compétente pour la fabrication partiel ou assemblage de régulateurs de fréquence. Ensuite, il faut réaliser un cahier de charges pour la fabrication des régulateurs et consolider le contenu de la formation à dispenser aux techniciens cubains. Après, il faut choisir les cinq sites où seront installer les cinq régulateurs qui permettront aux techniciens cubains de consolider les connaissances en fabrication partielle des régulateurs. La première mission des techniciens belges à Cuba a pour but de prodiguer la formation théorique et pratique à la fabrication des régulateurs. Un site sera choisi pour réaliser l'installation du premier régulateur qui constituera la dernière partie de la formation pratique. Une deuxième mission aura lieu en Belgique où deux techniciens cubains viendront à compléter la formation réalisée. Les quatre régulateurs restants seront assemblés et installés par le partenaire cubain, avant la troisième mission, sur base du financement obtenu pour l'équipement de ceux-ci. Enfin, une troisième mission se déroulera à Cuba où les techniciens belges pourront parcourir les 5 sites et superviser le fonctionnement du système.

36 Cfr Annexe M. Cadre logique et Chronogramme prévisionnel. Activités

4.2 Transfert à transmettre

[23] [24] [25] [26] [27] [28]

4.2.1 Notions de micro hydroélectricité

La force de l'eau est utilisée depuis longtemps pour alléger l'effort humain dans quelques tâches fondamentales telles que moudre de grains, scier du bois, donner battre certains produits (p.ex. la canne à sucre), etc. Les microcentrales hydroélectriques (MCH) ont été les principales sources de génération d'électricité au début de l'ère de l'électricité (fin XIX) et au long du XX siècle. L'hydroénergie à petite échelle-puissances de moins de 500 kW- constitue une solution alternative au problème d'approvisionnement d'en énergie dans les régions isolées, notamment dans les pays en voie de développement, constituant une des voies principales vers l'électrification rurale.

4.2.1.1 Définition de l'énergie hydraulique

L'eau qui coule des rivières et des chutes d'eau a une énergie potentielle. L'hydroénergie résulte de la transformation de cette énergie potentielle de l'eau au moyen d'une roue hydraulique ou une turbine en énergie mécanique. La puissance mécanique est transformée en électricité via une génératrice électrique ou utilisée directement par un accouplement à l'axe de la turbine pour faire fonctionner une machine, par exemple, une fraiseuse. Ainsi, l'énergie hydraulique est l'énergie résultant de la chute d'une certaine masse d'eau sur une distance verticale donnée. Il faut tenir compte de différentes pertes hydrauliques.

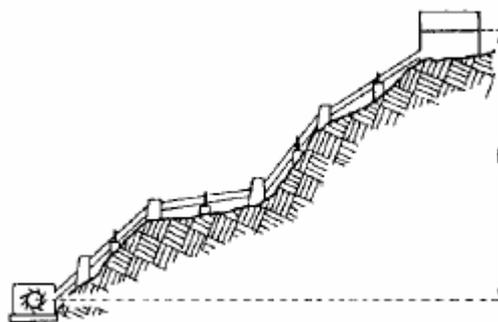


FIG 4.1 Hauteur de chute brute ([27] pg 4)

4.2.1.2 Classification

Les systèmes à grande échelle³⁷ produisent l'énergie électrique en quantité suffisante pour fournir les grandes villes et les grands réseaux. Les systèmes de mini génération sont une petite contribution à la distribution d'électricité au réseau, en particulier de 300 kW à 10 MW de puissance installée. D'autres critères de classification se considèrent déjà une petite génération à partir de puissances installées supérieures à 500kW³⁸ ou 1MW³⁹. Les systèmes de micro génération sont encore plus petits et généralement ne fournissent pas d'énergie électrique au réseau national. Il s'agira donc de microcentrales hydroélectriques (MCH) jusqu'à 100kW⁴⁰ ou 50kW⁴¹ ou pico centrales hydroélectriques, si elles ont moins de 20 kW⁴² ou 5 kW⁴³ de puissance installée. Ceux-ci s'utilisent dans de zones éloignées où le réseau n'arrive pas. L'électricité est fournie aux habitations isolées et dispersées, aux communautés rurales, aux petites industries, aux écoles, aux centres de santé en dépendant de chaque cas concret. Généralement il y a un mini réseau indépendant du réseau national qui sert à desservir toutes les maisons dispersées. Cependant, il y a quelques cas où la MCH ne produit pas de l'électricité mais un usage mécanique. Les machines sont accouplées directement à l'axe de la turbine, telles qu'un moulin à graines, ou une fraiseuse, ...etc.

4.2.1.3 Types

On va distinguer deux types de systèmes selon la constitution de la centrale: les centrales au fil de l'eau, et les centrales avec réservoir d'accumulation.⁴⁴

-Centrales au fil d'eau

Celles-ci n'utilisent que l'eau fournie par le débit naturel de la rivière. L'eau n'est pas stockée dans un réservoir et elle n'est utilisée que lorsqu'elle est disponible. Leur désavantage est qu'on ne peut pas stocker l'eau pendant la saison des pluies pour après l'utiliser ensuite durant la saison sèche. L'avantage est que le système peut se construire localement à un coût réduit et la simplicité entraîne une meilleure fiabilité à long terme. Du point de vue environnemental ce système est préférable étant donné que les caractéristiques saisonnières ne sont pas modifiées et il y a aucune nécessité d'inonder des terrains en amont.

37 Un système de génération à grande échelle produise généralement plus de 10 MW.

38 Selon la classification de différents pays ([25] et [26])

39 Selon la classification cubaine

40 Selon la classification de différents pays ([25] et [26])

41 Selon la classification cubaine

42 Selon l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

43 Selon l'ESHA (European Small Hydropower Association)

44 Une autre classification existe selon la hauteur de chute: haute, moyenne et basse chute.

Quelques MCH stockent l'eau dans la chambre de mise en charge tous les jours. Ce ci est utile quand il y a un pic en demande d'énergie pendant quelques heures chaque jour.

Ce type de centrale ne peut satisfaire à tous les besoins en électricité de l'usage finale que si le débit minimum de la rivière est suffisant pour répondre à la demande de pointe. Sinon il faudra un système d'appui, tel qu'un groupe électrogène.

La plupart de MCH à Cuba utilise ce type de système.

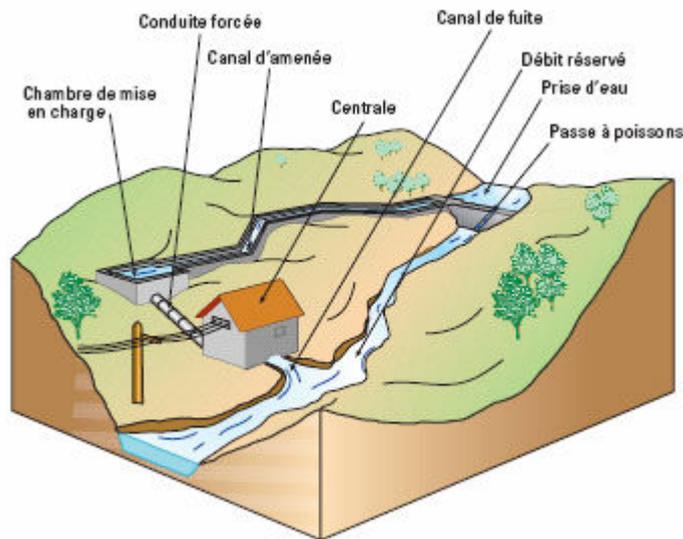


FIG 4.2 Centrale au fil d'eau ([24] pg 7)

-Centrales avec réservoir d'accumulation

Ce système a besoin de la construction d'un barrage pour arrêter le débit de la rivière, et ainsi former un réservoir d'eau. d'où l'eau se dirige vers les turbines quand il y a une demande d'énergie.

L'avantage est le stockage de l'eau, qui permet de fournir de l'énergie même durant les saisons sèches. Les désavantages sont un coût élevé, la complexité de mise en œuvre, et les difficultés rencontrées pour draguer le réservoir de stockage. De plus, les impacts sont plus ou moins importants selon de la taille de la centrale. La création de réservoirs de stockage pour les PCH n'est généralement pas viable du point de vue financier. Cependant, dans quelques endroits isolés, il y a une possibilité de stockage grâce à la création d'un nouveau réservoir ou à l'existence d'un lac existant en amont d'un barrage déjà en place. On appelle ça un ouvrage de <<retenue>>. Celui-ci permet une production accrue d'électricité et donc l'augmentation des revenus.

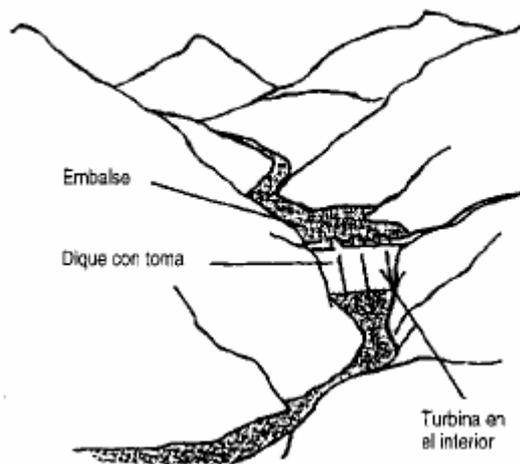


FIG 4.3 Centrale avec réservoir d'accumulation ([27] pg 2)

Parmi les MCH, même s'il n'y a généralement pas de barrage, certains disposent d'un petit réservoir pour stocker l'eau. Ce réservoir est généralement une version amplifiée de la chambre de mise en charge dans les systèmes qui utilisent un canal d'amenée. Dans le cas des MCH à Cuba, il n'y en a seulement que quelques unes qui disposent de ce petit réservoir qui permettra d'accumuler l'eau au cours de l'horaire nocturne, par exemple pendant deux, trois heures.

4.2.1.4 Eléments constitutifs d'une MCH

On distingue deux types importants de travaux pour la réalisation d'une centrale hydroélectrique: les ouvrages de génie civil et les équipements électriques et mécaniques.

-Ouvrages de génie civil

Les principaux ouvrages de génie civil sont le barrage de dérivation, les conduites d'eau et la centrale.

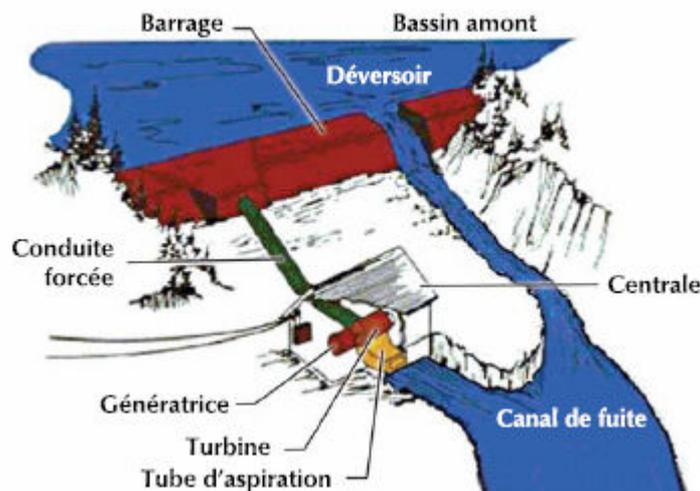


FIG 4.4 Composants d'un système hydroélectrique ([25] pg 6)

Le barrage de dérivation dirige l'eau dans un canal, un tunnel, une conduite forcée ou une entrée de turbine. L'eau passe ensuite dans la turbine qui, couplée à une génératrice, permet de générer de l'électricité. A la sortie de la turbine, l'eau retourne à la rivière via un canal de fuite.

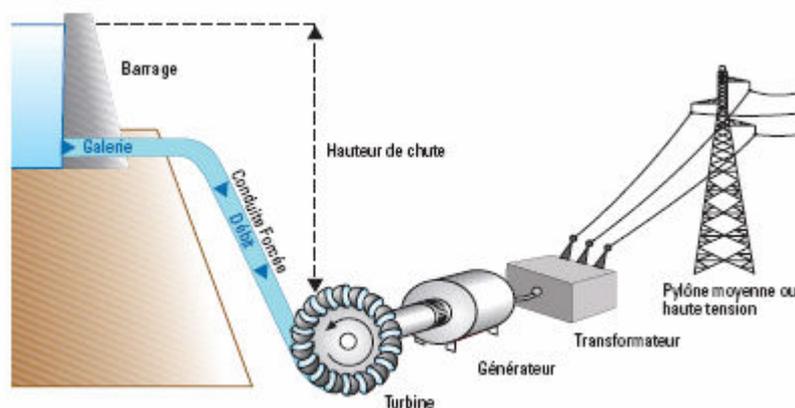


FIG 4.5 Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique ([24] pg 9)

Dans le cas des MCH construites pour alimenter une région isolée, ce sont des installations au fil de l'eau, et par conséquent, un simple barrage de dérivation de faible hauteur est utilisé. On peut décomposer le système en quatre éléments principaux:

D'abord, les ouvrages de prise d'eau correspondent aux différents types de barrages que l'on peut concevoir. Ensuite, les ouvrages d'aménée et de mise en charge. Ces sont principalement: le canal d'aménée, la chambre de mise en charge et la conduite forcée.⁴⁵ Après, on a la centrale, qui protège

⁴⁵ Une autre possibilité de MCH est éliminer le canal d'aménée et connecter le tuyau directement à la turbine depuis la

les équipements de production (équipements électriques et mécaniques) et les organes de commande. Enfin, à la sortie de la centrale, les eaux turbinées sont renvoyées à la rivière par un ouvrage de restitution, en général un canal de fuite à l'air libre.

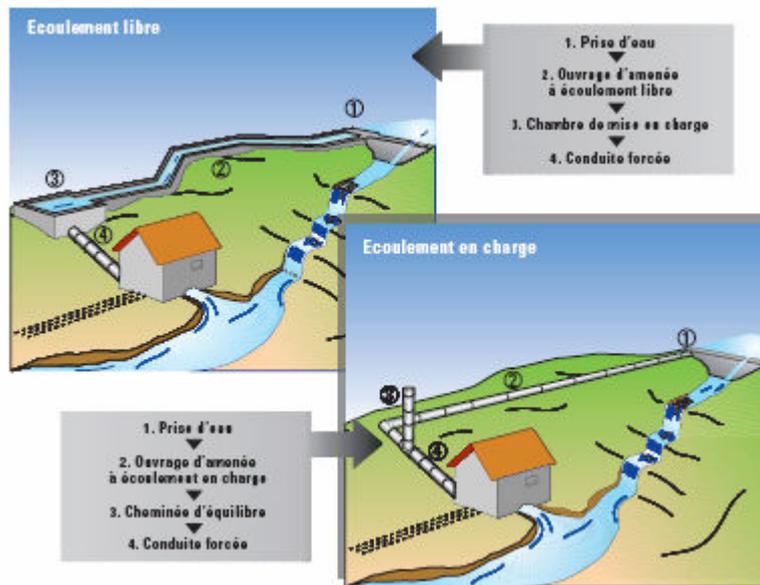


FIG 4.6 Conduite d'amenée à ciel ouvert ou en charge ([24] pg 70)

-Équipements électriques et mécaniques

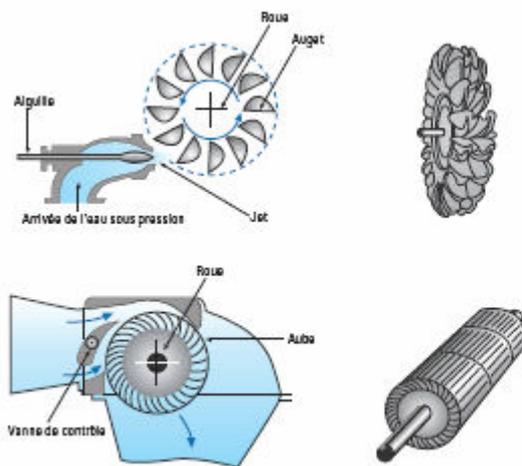
Les principaux composants électriques et mécaniques d'une petite centrale sont la turbine et la génératrice.

-La turbine

Une turbine hydraulique est une machine tournante, constituée d'une roue à aubes, qui reçoit de l'énergie d'un fluide, sous forme d'un débit et d'une hauteur de chute, et la transforme en énergie mécanique de rotation présente sous forme d'une vitesse de rotation et d'un couple disponible à l'arbre de la machine, énergie qui pourra ensuite être utilisée pour entraîner une génératrice électrique ou un récepteur mécanique.

Différents types de turbines ont été conçues afin de s'adapter aux différents sites hydroélectriques. Le choix d'une turbine dépend des caractéristiques du site (débit et hauteur de chute) et des critères liés à l'utilisation qui sera faite de l'énergie mécanique délivrée par la turbine, à savoir la vitesse de rotation du groupe turbine-génératrice.

Les turbines développées et les plus utilisées à Cuba sont principalement la turbine Pelton et la turbine Michel-Banki. Ce sont des turbines à action, où l'exploitation de l'énergie cinétique se fait grâce à un jet d'eau qui va entraîner le rotor. Ce type de turbines donne un rendement plus faible mais plus stable sur une vaste gamme de débits. De plus, elles sont de fabrication simple, relativement peu coûteuses, et possèdent une bonne fiabilité. De ce fait, elles sont utilisées fréquemment en micro hydroélectricité. Même s'il est important de réussir à optimiser rendement du groupe turbine-génératrice dans l'ERD on cherche surtout à assurer une énergie plus faible mais constante au long de l'année.



Turbine Pelton

L'eau sous forte pression est dirigée sur des augets en forme de double cuillère, en passant dans un injecteur muni d'un pointeau de réglage.

Turbine Banki-Michell

L'écoulement traverse une roue constituée de deux flasques réunies entre elles par une couronne d'aubes disposées cylindriquement.

FIG 4.7 Turbines ([24] pg 74)

-La génératrice

Dans la majorité des MCH l'objectif est de produire de l'électricité. Ainsi, le rôle de la génératrice est de transformer l'énergie mécanique disponible sur l'arbre du rotor en énergie électrique. La génératrice comprend deux parties, l'une fixe, le stator, l'autre mobile, le rotor. La rotation du champ magnétique du rotor à travers des bobines fixes du fil conducteur du stator génère le courant électrique.

On peut produire l'électricité sous forme de courant alternatif (c.a.) ou continu (c.c.). Le c.a. présente l'avantage de pouvoir alimenter les appareils électroménagers et les outils courants, et

d'être beaucoup plus économique à transporter. Le c.c. peut être utilisé de deux façons: il peut être consommé directement comme c.c. ou converti en c.a. à l'aide d'un onduleur. Sa facilité de stockage constitue son principal avantage. Toutefois, le coût plus élevé des génératrices à c.c. combiné à un besoin plus important de maintenance fait que les génératrices à c.a. sont souvent préférées. Les génératrices à c.a. utilisées sont de deux types: les génératrices synchrones (alternateur) et les génératrices asynchrones.

-Génératrices synchrones

Elles sont généralement utilisées en réseau isolé et pour des unités de grande puissance, souvent supérieur à 2000kW, raccordées au réseau national. La vitesse de rotation d'une génératrice synchrone est directement proportionnelle à la fréquence du courant qu'elle génère. Ainsi, la vitesse de l'alternateur couplé au réseau est constante si la fréquence du réseau reste stable.

-Génératrices asynchrones

Elles sont utilisées depuis longtemps lorsqu'il s'agit de fournir de l'électricité à un réseau de distribution pour des puissances inférieures à 2000kW. Elles sont aussi de plus en plus utilisées en MCH pour des puissances inférieures à 50 kW, car elles sont plus robustes et moins coûteuses que les génératrices synchrones. Ces génératrices sont qualifiées d'asynchrones parce que, même si la fréquence du courant délivré et la vitesse de rotation de la machine sont liées, les deux grandeurs ne sont pas directement proportionnelles et la fréquence varie légèrement lorsque la charge varie.

Dans les MCH isolées à Cuba il y a les deux types de génératrices, mais la plupart sont des génératrices synchrones, on étudiera donc le fonctionnement du système de régulation pour ce type de génératrices.

D'autres composants mécaniques et électriques se trouvent dans une MCH autour des éléments principaux et varient selon le type de centrale. Ce sont: le multiplicateur de vitesse⁴⁶, la vanne de fermeture de l'arrivée d'eau vers la turbine, les systèmes de régulation, la vanne de dérivation et de contrôle, les systèmes de protection et de contrôle des équipements électriques, les transformateurs, etc.

46 Elle fait tourner la génératrice à sa vitesse de rotation nominale à partir de la vitesse de rotation nominale de la turbine.

4.2.2 Le système de régulation

4.2.2.1 Introduction du concept de la régulation

En effet, on trouve différentes manières de profiter l'énergie générée par l'eau moyennant une roue ou une turbine hydraulique. Quelques systèmes fonctionnent avec la turbine tournant à vitesse constant tout le temps tandis que d'autres le font avec une vitesse variable. La réponse à cette différence est l'usage qu'on lui donne à l'énergie générée et l'existence ou pas de contrôle de vitesse dans le groupe turbine-génératrice.

Quelques exemples des systèmes hydroénergétiques à petite échelle qui fonctionnent à vitesse variable sont: les moulins traditionnels, les broyeurs de canne à sucre , les petites turbines raccordées à des scies circulaires ou des tours à bois. Dans ces systèmes l'opération à vitesse constant ne suppose pas de problèmes au système ni au fonctionnement des machines. Seulement dans la phase de démarrage est nécessaire régler la quantité d'eau qui passera par la turbine moyennant un opérateur, après la vitesse change en dépendant de la charge imposée par la machine.

En revanche, les systèmes fonctionnant à vitesse constante sont représentés par les centrales qui fournissent de l'électricité. La régulation est un élément important de toute centrale hydroélectrique, en particulier s'il s'agit d'une installation fonctionnant en îlotage. Ainsi, s'il s'agit d'une centrale hydroélectrique couplée à un réseau de grande puissance, la vitesse de la génératrice est imposée par la fréquence du réseau: on est là dans le cas où la génératrice est « accrochée » au réseau électrique. La vitesse de rotation de l'ensemble turbine-génératrice et la tension résultante restent quasiment constantes. D'où la régulation se limite au réglage du débit turbiné en ouvrant ou fermant l'admission en eau de la turbine, ce qui entraîne l'augmentation ou la diminution de la puissance fournie au réseau. Par contre, s'il s'agit d'une centrale hydroélectrique alimentant un petit réseau isolé, on n'a plus la génératrice « accrochée » au réseau et pour maintenir les valeurs de fréquences et de tension dans les limites acceptables il est nécessaire d'avoir un équilibre entre la puissance fournie et la puissance demandé par le réseau à tout instant. Sinon la turbine tournera à vitesse variable.

4.2.2.2 La régulation dans un site isolé

Dans le cas où l'électricité est générée par un générateur synchrone la vitesse de rotation de l'alternateur et le nombre de pôles déterminent la fréquence du courant délivrée. Même si beaucoup d'alternateurs ont une régulation de la tension, la tension se voit aussi affectée par un changement de vitesse. Une variation de la vitesse de rotation se traduit également par une variation de la fréquence du système électrique qui doit avoir une valeur de 50Hz en Europe et de 60 Hz à Cuba.

Les équipements électriques que l'on connectera au réseau alimenté par la génératrice sont prévus pour fonctionner à une fréquence et une tension données. Un fonctionnement à une fréquence et une tension autres que celles requises par l'équipement peut ainsi mener à une destruction ou causer de sérieux dommages aux appareils qui utilisent cette énergie, ainsi qu'au groupe turbine-génératrice.

En effet, si on souhaite maintenir les valeurs de fréquence et de tension dans les limites acceptables pour une utilisation domestique il faut régler la vitesse de la turbine hydraulique puisque celle-ci entraîne la génératrice via le système de transmission. Le système de régulation contrôle la vitesse du groupe turbine-génératrice en réponse aux charges extérieures que sont appliquées à la partie de l'alternateur.

La vitesse du groupe turbine-génératrice est déterminée par la différence entre l'apport de la puissance hydraulique et la puissance électrique demandée. Si l'apport égale la demande, le système restera stable. Si l'apport est plus grand que la demande, l'excès de puissance hydraulique provoquera l'accélération du groupe turbine-génératrice. Inversement, si on a besoin plus d'électricité que ce qu'on obtient, le groupe turbine-génératrice se ralentira. La régulation consiste donc à équilibrer la puissance d'entrée avec la puissance de sortie de façon à maintenir le système à vitesse constante. On ne va pas aborder dans ce travail le fonctionnement de systèmes avec génératrices asynchrones, étant donné que le site où le transfert est réalisé dispose d'une génératrice synchrone ou alternateur et que dans la plupart de MCH cubaines on trouve ce type de génératrice.

4.2.2.3 Fonctionnement du système de régulation

Auparavant la régulation de la vitesse s'effectuait plutôt à l'aide d'un régulateur du débit d'eau turbiné. De sorte que le débit d'eau qui passe à travers la turbine était ajusté jusqu'à ce que l'entrée de la puissance hydraulique s'égalise avec la puissance électrique demandée. Lorsque la puissance électrique demandée par le réseau augmente, la charge imposée à la génératrice augmente ce qui fait diminuer la vitesse du groupe turbine-génératrice. Le régulateur à travers n'importe quel système- soit mécanique soit électronique- détecte cette diminution et ouvre les vannes adéquates de façon à augmenter le débit, et ainsi, augmenter la puissance hydraulique fournie afin de satisfaire l'augmentation de la demande d'électricité. Lorsque la puissance électrique demandée par le réseau diminue, la charge imposée à la génératrice diminue et la vitesse du groupe turbine-génératrice augmente. Le régulateur activera les dispositifs disponibles pour réduire l'entrée d'eau turbinée et ainsi, réduire l'excès de puissance hydraulique disponible, en faisant diminuer la vitesse du groupe turbine-génératrice.

Les derniers avancements sur les régulateurs électroniques de fréquence par contrôle de charge ont permis une méthode alternative de régulation, basée sur le réglage de la grandeur de la charge sans avoir besoin de régler le débit. Cette méthode nécessite l'usage de résistances, appelées de ballast, qui vont absorber l'électricité non consommée quand la demande baisse. Ainsi, l'eau est turbinée à vitesse constant.

Cet équilibre peut être assuré par deux types de régulation:

- en agissant sur le débit d'eau turbiné, soit de façon manuelle ou mécanique
- en agissant sur la charge électrique, soit de façon manuelle ou mécanique

4.2.2.4 Types

-Régulation de vitesse agissant sur le débit d'eau turbiné

-Manuelle

Traditionnellement la régulation manuelle était utilisée pour des MCH de puissance inférieure à 50kW. Ce système est seulement souhaitable pour des systèmes petits où il y a une demande d'énergie stable et il requiert une vanne de réglage du débit. Un opérateur suit les variations des paramètres par rapport à leurs valeurs nominales grâce à un fréquencemètre et un voltmètre et il compense les variations avec la vanne du réglage du débit.

-Mécanique

Ce sont les systèmes de régulation conventionnelle les plus anciens. Il s'agit de systèmes mécaniques ou hydrauliques qui permettent de contrôler la puissance de sortie de la turbine. Par la suite, des systèmes électriques et électroniques sont venus s'ajouter aux précédents. Ce système proportionne un système à fréquence et tension stables. Il est utilisé dans des systèmes où il y a des grandes variations instantanées de la demande et des puissances de plus de 100kW. Son coût élevé et la sophistication de ses appareils le rendent peu approprié aux MCH installées dans les zones rurales. De plus, il exige une maintenance régulière et il est difficile à réparer. Ils pourraient être considérés pour les sites où minimiser l'eau turbinée est important et quand il existe un réservoir d'eau. Notons, que dans la plupart des MCH il n'y a pas de facilités pour stocker l'eau dû aux coûts élevés de construction. On ne va pas rentrer dans les détails du fonctionnement étant donné que ce n'est pas celui qui est le plus souvent utilisée dans les MCH, ni celui qui est abordé dans le transfert.

-Régulation de vitesse agissant sur la charge électrique

À la différence des systèmes précédents on n'agit plus sur le débit mais sur la charge électrique appliquée à la génératrice. Le but est de maintenir cette charge constante quelque soit l'énergie consommée par les utilisateurs. Ainsi le groupe turbine-génératrice fournit une puissance constante et sa vitesse reste constante. Cependant, il faut s'assurer que la puissance du groupe est supérieure ou égale à la puissance maximale demandée parce que sinon la turbine finirait par s'arrêter.

-Manuelle

Cette méthode peut s'utiliser quand il y a une turbine qui n'a pas de vanne de réglage du débit. L'opérateur se charge de déconnecter ou de reconnecter différentes charges de ballast (batteries, fourneau électrique, ampoules incandescentes) afin de maintenir les paramètres nominaux. Un avantage est que l'opérateur peut réaliser la régulation chez lui et il ne doit pas rester tout le temps à la centrale.

Ce système peut s'avérer utile pour des micros très petites, qui fournissent l'électricité à un nombre réduit d'utilisateurs.

-Automatique

Le régulateur est un système électronique dont le rôle sera de dévier une partie de l'énergie électrique non consommée vers des résistances de ballast. Ainsi, si la puissance électrique demandée tombe à zéro, les charges de ballast doivent être capables d'absorber la totalité de la puissance électrique fournie par la génératrice. Quand la demande électrique du côté utilisateur diminue, l'alternateur accélère en faisant augmenter la valeur de la fréquence. Cette variation de fréquence est détectée par le régulateur qui activera les charges de ballast pour dissiper exactement la même puissance que celle qui a été déconnectée de la partie consommateur, en conservant la puissance de l'alternateur constante. L'excès de puissance est dissipé sous forme de chaleur moyennant des résistances de ballast. Les résistances de ballast sont soit refroidies par eau ou par air. On va traiter plus en profondeur de la régulation de la charge avec un régulateur électronique de type ELC, puisque c'est le type de régulateur concerné par le transfert de technologie.

4.2.2.5 Composants du régulateur de vitesse par la charge-EIC

Les régulateurs sont fondamentalement composés de quatre unités:

D'abord, la *source d'alimentation*, qui prend l'énergie de l'alternateur et qui est chargé de fournir en courant continu et à la tension requise l'énergie nécessaire aux circuits électroniques que composent le régulateur.

La deuxième, l'*unité de contrôle*, où se trouve la *carte de mesure et régulation*. C'est le cœur du régulateur où se trouvent les circuits détecteurs de la fréquence, de la tension et du courant.

La troisième, l'*interface de puissance*, où se trouve la carte de puissance. Elle est l'interface entre l'étage électronique antérieur et l'*étage de puissance* (thyristors ou relais). Celui-ci contient les circuits pour réguler la quantité d'énergie qu'il faut dissiper dans la charge de ballast ou charge secondaire.

Plusieurs types de commutation de l'étage de puissance sont possibles. On va se limiter à citer les deux qui ont été utilisés à Cuba. On ne décrira pas leur fonctionnement mais on se concentrera sur les différences au niveau de la qualité de l'électricité.

-Le mode *phase angle ou proportionnel* dû au type de commutation de charge de ballast peut provoquer des interférences dans le courant qui pourraient poser des problèmes aux signaux de radio. Ce problème peut s'éviter avec l'ajout d'un filtre. Même avec ce désavantage, cela ne l'empêche pas d'être utilisé de façon généralisée dans plusieurs pays.

-Le mode *burst firing* n'a pas le problème des interférences dans le courant, mais la régulation est moins précise et un effet sur la tension appelé flicker se produit, ce qui fait clignoter les lumières.

Ce ci est très gênant pour les utilisateurs. Cet effet peut être réduit en plaçant le régulateur au plus proche de l'alternateur et en choisissant un mode d'éclairage moins sensible à cet effet, comme par exemple les lampes fluorescentes.

Enfin, l'*unité de protection* qui contient des relais, des interrupteurs et de fusibles de protection, qui vont protéger les cartes électroniques et qui vont couper le réseau de la partie utilisateur si on est en dehors des tolérances requises par le réseau.

Par ailleurs, le système de régulation peut se faire de façon continue ou analogique, ou de façon numérique via un microcontrôleur. Ce dernier nécessite l'utilisation d'un ordinateur pour se reprogrammer, ainsi que des connaissances en programmation, étant donné que c'est un programme informatique qui est inséré dans le microcontrôleur.

Enfin, on va parler des différents bancs de charges de ballast du système de régulation:

-Résistances refroidies par air

Il faut veiller à ce que les résistances soient placées dans un local sec et suffisamment ventilé. L'énergie dissipée peut être valorisée par exemple, pour le chauffage de locaux, ou le séchage d'aliments. Il résulte évident que dans un cas de climat tropical comme à Cuba, la première option ne sera jamais utilisée, par contre la deuxième pourrait s'envisager pour le séchage du bois, de plantes médicinales et pour des graines.

-Résistances refroidies par eau

Ces résistances sont immergées complètement dans un réservoir d'eau. Celles-ci sont rencontrées plus fréquemment dans les installations de MCH. Le principal avantage est de pouvoir valoriser l'énergie dissipée pour produire de l'eau chaude. Celle-ci pourra être utilisée comme eau chaude sanitaire. L'eau qui sert à refroidir les résistances peut provenir de la conduite d'amenée ou d'une source d'eau froide externe au système hydroélectrique. Le réservoir doit être équipé d'un thermostat, et déclencher une alarme sonore ou visuelle dès que la température augmente de 50 °C.

Les cubains préfèrent les résistances par immersion d'eau, parce que les résistances refroidies par air ont besoin de dissipateurs en fonction de la charge qu'ils reçoivent, et plus la charge augmentera plus le coût sera élevé. De plus, le climat tropical de Cuba, avec les conditions de températures élevées et l'humidité extrême, ne favorisent pas la durabilité des résistances par air. Souvent, le ventilateur se casse, et les résistances finissent par se casser dû au surchauffement provoqué. Ainsi, l'option choisie à Batalla Santa Clara a été les résistances immergées dans l'eau. Il a fallu aménager la microcentrale et faire un petit réservoir pour placer les résistances.

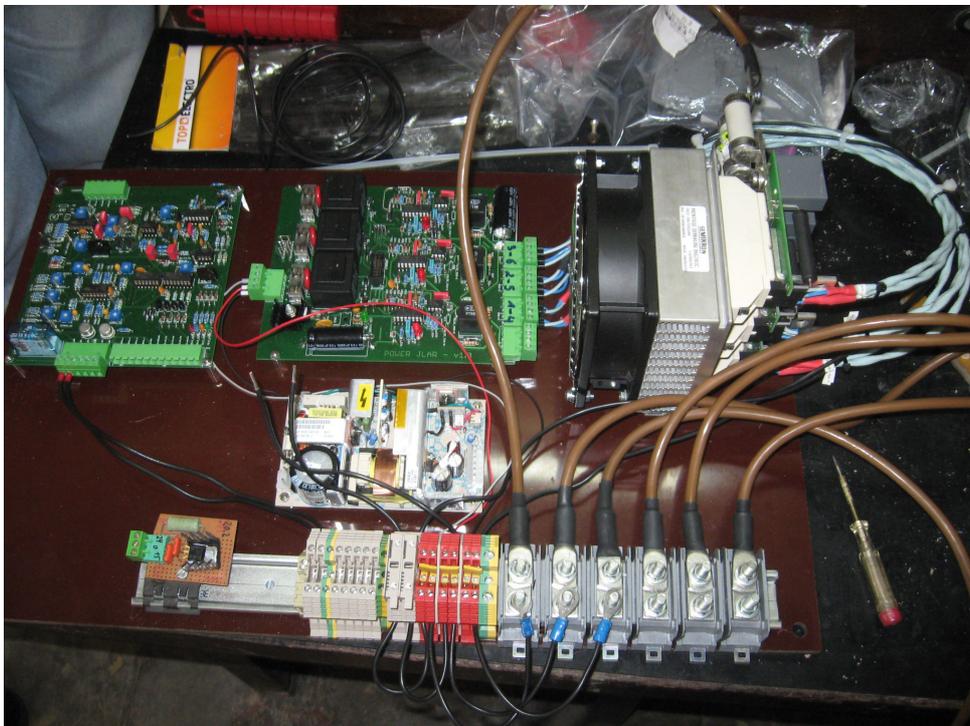


FIG 4.8 Régulateur JLAR-ELC (Source: photo prise pendant la mission)

4.2.2.6 Comparaison des différents types de régulation

Le système de régulation par charge électronique est développé ces dernières années afin d'offrir des solutions plus économiques et simples à maintenir et opérer. Le rang d'utilisation est pour des puissances inférieures à 100kW.⁴⁷ Les principaux avantages par rapport aux systèmes mécaniques de réglage du débit sont la simplification du dessin des turbines (pas besoin de régler le débit), le moindre coût, la simplicité de maintenance (pas de parties mobiles) et d'opération et la facilité d'assemblage, ce qui augmente sa fiabilité, et la vitesse de réponse aux changements de charges. Le désavantage est que si les composants électroniques tombent en panne sur le site, ils ne peuvent probablement pas être réparés sur place immédiatement. Néanmoins, ils sont composés de différents circuits séparés qui peuvent être remplacés facilement. En effet, la fiabilité de ce système a déjà été démontrée. Un autre désavantage est la durée de vie réduite des systèmes électroniques. Par ailleurs, afin d'éviter que cette énergie soit perdue plusieurs applications pourraient s'envisager, telles que le chauffage d'eau sanitaire, chauffage de locaux, pompage d'eau,etc. Ce système est intéressant dans le cas d'une centrale au fil d'eau, où il n'y a pas de réservoir de stockage d'eau. En effet, on peut alors faire fonctionner la turbine à charge constant, mais pas nécessairement à pleine charge. Or, ce système est moins souhaitable dans les cas où il y a une quantité d'eau limitée et l'eau doit s'utiliser de façon efficace et/ou dans les centrales fonctionnant avec réservoir d'accumulation, et un système du débit serait la meilleure option. Cependant, il n'y a pas beaucoup des MCH qui ont un réservoir d'eau à Cuba.

4.2.2.7 Conclusions

En somme, la régulation est un élément essentiel de toute MCH qui fournit de l'électricité. La solution envisagée doit d'une part, répondre aux besoins réels des utilisateurs en matière de qualité d'électricité, et d'autre part, être compatible avec les moyens locaux d'intervention. Si la qualité de l'électricité requise est haute, il faudra utiliser une des méthodes conventionnelles. S'il n'y a pas de réservoir d'eau, la régulation électronique par la charge constituera la meilleure option. En revanche, s'il y a un réservoir d'accumulation, il faudra utiliser la régulation du débit. Même si dans ce dernier la barrière technique est plus grande, celle-ci est présente dans tous les systèmes conventionnels. Il faudra veiller à adapter les technologies à des technologies appropriées et adaptées aux conditions locales, et à transférer avec la technologie les compétences nécessaires pour l'opération, la maintenance et le dépannage et si possible à la fabrication et la conception des systèmes.

⁴⁷ Cette valeur variera en fonction des différents fabricants de systèmes de régulation

Néanmoins, les systèmes non-conventionnels, c'est à dire, la régulation manuelle du débit et de la charge, sont des systèmes justifiés quand la qualité de l'électricité demandée n'est pas si stricte, ou dans des pico centrales (moins de 10kW) où les coûts ne peuvent trop monter. Dans le cas des zones rurales, l'électricité est une nouvelle commodité et les charges augmentent graduellement. Cette approche permet l'accès à l'électricité à un coût et une complexité réduits. Si les demandes et les exigences des utilisateurs augmentent, le régulateur pourra être installé plus tard sans modifier le système existant. En plus, les opérateurs et les utilisateurs seront déjà habitués et familiarisés avec la micro centrale, et il y aura plus de chance que les appareils électroniques soient manipulés de façon correcte.

4.2.3 Critères de qualité de l'électricité produite

Bien que les critères de qualité d'une communauté en réseau isolé ne soient pas pareils que ceux des pays industrialisés, il faut respecter quelques normes pour ne pas risquer de détruire les appareils électriques qui sont raccordés au réseau. On va énoncer par la suite les tolérances de fréquence et de tension admises par différents types d'équipements électriques fréquemment rencontrés.

Avant de choisir le système de régulation, il faut se renseigner sur la tolérance de variation de fréquence et de tension chez les machines qui utilisent l'électricité finale produite. La plupart des équipements peuvent supporter une oscillation de $\pm 10\%$ autour de la tension nominale alors que la fréquence doit se maintenir au plus proche de sa valeur nominale. On décrit ci-dessous les effets de ces variations et les limites admises par des différents équipements qu'on peut rencontrer dans les communautés rurales cubaines.

Les résistances

Les résistances sont les charges les plus tolérantes en matière d'alimentation électrique.

La valeur de la fréquence peut varier sans supposer aucun problème. Cependant, les variations de tension influencent considérablement leur durée de vie: tandis qu'une utilisation à tension réduite produira une augmentation de la durée de vie des appareils tout en réduisant la chaleur dégagée, une surtension pourra endommager irréversiblement l'appareil en provoquant sa surchauffe. Par exemple, une surtension de 10% peut provoquer une augmentation de 21% de puissance de chaleur.

Les appareils électriques ayant des résistances qu'on peut trouver à Cuba ce sont l'autocuiseur, l'autocuiseur de riz, petit fourneau électrique de 1kW, le grille-pain, le fer à repasser, une résistance pour chauffer l'eau et le sèche-cheveux. À Cuba ils ont substitué dans la plupart des maisons la cuisine à gaz par un module de cuisson électrique, incluant le petit fourneau électrique de 1kW, l'autocuiseur et l'autocuiseur de riz.⁴⁸ Cette mesure qui cherchait réduire les coûts de transport de gaz et qui formait part des actions prises avec la Révolution Énergétique n'est pas possible l'appliquer dans la totalité des communautés rurales isolés.

L'éclairage

Les lampes incandescentes ne sont pas affectées par la variation de fréquence. Les sous-tensions réduisent beaucoup la luminosité mais augmentent notablement la durée de vie des ampoules à moins que les fluctuations de la tension ne soient pas trop fortes. Or, une augmentation de la tension de seulement 5 % réduit la vie de l'ampoule de plus de 50%.

Les éclairages fluorescents (tubes de néon) sont affectés non seulement par les variations de tension, mais aussi par les variations de fréquence. D'une part, les tubes fonctionnent correctement entre -5% et +10% de la fréquence nominale. D'autre part, si la tension baisse de 15% la lumière ne s'allumera pas et si la lumière était déjà allumée elle clignotera de plus en plus à mesure que la tension chute. Si la tension chute plus du 25 %, le tube pourra s'éteindre.

Même si les surtensions peuvent chauffer le starter⁴⁹, les effets sont moins dangereux que pour les lampes incandescentes.

À Cuba avec la Révolution Énergétique ils ont substitué la plupart des lampes incandescentes par des lampes fluorescentes comme mesure pour diminuer la consommation de l'électricité. Cependant, à mon avis cette mesure n'est pas encore arrivée à la totalité des communautés rurales.

Les transformateurs

Dans les transformateurs les pertes apparaissent par une émission de chaleur. Lorsque les pertes augmentent, la chaleur produite dans le transformateur aussi, et par conséquent sa température.

À fréquence fixe, les pertes sont liées approximativement au carré de la tension. Une surtension peut donc entraîner des problèmes, et la tension peut seulement monter jusqu'à 5% de plus que la

48 Cette mesure n'est pas appliquée dans la capitale du pays, à l'Havane, où le gaz est fourni via les tuyaux.

49 Petit tube rempli de gaz (composant du tube fluorescent)

tension nominale. Par contre une sous-tension ne pose pas de problème.

À tension fixe, toute diminution de la fréquence se traduit par une augmentation des pertes et en conséquence, une augmentation de la chaleur produite dans le transformateur. Ainsi, le fonctionnement à fréquence réduite même à tension nominale doit être évité. D'un autre côté, le fonctionnement ne pose pas de problème si on atteint jusqu'à 20% de plus que la fréquence nominale, puisque les pertes diminuent.

Les appareils électriques qui ont un transformateur à l'intérieur et qu'on retrouve souvent à Cuba sont la télé, la radio, le réfrigérateur et la machine à laver. Ce dernier se trouve dans une moindre mesure dans les communautés rurales.

Les moteurs

Ceux-ci seront affectés de façon similaire aux transformateurs. Un fonctionnement à fréquence réduite et tension nominale provoquera la circulation de courants importants de sorte que la machine sera échauffée. Un fonctionnement à fréquence nominal et à tension réduite n'a pas d'effets négatifs. De même, une surtension à fréquence nominale devra être évitée. Les fabricants de moteurs spécifient souvent que les moteurs peuvent fonctionner d'une manière satisfaisante si la tension ne diffère pas de plus de 10% de la tension nominale. Cependant, dans les ateliers ruraux où les équipements sont alimentés par des turbines dont la régulation n'est pas optimale, la tension peut chuter de façon très importante au moment du démarrage du moteur. Si les charges imposées sont minimales le moteur pourra démarrer assez vite. Par contre, si le moteur est trop chargé, comme par exemple dans le cas d'un gros réfrigérateur ou d'une pompe, le temps de démarrage peut s'avérer long. Pendant cette longue période à vitesse réduite et forts courants le moteur risque de s'échauffer et d'être détruit. Une chute de tension très forte peut empêcher le démarrage d'un moteur. Lorsqu'on considère la régulation de la tension, il faut ajouter l'effet de la ligne électrique: si elle est sous-dimensionnée, la chute de tension sera accentuée. Dans ce cas là, il faudra placer le moteur proche de la centrale afin de minimiser la longueur de la ligne.

Les appareils qui vont être affectés par un mauvais fonctionnement du moteur sont le réfrigérateur, le ventilateur, la batteuse et la machine à laver.

Pour résumer, les recommandations de tolérance dont il faut tenir compte pour une utilisation multiple et variée de l'électricité sont les suivantes:

- maintenir la tension à $\pm 7\%$ de sa valeur nominale
- possibilité de dépasser la fréquence jusqu'à 5% de la fréquence nominale mais ne pas diminuer en dessous de celle-ci.

Dans un petit réseau les valeurs peuvent dépasser ces limites lorsque des charges sont connectées ou déconnectées du réseau. Toutefois, il y aura peu d'influence si les fluctuations ne sont pas excessives et ne durent pas plus de 2 ou 3 secondes. En cas d'utilisation de l'énergie pour une application spécifique, par exemple, l'éclairage public, les valeurs pourront osciller plus largement. Si on utilise un système de régulation moderne, ça sera la limitation de la fréquence qui nous indiquera quel type de régulateur est exigé. Le régulateur de tension s'occupera de maintenir la tension constante pour différentes valeurs de fréquence. Si on n'utilise pas de régulateur, la tension et la fréquence varieront avec la vitesse du groupe turbine-génératrice, et la tension aura tendance à croître avec l'augmentation de la vitesse de rotation.

4.3 Technologie transférée dans le projet WalCubaHydro

Lors du premier projet WalCubaHydro 2004-2007 il a surgit la possibilité de construire et d'installer un prototype du régulateur à Colorado de Mayari, (Holguín). Celui-ci est le résultat du travail en équipe de deux techniciens belges, Jean-Luc Willot et Simon Cuvelier⁵⁰, et d'un technicien cubain, Angel Luis Ricardo, employé de l'entreprise d'hydroénergie de Santiago de Cuba. Le prototype du régulateur installé à Mayari a été contrôlé grâce à un microcontrôleur, en adoptant la méthode numérique. Celui-ci a été installé sur une centrale hydroélectrique de 26 kW alimentant un petit atelier de mécanique et deux maisons. Un retour d'expérience de ce prototype a été réalisé par l'ingénieur A.L.Ricardo, qui a aussi participé à la formation de la première mission des techniciens belges à Cuba dans le cadre de WalCubaHydro 2008-2010.

Pour la formation fournie lors de la première mission en décembre 2009, les techniciens belges ont réfléchi sur quel type de régulateur de charge pourrait être le mieux adapté aux capacités et conditions cubaines. Finalement, ils ont décidé de faire la formation sur le régulateur proportionnel analogique, d'une part, parce que celle-ci est la solution la plus simple et polyvalente, et elle s'appliquera à plusieurs sites avec des conditions différentes; d'autre part, parce qu'il faut penser à une formation pas trop compliquée pour les techniciens qui y participeront.⁵¹ Ils ont donc choisi cette option qui est plus ancienne, mais très fiable et très répandue dans plusieurs pays, qui dans un premier temps semble être plus accessible. Ce qui n'empêche pas que plus tard les cubains adoptent une solution plus moderne et sophistiqué.

La partie pratique de la formation finit avec l'installation du régulateur et les essais sur le site préalablement choisi: Guanayara ou Batalla Santa Clara (Villa Clara). La puissance installée est de 30 kW. Elle sert à électrifier une vingtaine des maisons approximativement.

Les caractéristiques du système de régulation transférée ainsi que la liste de prix est consultable en Annexes.⁵²

À ma connaissance il n'y a que deux autres régulateurs de fréquence par la charge installés dans des MCH. Les deux installations ont été le résultat des deux projets de coopération. Un est installé à

50 JLWillot, électronicien de formation et directeur de JLAWillot, et Simon Cuvelier étudiant stagiaire lors de la mission, se sont unis pour former l'entreprise JLA&Co en décembre 2006.

51 Opinions des techniciens cubains suite à plusieurs discussions.

52 Annexe N. JLAR-ELC DataSheet. Prices JLAR-ELC

la Communauté de Manantiales, très proche de celle de Guanayara.⁵³ Il a été réalisé avec un financement d'Italie. Aucun transfert de technologie sur la technologie de la régulation n'a été fait. L'autre est l'application d'un résultat scientifique de l'Université d'Orient à Santiago de Cuba, et financé principalement par le MINBAS, et avec la gestion du PNUD. Il est installé dans une communauté à la région de Guantanamo.

4.4 Déroulement du transfert

Le diagnostic des capacités de fabrication locale des régulateurs a été conduit par R.O du CEETA. Il faut remarquer deux aspects pour comprendre la structure: d'une part, le client final sera l'entreprise d'hydroénergie qui achètera les régulateurs assemblés dans l'atelier qui aura été identifié; d'autre part, l'assembleur de régulateurs sera un atelier ou entreprise cubaine, choisie par le MINBAS.

Il y avait plusieurs propositions:

- 1.L'entreprise d'hydroénergie, qui appartient à l' "Union Eléctrica".(MINBAS).
- 2.L'entreprise Planta Mecánica, qui fabrique des turbines. (SIME).
- 3.L'entreprise CEDAI, qui est un centre d'électronique. (MINBAS).
- 4.L'entreprise MIDAS, fabricant de résistances électriques. (MINBAS)
- 5.L'entreprise COPEXTEL SA, qui a une gérance en automatique. (Ministère de communications et électronique)

Le MINBAS devait évaluer les compétences des entreprises de son propre ministère ou faire appel à un autre ministère. Finalement, il a choisie l'entreprise d'hydroénergie. Le directeur de l'entreprise d'hydroénergie a choisi parmi toutes les filiales distribuées dans les différentes provinces l'entreprise d'hydroénergie de Manicaragua pour placer le futur atelier national d'assemblage de régulateurs. Celle-ci étant le partenaire principale du premier projet WalCubaHydro. Ainsi, l'Atelier National d'Assemblages de Régulateurs sera situé à Manicaragua(Villa Clara), et le site où s'installera le premier régulateur, sera une communauté de cette province. Le site a également été aussi choisi par le directeur de l'entreprise d'hydroénergie.

Les participants à la formation seront les techniciens de chaque filial de l'entreprise d'hydroénergie (Villa Clara, Granma, Santiago de Cuba, Pinar del Rio, Guantánamo, et Cienfuegos) et de l'entreprise central à la Havane.

Un programme de formation entre le partenaire cubain et le partenaire belge est accordé.

⁵³ Par ailleurs, un projet d'union des deux micros est envisagé.

L'idée de la fabrication des régulateurs à Cuba est que le partenaire belge reste le fournisseur de la partie électronique du régulateur (c'est à dire, les deux cartes de puissances) et le partenaire cubain réalise l'assemblage du système complet dans l'atelier cubain en essayant de trouver le maximum des composants restants du régulateur sur le marché national.

Toutes ces gestions se sont déroulées pendant les mois d'octobre et de novembre en vue de préparer la mission des techniciens belges à Cuba en décembre. La gestion à Cuba a été assurée par R.O et S.G, qui a participé en qualité de stagiaire et qui est arrivé quelques mois avant l'arrivée des techniciens avec le but de pouvoir préparer la mission avec le chef du projet cubain R.O. La mission des techniciens s'est déroulée en décembre 2008. Le résultat principal de cette mission a été la formation des techniciens cubains au système de régulation développé par JLA&Co avec le résultat concret de l'installation d'un premier prototype sur le site choisi, ce qui a permis de faire la partie pratique d'installation et de réglage sur le site.

Même si les résultats observables à la fin du projet sont les cinq systèmes de régulation installés dans les cinq sites choisis, le succès du projet aura été de créer un copartariat entre les deux entreprises qui permette de continuer la fabrication interdépendante de régulateurs de fréquence et ainsi, fournir la globalité des microcentrales en réseau isolé à Cuba. Le problème de la régulation dans les microcentrales isolées à Cuba est une réalité, de part l'existence de 149 centrales non raccordées au réseau fonctionnant par opération manuelle, c'est à dire, grâce à un opérateur.

Ce projet permet d'essayer une solution proposée par le partenaire étranger et de la valider avec les résultats obtenus. Si elle est adaptée au contexte hydroélectrique cubain et donc validée, cette solution sera généralisée dans le reste des centrales. Jusqu'à maintenant les rapports réalisés par rapport au fonctionnement des deux régulateurs sont positifs. Le rapport correspondant à celui de Mayari, installé en février 2006, démontre que la technologie choisie est adéquate pour les MCH cubaines étant donné sa performance et son faible coût.⁵⁴ Ainsi, les deux entreprises ont fait une réunion à la fin de la mission pour parler de la suite une fois le projet fini. Il faut considérer que l'entreprise d'hydroénergie de Manicaragua est en train d'aménager un de ses locaux et d'investir dans le futur atelier d'assemblage de régulateurs. Une fois que les MCH cubaines disposeront de la régulation il pourrait être envisagé d'élargir le marché au reste des Caraïbes et/ou à l'Amérique du Sud. Le résultat de cette réunion est l'accord des deux entreprises de créer une entreprise mixte, en

54 Cfr Annexe Ñ Rapport technique du fonctionnement du régulateur de Mayari.

suivant la loi d'investissement (loi 77) dont on a déjà parlé au chapitre précédent. D'abord, l'entreprise belge doit s'accréditer comme entreprise exportatrice pour pouvoir exporter du matériel à Cuba. Ainsi, JLA&Co a commencé à faire les démarches de la procédure d'accréditation.⁵⁵

En ce qui concerne le projet WalCubaHydro la suite est:

D'une part, continuer la recherche de financement pour l'équipement du reste de sites pilotes. En effet, le but du bailleur de fonds n'est pas de financer l'acquisition du matériel, donc le seul régulateur qui était prévu était le premier en faisant partie du matériel indispensable pour réaliser la formation.⁵⁶ Ainsi, après l'assemblage et l'installation des quatre régulateurs les techniciens auront consolidé leurs connaissances acquises pendant l'atelier. D'autre part, préparer la mission suivante. La deuxième mission où deux techniciens cubains viennent en Belgique a pour but la fabrication et installation d'un système complet en Belgique et la création d'un banc d'essai pour pouvoir réaliser le dépannage et le réglage des cartes. La mission des techniciens cubains en Belgique avait été proposée au départ en juillet, pour ne pas trop séparer une formation de l'autre, mais finalement elle n'a pas pu se réaliser dû au retard du financement pour la deuxième année du projet et aussi au manque de temps de préparation. Finalement, la date est postposée en fonction de la disponibilité des deux parties et elle est prévue pour janvier-février 2010. La troisième mission est initialement prévue pour mi-juin.

55 Cfr Annexe O. Document de légalisation et protocole.

56 Cfr 3.3.1 Accord Cadre Région wallonne-Cuba.

Chapitre 5. Évaluation de l'impact du projet WalCubaHydro

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les conséquences du projet et de la technologie introduite. Après avoir exposé la méthodologie appliquée l'évaluation va se concentrer sur les apports que suppose pour les récepteurs directs de ce transfert, à savoir ceux qui reçoivent la formation à la technologie, ainsi que les habitants de la Communauté qui reçoivent l'application de la technologie. Dans l'évaluation on va aborder les trois composantes (économique, sociale, environnementale) qui contribuent au développement durable et on utilisera au départ l'outil AFOM qui nous permettra de prendre en compte tous les enjeux qui participent au transfert de technologie.

5.1 Méthodologie

5.1.1 Origine, contexte et raisons de l'évaluation

L'évaluation se situe à mi-parcours du projet. Une première mission a été réalisée lors de l'activité principale " L'atelier National des Régulateurs Électroniques" et de l'installation d'un régulateur à la Communauté de Guanayara (Villa Clara) à la microcentrale appelée Batalla Santa Clara.⁵⁷ Suite à participation active à la préparation et au déroulement de cette première mission, une motivation personnelle d'évaluer l'action a surgit. Comme il s'agit d'un projet de transfert de technologie cette évaluation se concentrera sur le transfert lui-même et ses effets, plutôt que sur le projet. Aucune action n'est neutre, donc ce projet a eu et aura des effets à différents niveaux. Ces effets s'apprécient par rapport à la situation sans l'intervention du projet WalCubaHydro, déjà décrite plus haut: existence de microcentrales hydroélectriques contribuant à l'électrification rurale mais sans régulation.

L'analyse a été réalisée en Belgique après le retour de la mission, ce qui implique des limites. Par conséquent l'analyse proposera une approche qualitative.

⁵⁷ Cfr. Annexe P.Fiche technique microcentrale Batalla Santa Clara (ou Guanayara).

5.1.2 Évolution et recherche d'une méthodologie appropriée

5.1.2.1 Méthodologie suivie

On va se concentrer sur les effets que ce transfert de technologie a eu jusqu'à ce moment et sur les effets qu'il pourrait avoir. La méthodologie suivie est la suivante:

1. Création d'un tableau AFOM (atouts-faiblesses-opportunités-menaces), qui nous permette de mettre en évidence les enjeux que participent au transfert et à nous poser une série des questions qui permettront d'orienter l'évaluation. Le tableau AFOM met en évidence beaucoup d'aspects socioéconomiques, politiques, et environnementaux. On ne pourra aborder la totalité des aspects dans le cadre de ce mémoire, et on va donc se concentrer sur les résultats attendus par les récepteurs directs de la technologie.

Les questions de départ sont:

-Qu'est-ce que le projet WalCubaHydro apporte?

-Qu'est-ce que la régulation apporte?

-En quoi la régulation va-t-elle améliorer le contexte socioéconomique et environnemental?

-Cette technologie est-elle appropriée au contexte cubain?

2. Constats de l'apport visible du projet WalCubaHydro depuis la réalisation de la première mission.
3. Réflexions sur les apports de la technologie au bénéficiaire final
4. Réflexions sur les améliorations qu'apporte la technologie au contexte socio-économique et environnemental.
5. Évaluation des impacts négatifs liés au système de régulation installé (impacts locaux)
6. Évaluation des impacts liés à la réalisation du projet WalCubaHydro (impact global)

D'autre part, vu le manque de données détaillées disponibles sur la consommation électrique des usagers, les comportements et les habitudes de ceux-ci, des statistiques, etc. , il nous a semblé plus opportun de s'orienter vers une approche essentiellement qualitative, même si certains aspects sont développés de manière quantitative lorsque cela a été possible.

5.1.2.2 Méthodes d'évaluation envisagées au départ

Les questions qu'on s'était posées au départ étaient:

1. Est-il possible d'incorporer à Cuba une solution technologique qui fonctionne bien en Région wallonne ?
2. Est-ce que le projet WalCubaHydro a augmenté les possibilités que le gouvernement cubain incorpore le besoin d'améliorer la qualité de l'électricité de tous les systèmes communautaires ruraux où il y a des microcentrales hydroélectriques avec régulation manuelle via la solution qui se propose avec ce transfert de technologie de régulation électronique?

La première question qu'on s'était posée au départ s'avère peu opportune. En effet même si la technologie a été développée par un expert wallon, Jean-Luc Willot⁵⁸, elle n'a eu que de rares applications en réseau isolé en Wallonie ou en Belgique. Le contexte hydroélectrique en Belgique est très différent à celui de Cuba. La plupart des centrales hydroélectriques en Belgique sont raccordées au réseau, et seulement quelques sites se maintiennent en réseau isolé. Le fait de l'existence d'un nombre si petit de centrales hydroélectriques en réseau isolé en Belgique est dû à plusieurs facteurs: les centrales hydroélectriques sont rares en Belgique, dont le relief est assez plat ; l'accès au réseau arrive partout dans le pays et le mécanisme de soutien à la production d'électricité de source renouvelable via les certificats verts et la possibilité de vendre au réseau l'énergie excédante incite les producteurs d'électricité verte à se raccorder au réseau.

Deuxièmement, la comparaison qui avait été initialement envisagée entre un cas d'application de la technologie en Belgique et celui à Cuba, n'a pas été faite. En effet les conditions socio-économiques et les problèmes sont si distincts qu'ils particuliers, ne rendent peu intéressante une telle comparaison. Par exemple, dans ce cas de la Belgique, une microcentrale de une puissance de 10kW alimente une maison, alors qu'à Guanayara, la centrale a une puissance de 30kW et alimente une trentaine de maisons. Ainsi on observe une différence dans la consommation par ménage. De plus, l'utilisation finale de l'électricité est fort différente. En Belgique, selon une étude récente⁵⁹ un ménage possède en moyenne environ 9 appareils électrodomestiques (5 électroménagers et 4 appareils d'information et de communication) alors que dans la communauté de Guanayara l'utilisation de l'électricité fournie est fondamentalement pour l'éclairage, la TV, la radio et le frigo. C'est pourquoi on a préféré comparer la situation de Cuba à celle qui prévaut dans des conditions

58 Cfr. Annexe L Partenaires

59 Bartiaux, UCL. Selon le CRIOC

plus comparables de communautés rurales latino-américaines. Dans ce cadre nous avons identifié « Soluciones Prácticas-ITDG Perú»⁶⁰ qui a une large expérience dans l'application de l'hydroénergie dans les zones rurales péruviennes et a également adopté la régulation dans leurs microcentrales via différents projets de transfert de technologie. Ceux-ci disposent d'un système de régulation dans la plupart de leurs MCH isolés. Une entrevue par téléphone à Celso Davila⁶¹, un des récepteurs de la technologie de ce type de régulateurs électroniques de charge, nous a permis de connaître leur expérience. On en parlera plus loin.

Pour répondre à la deuxième question et d'autres qui ont surgit au fur et à mesure de l'avancement du mémoire on a d'abord réalisé un questionnaire selon la méthode d'évaluation des projets. On a réalisé ce questionnaire en tenant en compte les cinq critères d'évaluation que propose l'OCDE: pertinence, efficacité, viabilité, efficience et impact. L'intention était de prendre en compte les aspects socioéconomiques et environnementaux qui entraient en jeu. Les acteurs à interviewer étaient les techniciens belges, le chef du projet cubain, et en fonction de la possibilité de communication quelques participants à l'atelier.⁶² Cependant, on a rencontré quelques difficultés pour suivre avec cette méthodologie. D'abord, il est difficile voire hasardeux de fonder une évaluation sur des interviews à distance. De plus, seules les personnes impliquées dans la mise en œuvre du projet, c'est à dire, le chef du projet cubain et les techniciens belges, pouvaient ainsi être interrogées, à l'exclusion d'autres acteurs tels que les bénéficiaires de la technologie et/ou à la totalité de participants à l'atelier (récepteurs de la technologie). Ensuite, vient la difficulté liée à ce que l'évaluateur n'est pas une personne externe du projet, mais une personne qui a participé activement à la première mission, et que du point de vue du partenaire cubain, n'est pas considérée comme neutre. Même si l'évaluation n'avait pas le but de critiquer, mais d'évaluer le processus du transfert, cela risquait d'entraîner une mauvaise sensation chez les partenaires, surtout le partenaire cubain. Enfin, on a décidé de ne pas réaliser la partie pratique du questionnaire, qui risquait d'obtenir plutôt de réponses qui permettaient d'évaluer le projet tel qu'il a été conçu que le processus du transfert comme tel, en s'éloignant aussi de notre but initial. Ce questionnaire est donné en Annexes.⁶³

60 Soluciones Prácticas ITDG est un organisme de coopération technique international qui travaille depuis 20 ans dans le développement de technologies appropriées.

61 Coordinateur de Projets du Programme d'Énergie, Infrastructure et Services Basiques à ITDG-SolucionesPrácticas

62 Il n'y avait pas beaucoup de possibilités de pouvoir réaliser le questionnaires aux participants.

63 Cfr. Annexe Q. Questionnaire

5.2 Analyse

5.2.1 Tableau AFOM

Ce tableau AFOM (atouts-forces-opportunités-menaces) souligne les aspects positifs et négatifs à niveau interne et externe pour les acteurs principaux du transfert et pour les bénéficiaires finaux. Si le risque ou menace est trop important pour un acteur déterminé, cela affecte la participation de l'acteur et crée une barrière pour le transfert de technologie.

	Positif	Négatif
Interne	Forces	Faiblesses
Externe	Opportunités	Menaces

Ensuite on a développé les opportunités et menaces à niveau des deux pays.

Analyse d'un transfert de technologie entre la Région wallonne et Cuba

ACTEURS	ATOUTS	FAIBLESSES	OPPORTUNITÉS (RÉCOMPENSES)	MENACES(RISQUES)
<p>Récepteur du Transfert: Entreprise d'hydroénergi e (appartient à l'état)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -entreprise avec un staff de spécialistes bien formés et expérience dans le domaine de la micro hydroélectricité depuis des années -développement d'une ligne de la gestion de la qualité dans l'entreprise -Fort intérêt à fournir un service de qualité à la totalité de leurs clients -implication sociale forte avec ceux qui ont le plus besoin (SCR, systèmes non raccordés au réseau) 	<ul style="list-style-type: none"> -accès limité au financement -manque de financement pour la recherche et l'implémentation des solutions liés à la régulation des microcentrales 	<ul style="list-style-type: none"> -accès au capital d'investissement -accès aux marchés à travers la création des partenariats et du réseau. -développement d'un marché d'exportation avec l'entrée de monnaie étrangère -développement des compétences techniques -acquisition d'un nouveau produit qui respecte les standards de qualité avec la collaboration de partenaires étrangers. -amélioration de la capacité de production de la technologie à niveau international -développement d'un marché local basé sur les technologies des énergies renouvelables -bénéfices de la combinaison de la génération de l'énergie avec l'impact environnemental positif 	<ul style="list-style-type: none"> -que l'émetteur ne soit pas compétent techniquement et que la technologie ne soit pas ni fiable ni durable -que l'engagement du pays industrialisé ne soit pas soutenu jusqu'à le période adéquate pour que le transfert se produise -la dépendance technologique -la mauvaise acquisition des connaissances d'assemblage, maintenance et réparation du système -la difficulté de fournir pièces de rechange ou la difficulté de gérer un stock de pièces de rechange -l'augmentation de taxes d'importation provoquant la montée du prix du matériel d'importation

ACTEURS	ATOUS	FAIBLESSES	OPPORTUNITÉS (RÉCOMPENSES)	MENACES(RISQUES)
<p>Entreprise qui émet le transfert: JLA&Co (entreprise privée)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -expérience dans la micro hydroélectricité de plus de 20 ans -collaboration et intervention avec d'autres projets de développement dans le domaine de l'électrification rurale -application de cette technologie dans d'autres pvd -Bon rapport qualité/prix de leur produit 	<ul style="list-style-type: none"> -non connaissance de la langue du pays récepteur 	<ul style="list-style-type: none"> -Opportunités du marché: Potentiel pour élargir les affaires via un marché de développement et transfert de technologie des énergies renouvelables. -Augmenter les volumes de fabrication, en faisant les prix des systèmes plus compétitifs -Diversification du marché de base et développement d'une autre voie proportionnant revenus -Accès aux marchés à travers la création des partenariats et du réseau. -Développement d'un marché basé sur les technologies d'énergies renouvelables -Développement des connaissances locales en collaboration avec les partenaires locaux -Attraction d'être une entreprise verte ou une entreprise qui contribue au développement durable dans les pays en voie de développement qui peut augmenter la demande de ses produits et l'augmentation des investissements dans l'entreprise. 	<ul style="list-style-type: none"> -si la technologie ne fait pas ses preuves dans les conditions locales le projet peut échouer et donner une mauvaise réputation à la technologie appliquée et une diminution de la confiance en cette dernière -la capacité de payer du pays récepteur pour les produits - la manque des connaissances du partenaire local -réputation affectée si les composants des fabricants locaux ne sont pas de bonne qualité (standards de qualité) -les droits de propriété intellectuelle (DPI) -le changement de politique dans le pays récepteur, peut affecter les taux d'intérêt, les taux d'imposition et les plans d'électrification -politique instable du pays récepteur (risques politiques)

ACTEURS	ATOUTS	FAIBLESSES	OPPORTUNITÉS (RÉCOMPENSES)	MENACES(RISQUES)
<p>Les communautés ou bénéficiaires finaux</p>	<p>-La technologie à transférer est un élément constitutif d'une technologie déjà existante. La communauté connaît donc la technologie qui fournit l'électricité, et la nouvelle technologie supposera une amélioration de fonctionnement de la technologie antérieure. -Il y a un besoin réel d'amélioration de la qualité du service -Les opérateurs de la microcentrale sont certifiés.</p>	<p>-la difficulté de comprendre le fonctionnement de la nouvelle technologie (haute technologie) de la part de l'opérateur. L'habitude de l'opérateur était de réaliser la fonction manuellement. La technologie à transférer demande d'une adaptation de l'opérateur aux différents fonctionnements de la régulation. Une autre formation de l'opérateur devra s'envisager.</p>	<p>-amélioration de l'état de santé -amélioration des services d'éducation et de santé -accès aux technologies de l'information et de la communication -valorisation de la femme en réduisant les tâches ingrates et en lui permettant de pouvoir disposer de temps pour l'éducation - développement des micros entreprises et travaux -amélioration de la production agricole via l'irrigation -prolongation des jours avec l'éclairage, ce qui permet de développer des activités sociales et productives. -amélioration de la sécurité via l'éclairage du village</p>	<p>-que la technologie ne soit pas appropriée à leurs besoins et qu'elle échoue à fournir les services qu'ils attendaient. -que l'accès pour la réalisation des tâches de maintenance ou dépannage du système par un ouvrier qualifié soit difficile (endroits isolés) -menace contre ses pratiques culturelles, sociales et spirituelles</p>

NIVEAU GLOBAL	RECOMPENSES	RISQUES
<p>Le pays récepteur du transfert de technologie: Cuba</p>	<ul style="list-style-type: none"> -réduction des importations de combustibles fossiles -affranchissement de sources locales pour pouvoir exporter une fois que la demande du pays a été satisfaite (tel est le cas des plaques solaires photovoltaïques...) -amélioration de l'équilibre commercial (bilan des paiements, échange avec l'étranger) comme résultat de la diminution de l'importation des combustibles fossiles et de l'augmentation de l'investissement étranger pour la fabrication de technologie locale. -amélioration du bilan énergétique qui peut contribuer à la sécurité énergétique et à la diminution de la dépendance énergétique. - Prestation du service énergétique aux zones rurales, en facilitant le développement des zones rurales. -Création d'emploi local -Création de compétences locales dans les institutions locales -Réduction dans les coûts d'importation technologique. -Établissement d'affaires au niveau local et de façon durable -Protection de l'environnement à niveau régional et local, et amélioration de la qualité de l'air -Atténuation de la pauvreté grâce à la prestation des services énergétiques qui permet développer centres de santé, d'éducation, culturels, petites entreprises rurales et la communication. 	<p>RISQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> -que les émetteurs ne se consacrent à aller dans les priorités du développement du pays récepteur -le changement des tarifs de la monnaie d'échange -le manque d'investissement en l'infrastructure et l'éducation/formation de la création de capacités locales

NIVEAU GLOBAL	RECOMPENSES	RISQUES
<p>Le pays émetteur du transfert de technologie:</p> <p>la Belgique</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Contribution vers le développement durable qui aidera à sécuriser un futur meilleur et plus stable dans l'économie globale et, partant, dans l'économie nationale. -Réunions politiques qui contribuent au développement durable -Élargir les opportunités du marché à l'étranger en permettant d'augmenter les exportations et améliorer le bilan commercial et économique du pays -Atteindre les objectifs de réduction d'émissions à un prix réduit. (MDL) 	<p>RISQUES</p> <p>-l'exposition d'industries nationales dans des marchés incertains où le remboursement de prêts peuvent ne pas être réalisés et les industries peuvent souffrir en endommageant l'économie nationale</p>

5.2.2 Apport du projet WalCubaHydro

5.2.2.1 Apport aux techniciens cubains

On a déjà abordé au chapitre antérieur les objectifs dans lequel s'inscrit le projet, on parlera dans cette partie des résultats obtenus dans cette première mission. En effet, ce projet vise le transfert d'une technologie wallonne permettant de résoudre le problème de la régulation dans les microcentrales isolées cubaines. Le résultat le plus important est l'acquisition des connaissances sur la technologie des systèmes de régulation JLAR et sur leur assemblage de la part des participants à l'atelier. On va brièvement expliquer comment s'est réalisée la formation et évaluer les résultats obtenus avec cette évaluation grâce à une enquête d'évaluation auprès des participants et au retour d'expérience réalisé sur place. On parlera aussi d'une expérience similaire au Pérou.

-Déroulement de la formation⁶⁴

La formation a duré une semaine et elle a été réalisée à l'entreprise de Manicaragua, dans un local réaménagé à cet effet. La logistique de transport, logement et alimentation est prise en charge par l'entreprise d'hydroénergie de Manicaragua. Les participants sont venus de toutes les filiales de l'entreprise d'hydroénergie : un de Pinar el Río, deux de Cienfuegos, deux de Granma, trois de Santiago de Cuba, six de Manicaragua et deux de l'entreprise nationale de la Havane. Seule la filiale de Guantánamo n'a pas pu envoyer de représentant. Les participants étaient surtout des ingénieurs civils (en mécanique ou en électricité) et quelques ouvriers qualifiés.⁶⁵ La formation a compris une partie théorique sur le fonctionnement du système (généralités, principe de fonctionnement, architecture du système et méthodes de mesure) et leur assemblage, et une partie pratique de la détection de failles dans l'assemblage et dépannage et l'installation et la mise en fonctionnement du régulateur sur le site⁶⁶

-Évaluation de la formation et retour d'expériences

Même si la formation s'est globalement très bien passée, quelques petits problèmes ont perturbé son bon déroulement. Notons par exemple des problèmes de réseau électrique à l'atelier, empêchant son bon déroulement. En outre, les problèmes de transport n'ont également pas facilité les choses, les techniciens belges étant logés à une demi-heure de route de l'atelier. Il aurait été plus approprié de les loger sur place, ce qui aurait permis de meilleurs échanges avec les participants à la formation et

64 Cfr Annexe R. Rapport de la mission des techniciens belges

65 Cfr Annexe S. Liste de participants

66 Cfr Annexe T. Programme de l'Atelier de Formation

d'éviter les retards du début des formations. Il a cependant à chaque fois été possible d'adapter le programme de formation en conséquence. Il faut ajouter que lors de l'installation du régulateur dans le site, un problème inopiné de surtension a contraint les techniciens belges et cubains à réaliser le dépannage du système de régulation à peine installé. Cela a contribué à la formation et à la mise en pratique des connaissances acquises.

Selon les résultats de l'enquête réalisée aux participants pour évaluer la formation réalisée de la part des techniciens belges l'opinion globale de la formation a été très positive. Quelques propositions d'amélioration se sont retirées de ces enquêtes⁶⁷:

1. La préparation du matériel de la formation avec suffisamment d'antériorité qui puisse permettre aux participants de connaître à l'avance les sujets qui vont s'aborder pendant l'atelier. S'avère nécessaire l'existence d'un manuel avec lequel le participant puisse se guider pendant l'apprentissage et avec lequel il soit possible de transmettre les connaissances acquises postérieurement.

2. Essayer pour les prochains ateliers de prolonger la durée de la formation pour pouvoir dédier plus de temps à la théorie et à la pratique et ainsi gagner plus de confiance au moment d'affronter à des problèmes que puissent apparaître dans un future.

3. Avoir l'opportunité de continuer à approfondir dans les parties constructives du système et ainsi, pouvoir contribuer à la diffusion de la technologie partout le pays sur les avantages qu'offre ce type de régulation pour le service électrique des communautés et des zones rurales.

Suite au retour d'expérience réalisé le dernier jour de la formation, on a retiré quelques opinions des participants qui convergent.⁶⁸ Les participants ont perçu cet échange comme positif, parce qu'ils ont acquis des connaissances sur ce système de régulation, même si maintenant il faut continuer à apprendre et à consolider les connaissances pour bien réaliser l'assemblage et pouvoir fournir un bon système de régulation dans les microcentrales. En effet, ils affirment que l'entreprise veut implémenter la gestion de la qualité et donc il s'avère indispensable d'intégrer la qualité dans l'électricité qu'ils fournissent à leurs clients. Ainsi, les participants affirment qu'il faut appliquer le

67 Cfr. Annexe U. Traitement de réponses de l'enquête d'évaluation réalisé aux participants à l'atelier

68 Cfr. Annexe V. Transcription des opinions des participants à l'atelier et de l'opérateur le dernier jour de travail pratique à Batalla Santa Clara. Retour d'expérience.

système de régulation dans la totalité de microcentrales en réseau isolé, en offrant un service de qualité à la population de la zone rurale. Ceci est une position de respect pour leurs clients. Tous s'accordent sur le fait que le système de régulation électronique apporte d'une part la qualité du service en permettant de stabiliser les paramètres de fréquence et tension et en permettant aux équipements de fonctionner correctement les appareils électriques et d'autre part, humanise le travail de l'opérateur, qui avant devait être dans les heures pointes devant la machine essayant de régler en fonction des variations de charge des clients. L'opinion d'un des opérateurs qui travaillent à la microcentrale Batalla Santa Clara, qui avait observé le jour d'avant le fonctionnement du régulateur qui y avait installé disait que cette option est la meilleure pour le bon fonctionnement de l'installation et le service fourni. Il disait: «c'est n'est pas seulement un changement pour l'installation et pour l'opérateur, mais aussi pour les bénéficiaires qui vont avoir plus de qualité dans le service, et vont pouvoir prendre soin de ses équipements... ». La différence qu'il avait constatée avec le fonctionnement du régulateur est importante, auparavant il fallait manœuvrer la machine constamment, maintenant, il faut simplement stabiliser et observer qu'il n'y a pas de défaillance.

On a abordé le retour d'expérience de Celso Davila, suite à une interview téléphonique. Celle-ci s'avère très intéressante étant donné son expérience sur l'application de ces systèmes de régulation dans les communautés rurales du Pérou. Au Pérou les communautés ont été d'abord fournies avec des régulateurs hydrauliques, mais la plupart étaient mal installés et beaucoup n'étaient pas en marche. De plus, du fait du coût élevé de ces systèmes parmi le reste de facteurs, ils se sont vus avec le besoin de réaliser un transfert de technologie sur la régulation électronique de charge. On n'entrera pas dans le détail de leur processus de transfert, mais il est intéressant de rapporter son avis concernant la nécessité de la régulation: « La raison de la régulation est le besoin: c'est obligatoire l'usage d'un régulateur électronique. Sinon, l'opérateur doit regarder constamment les instruments de mesure et manœuvrer en fonction.....malgré ça, la régulation n'est pas précise, et ça abîme les équipes, les appareils électroménagers,... ». Dans les 50 microcentrales en régime isolé installés via ITDG toutes disposent d'un régulateur électronique de charge avec le même principe de fonctionnement que celui transféré à Cuba. Il y en a quelques zones rurales péruviennes qui réalisent la régulation grâce aux opérateurs, mais les conséquences selon Celso sont néfastes, en abîmant leurs équipements.

Dans notre cas et également celui du Pérou, le transfert de technologie a permis de développer des connaissances sur une technologie qui s'avère appropriée au contexte des microcentrales fonctionnant en régime isolé, étant donné son bon fonctionnement et son faible coût. Cette solution a été appliquée dans la totalité des MCH gérés par l'organisation ITDG du Pérou, et cette solution voudrait se généraliser à la totalité des MCH cubaines. Il faut encore consolider les connaissances et gagner de la pratique avec les régulateurs qui restent encore pour installer. La mission de formation suivante prévue dans le cadre de WalCubaHydro et la mise en pratique de l'assemblage du reste de régulateurs, ont pour but de consolider les capacités chez les techniciens cubains et de créer l'autonomie d'assemblage, de maintenance et de dépannage des systèmes.

Les apports du système de régulation seront traités par la suite.

5.2.3 Apport du système de régulation

5.2.3.1 Apport du système de régulation au bénéficiaire final

Les mêmes idées ont été retirées de différentes expériences sur les apports du système de régulation dans les MCH isolés. D'une part, l'apport que représente pour la communauté, étant donné le bon fonctionnement de la microcentrale, qui permet de fournir un bon service aux habitants connectés au réseau. D'autre part, le changement que suppose pour l'opérateur. On en parle par la suite.

➤ Apport à l'opérateur

Suite au retour d'expérience de l'atelier de formation à Cuba, quelques participants remarquaient comme apport positif du système: l'humanisation du travail de l'opérateur. En effet, pendant les heures de pointes en absence de régulation, l'opérateur est obligé d'être pendant ces heures critiques très attentif aux variations des paramètres de fréquence et tension, en contrôlant et réglant l'entrée d'eau de la turbine en fonction des charges qui se connectent ou se déconnectent. On peut imaginer que si la microcentrale sert à une vingtaine de maisons, il y aura plein de variations, car il est difficile de prévoir à quel moment les gens vont connecter leurs appareils, vont allumer leurs télévisions, ou vont cuisiner si elles disposent d'autocuiseurs. Même si dans quelques communautés dû à la puissance limitée qu'offre la microcentrale elles doivent s'organiser pour allumer leurs appareils électriques dans différents horaires, il y aura toujours des variations dans le moment de connexion ou déconnexion de plusieurs charges. En effet, c'est impossible manuellement de faire une réponse précise pendant les moments de plus grand usage de l'électricité. D'abord, l'opérateur regarde dans

le fréquencemètre la valeur, et puis, il change manuellement, mais ce temps de réponse est déjà lent, et pendant ce temps là, une autre charge peut se connecter ou se déconnecter du système, ce qui fera de nouveau varier les valeurs et l'opérateur devra de nouveau agir pour compenser les variations. Effectivement, c'est n'est pas un travail très souhaitable à faire et par ailleurs, affecte au bon service fourni à la population.

Néanmoins, on pourrait avoir peur que le résultat d'installer un tel système aboutisse à la perte d'emploi des opérateurs qui auparavant réalisaient cette fonction, ce qui provoquerait un effet très négatif, parce que celle-ci était leur source de revenus et parfois, cela reste une tradition familière qui passe des parents aux fils. Ainsi, pour prévenir et éviter cette situation, il faut bien définir les tâches à réaliser par l'opérateur, et si avant celle-ci était la principale, créer des nouvelles tâches qui contribuent au bon fonctionnement de la microcentrale.

L'expérience au Pérou nous démontre que différents tâches sont commandées à l'opérateur. J'ai même pu constater de première main que dans les microcentrales péruviennes même si le système de régulation est installé il y a un opérateur qui s'occupe d'autres tâches.⁶⁹

Quelques fonctions sont confiées à l'opérateur telles que:

- vérifier la prise d'eau en aval
- vérifier que la grille⁷⁰ remplit sa fonction et qu'elle n'est pas obstruée serve pour retenir les barreaux et les petites feuilles, en évitant que l'eau qui rentre dans la turbine
- pendant la journée où il y a moins de consommation, l'opérateur peut fermer la vanne et diminuer la quantité d'eau qui rentre dans la turbine pour éviter perdre l'énergie par dissipation de chaleur
- vérifier que les équipes électromécaniques fonctionnent correctement (pas de bruits bizarres, pas de réchauffements,..)
- réalisation des mesures avec le but de réaliser des statistiques de consommation et de comportements et habitudes des bénéficiaires.

Cette dernière fonction pourrait permettre évaluer de quelle façon on pourrait profiter l'énergie qui n'est pas utilisée, et éviter que l'énergie se dissipe en forme de chaleur via les résistances de ballast. On parlera plus loin de cet aspect.

69 Lors de ma participation dans un projet de coopération entre l'association d'Ingénierie Sans Frontières et ITDG, les mois de juillet-août 2004, j'ai eu l'opportunité de visiter quelques microcentrales en régime isolé.

70 La grille serve pour retenir les barreaux et les petites feuilles, en évitant que l'eau qui rentre dans la turbine rentre avec ça. Les turbines Pelton ont besoin d'un eau plus propre

Par ailleurs, imaginons que les utilisateurs demandent plus de charge que la microcentrale en donne, la turbine finirait par s'arrêter. Si cette situation se présente, il faut que l'opérateur coupe les charges parce que sinon les équipements vont s'abîmer. De toute façon, cette situation ne devrait pas se produire. Il faut voir quelle est la consommation maximale que la microcentrale permet, et si celle la est insuffisante les bénéficiaires devront s'organiser pour ne pas utiliser tous les appareils en même temps et il faudrait motiver un usage rationnel de l'énergie. Une des premières mesures pour réduire la consommation est de changer le type d'éclairage, en passant de lampes incandescentes à lampes plus efficaces. Celle-ci est faite à Cuba à niveau national, avec une considérable diminution de la quantité d'énergie consommée.

Bref, même si le système de régulation est installé, il existe encore plusieurs fonctions que l'opérateur peut réaliser, qui contribueront au bon fonctionnement de la microcentrale. Il faut bien définir les tâches et créer des nouvelles.

➤ **Apport à la Communauté**

On a pu constater suite à l'expérience dans le domaine des microcentrales en régime isolé des différents experts que l'apport du système de régulation a deux avantages principaux:

- l'amélioration de la qualité d'électricité fournie
- l'amélioration de la disponibilité de l'électricité

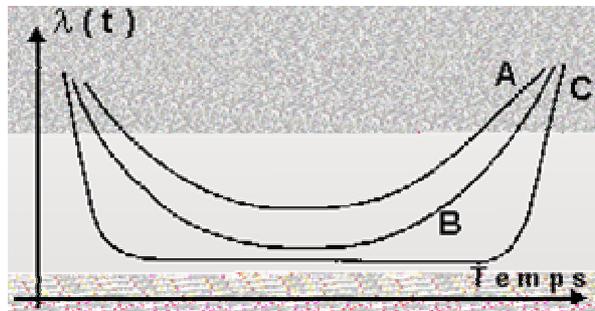
-Amélioration de la qualité de l'électricité fournie

En effet, le concept de qualité d'électricité va différer selon les usagers et selon l'utilité finale.

Dans le cas des communautés rurales cubaines l'usage final de l'électricité fournie va être destiné à quelques appareils électrodomestiques et à l'éclairage de la maison. Les appareils plus utilisés ce sont surtout la télé, la radio, le frigo, et dans un deuxième niveau et en dépendant de chaque communauté et de l'énergie disponible il peut avoir le ventilateur, la batteuse, le fer à repasser, l'autocuiseur,...On a déjà expliqué au chapitre antérieur l'importance de rester dans les tolérances admises de fréquence et tension pour le bon fonctionnement des appareils, pour éviter qu'ils tombent en panne et pour prolonger leur durée de vie.

Face à la manque des statistiques et d'études concernant la tombée en panne d'appareils électriques dans les communautés rurales qui n'ont pas une régulation automatique, on fera une comparaison qualitative sur base de concepts théoriques de la courbe de taux de défaillance. Ainsi on observe la

courbe théorique de taux de défaillance dite « en baignoire » pour les systèmes électroménagers suivant:



- A. en mécanique
- B. en électromécanique
- C. en électronique

Ces courbes mettent en évidence trois périodes:

1-Période de défaillance précoce ou de « jeunesse »

Le taux de défaillance est plus important au début de la vie du système et peut être diminué par une phase « de rodage » de l'équipement.

2.-Période de défaillance à taux constant ou période de vie utile.

Se caractérise par un taux de panne faible et constant.

3.-Période de défaillance par vieillissement ou période de fin de vie.

La taux de défaillance augmente, donc la fiabilité décroît avec l'âge du système. Les défaillances sont dues à l'usure. La durée de vie usuelle du produit s'arrête au début de cette zone.

Cette courbe permet de connaître la fonction de fiabilité en tout temps.

Ainsi, pour un même appareil électroménager dans les mêmes conditions externes et avec le même contexte d'opération, on aura une variation de la courbe théorique selon que l'on dispose d'un système de régulation ou non. On considère la courbe théorique de l'image au-dessus comme celle caractéristique d'un appareil électroménager quelconque, fonctionnant avec un système de régulation et avec une qualité d'électricité bonne. On peut imaginer une courbe qui aura une première période avec un taux de défaillance supérieur au début de la vie et qui peut durer un peu plus, un

deuxième période qui se maintiendrai au-dessus de la ligne droite et une troisième période qui commence plus tôt, ce qui se traduit par une durée de vie du produit plus courte que dans le cas de référence.

On ne peut pas représenter les courbes par manque de données. Pour pouvoir réaliser et comparer les courbes caractéristiques réelles de taux de défaillance des appareils électriques fonctionnant avec une MCH avec régulation et avec une MCH sans régulation, on devrait avoir un retour d'expérience et des statistiques sur les défaillances et leurs causes dans les deux cas. Il est très difficile de connaître la cause de défaillance des appareils et parfois on trouve que la durée de vie utile de l'appareil est moindre que la durée de vie opérationnelle de l'appareil, ce qui ne permet pas aux spécialistes de déterminer les courbes de défaillance, qui sont souvent basées sur des modèles théoriques. Néanmoins, ce qu'on peut constater par les expériences dans le terrain et les discussions avec des spécialistes qui travaillent avec des projets des MCH isolés est que les problèmes majeurs constatés dans les MCH fonctionnant sans régulation automatique sont les dommages causés aux appareils électroménagers ou d'autres équipements de travail. Ceci a des conséquences d'une part, à niveau environnemental, en réduisant la durée de vie de l'appareil; d'autre part, à niveau socio-économique, parce que les moyens économiques réduits de la population rurale rendront difficile l'achat d'un nouveau appareil et donc ils seront obligés à s'adapter à la nouvelle situation en diminuant les conditions de vie de la situation antérieure. Par ailleurs, dans le cas d'un pays comme Cuba où la difficulté de se fournir les équipements électroménagers est présente, allonger la vie utile des appareils s'avère indispensable.

-Amélioration de la disponibilité de l'électricité

Pour ce qui concerne la disponibilité on se réfère au fonctionnement sans arrêt de la microcentrale. Quand une microcentrale ne dispose pas d'une régulation automatique mais d'une régulation manuelle la régulation va se réaliser grâce à un opérateur. Donc si l'opérateur n'est pas présent et si les charges varient trop il faudra arrêter la centrale pour ne pas s'exposer aux risques déjà expliqués.⁷¹ Quelquefois il y a deux ou trois opérateurs qui se divisent le service, en supposant 12 ou 8 heures de travail respectivement. Il y a des communautés où il y n'a qu'un seul opérateur et où celui-ci ne peut pas rester toute le temps à la microcentrale, d'une part, parce qu'il n'y a pas l'argent pour le payer autant d'heures de service, d'autre part, parce qu'il ne peut pas rester tout le temps là.

71 Cfr. 4.2.3. Critères de qualité de l'électricité produite

Cette situation est arrivée dans une communauté de Santiago de Cuba, où la microcentrale ne pouvait que fonctionner pendant treize heures. Le système de régulation automatique permet le fonctionnement de la microcentrale tout le temps, sans dépendre de la disponibilité de l'opérateur, ce qui permettra aux bénéficiaires de disposer de l'électricité tout le temps. Par ailleurs, dans le cas où il y a qu'un seul opérateur ou même deux, ça diminue les heures de travail en évitant avoir un temps de travail excessif. L'amélioration de la disponibilité augmente la confiance des gens dans la technologie qui est en place et leur permet réaliser ses tâches avec la sécurité que le service ne va pas s'arrêter au milieu de la réalisation de la tâche. Quelques impacts ressortent de la disponibilité de l'électricité pendant plus d'heures:

-l'augmentation d'heures de lumière

De ce fait, on s'attend à une amélioration dans l'étude des enfants qui peuvent avoir une ambiance adéquate pour réaliser ses tâches à la maison et une amélioration dans la qualité des écoles, qui permet aux professeurs d'enseigner avec du matériel audiovisuel. Ces deux facteurs auront des bénéfices dans l'éducation des enfants. On pourra aussi constater que les petits commerces élargissent leurs horaires et même les activités sociales et communautaires pourront se développer plus favorablement. Enfin, la sécurité de la communauté augmentera.

L'éclairage est l'un des premières applications de l'électrification rurale.

-possibilités accrues de regarder la télévision

La télé est un usage très répandu de l'électrification rurale à Cuba. La télé a une très grande importance culturelle et sociale à Cuba et elle joue plusieurs fonctions: le loisir, l'accès à l'information et l'apprentissage via les programmes éducatifs. D'une part, la tradition culturelle des feuilletons est très présente dans une bonne partie de la population. D'autre part, elle permet la possibilité d'être informé en tout moment quand il y a le risque d'ouragans, ce qui rassure à la population et leur permet prendre les mesures de sécurité nécessaires.

-favorise d'autres usages socio-économiques

D'autres usages électriques tels que la radio, le réfrigérateur, le ventilateur, la machine à laver, la batteuse,... vont varier en dépendant de chaque communauté, de chaque famille en concret et de

leurs revenus et possibilités d'acquérir les appareils et bien sûr de la puissance installée de la

microcentrale. Pour ce qui concerne la cuisine même si dans la majorité de maisons cubaines, à exception de la Havane, la cuisine se fait principalement via l'électricité, grâce à un petit fourneau de 1kW, aux autocuiseurs (1kW) et aux autocuiseurs de riz (800W), cette option n'est pas généralement applicable entièrement dans les communautés que sont fournies grâce à des microcentrales isolées.

Dans les communautés rurales isolées électrifiées grâce à des MCH il faudra faire un bilan de charges et voire si l'utilisation généralisée de la cuisson électrique est possible, sinon se limiter à l'utilisation des autocuiseurs ou des autocuiseurs de riz. Ce ci dépendra de la puissance installée de la microcentrale et du nombre de bénéficiaires. Généralement, si les communautés rurales sont électrifiées avec systèmes photovoltaïques ou MCH de petite puissance la cuisson se réalise avec kérosène, bois, ou charbon, étant donné la capacité insuffisant de fournir de l'électricité pour la cuisson électrique.

Dans le cas où existe une école ou un cabinet médical ce dernier peut aussi se servir de l'électricité. Ceux-ci ne sont pas présents dans toutes les communautés. S'il y a deux communautés proches il va y avoir l'école et le cabinet dans celle qui a le plus nombre d'habitants ou celle qui a plus de capacité électrique. L'avantage de l'électricité dans les centres médicaux est surtout la possibilité d'avoir un réfrigérateur pour pouvoir conserver quelques médicaments et vaccins. Par ailleurs, la création de centres sociaux et le développement d'autres petites activités économiques peuvent être suscitée.

Souvent le manque d'usage productif signifie que la consommation de l'électricité est surtout concentrée dans les heures de pointe du soir. De ce fait, le facteur de charge (proportion moyenne de consommation du total possible de consommation) est très bas. Il est préférable que la demande soit distribuée pendant toute la journée, et ne pas travailler à un bas facteur de charge. Si la demande maximale n'atteint pas la puissance maximale de la microcentrale, on pourra encore développer quelques usages productifs ou autres activités économiques ou sociales. Les activités économiques développées à Cuba dans les zones rurales sont petits commerces (magasin, salon de coiffure, et d'autres métiers), quelques activités industrielles, comme le dépulpage du café...

5.2.3.2 Améliorations au contexte socioéconomique et environnemental

On a déjà traité de quelques aspects du contexte socioéconomique dans les apports que ce système suppose pour la Communauté. En effet, ces deux avantages que sont l'amélioration de la qualité et la disponibilité de l'électricité- vont entraîner un bon fonctionnement de la microcentrale et vont permettre de fournir un service de qualité à la population. De ce fait, l'option de la microhydroélectricité sera considérée de la part des décideurs et de la part des bénéficiaires comme

une solution que contribue à l'électrification rurale décentralisée si les conditions locales le permettent. Ainsi, cette option permettra la substitution d'autres solutions moins durables tels que les sources énergétiques conventionnelles. On traitera par la suite cet impact de substitution d'autres systèmes énergétiques.

Impact de substitution d'autres systèmes énergétiques

La régulation automatique augmente la fiabilité du fonctionnement de la microcentrale, ce qui fait augmenter les possibilités de substituer d'autres formes énergétiques qui s'utilisaient avant surtout en se référant à la cuisson d'aliments et à l'éclairage. Cette substitution a des impacts directs sur la santé et l'environnement.

-Impacts sur la santé

Les impacts sur la santé, mais étroitement liés à l'aspect environnemental, peuvent se voir reflétés par plusieurs facteurs [39] :

- l'amélioration des conditions dans les centres médicaux et la disponibilité en médicaments et vaccins ;
- meilleure santé lié à l'amélioration de l'air par la réduction de combustibles fossiles dans les usages énergétiques (éclairage, cuisine, et d'autres activités) ;
- accès aux programmes d'éducation sanitaire et nutritionnelle s qui passent à la télé ;
- amélioration de la qualité des aliments grâce au réfrigérateur.

On va se focaliser au facteur de la qualité de l'air à l'intérieur.

L'usage de combustibles solides tels que la biomasse (bois, déchets agricoles) ou le charbon, expose-spécialement les femmes et les enfants-à la pollution d'air, comme le monoxyde de charbon et des micro particules, avec de risques élevés pour la santé tels que les infections respiratoires dans

les enfants de moins de 5 ans⁷². Il y a aussi un risque d'incendie. De plus, la collection du bois, par exemple, demande beaucoup de temps pour en stocker le nécessaire pour s'en servir. Le temps de récolte du bois dépendra de s'ils ont une autre option pour cuisiner ou c'est la seule qu'utilisent. La génération d'électricité grâce à une microcentrale ou une autre SER peut permettre de diminuer la pollution de l'air à l'intérieur et de réduire le temps à dédier à l'approvisionnement du bois. Cependant, on a déjà indiqué qu'en cas de faible puissance les MCH peuvent ne pas suffire à la cuisson d'aliments. Ainsi, la puissance installée de la MCH mais aussi la quantité d'habitants qui seront fournis par la MCH permettront ou pas la substitution des systèmes de cuisson traditionnels à la cuisson via l'électricité.

À Cuba dans le cas des petites puissances, la cuisson se réalise avec cuisinières de kérosène ou cuisinières au bois ou charbon dans une moindre mesure. Selon l'expérience de Fabio Fajardo⁷³ dans les communautés rurales de la Région de Guantánamo⁷⁴ la cuisson se réalise avec des fourneaux de bois et de kérosène. Généralement, la cuisinière de kérosène, étant donné qu'ils ne disposent de quantités suffisantes, est utilisée fondamentalement pour la cuisson d'aliments pour la famille et d'autres usages qui demandent plus de temps tels que bouillir les vêtements du travail⁷⁵ ou l'alimentation pour les animaux se fait avec la cuisine du bois. Néanmoins, à Cuba ils ont développé des fourneaux améliorés qui permettent obtenir plus d'énergie en brûlant moins de biomasse et en conduisant les gaz et les fumées vers l'extérieur avec l'aide d'une cheminée de sortie des gaz ou hotte aspirante. Cette application a des impacts environnementaux et sociaux, en réduisant d'une part la consommation du bois ce qui favorise l'équilibre entre le déboisement et la reforestation, et en diminuant la quantité des gaz et fumées émis, et améliorant d'autre part la qualité de l'air à l'intérieur de la maison.

Par ailleurs, l'amélioration de la qualité de l'air intérieur est aussi conditionnée par le changement de la source d'éclairage. À Cuba l'éclairage dans les communautés qui ne sont pas électrifiées ou quand il y a une coupure ou un arrêt de fonctionnement de la microcentrale ils utilisent les lampes diesel, les lampes de kérosène, et en moindre mesure les lampes avec des batteries électriques. Les lampes de kérosène émettent des particules qui provoquent la pollution de l'air. Brûler un litre de kérosène par heure constitue un nombre de microgrammes de particules émis par mètre cube supérieur aux

72 OMS.

73 Coordinador Nacional PPD-FMAM. Programa de Energia y Medio Ambiente.

74 Guantánamo est une des régions les plus pauvres du pays, et avec un niveau d'électrification plus basse que la reste des régions.

75 Pratique qui se réalise dans les zones rurales avec les vêtements utilisées pour le travail agricole.

standards qui propose l'OMS.⁷⁶ De plus, ces particules ne se dispersent pas ce qui peut produire de concentrations beaucoup plus supérieures à le standard de l'OMS si on allume une lampe pendant quatre heures, par exemple. Ainsi, le risque de souffrir des maladies respiratoires croît avec l'exposition des microparticules. Enfin, l'usage du combustible de mauvaise qualité pour la cuisson, l'éclairage et d'autres usages provoque des effets directs sur la santé en exposant aux gens à des concentrations de petites particules bien plus élevées que les seuils annuels de pollution atmosphérique.⁷⁷

Avec un fonctionnement correct de la microcentrale grâce à la régulation, il n'arrivera pas de coupures sur le réseau, et donc les gens ne devront utiliser les autres sources d'éclairage, plus nocifs pour la santé et pour l'environnement.

-Impact direct sur l'environnement

On a déjà exposé au point antérieur les impacts négatifs pour la santé de l'usage du bois et de la biomasse agricole pour la cuisson et éclairage. Les effets sur l'environnement sont aussi à considérer. D'une part, la pollution atmosphérique à l'intérieur et à l'extérieur de logements. D'autre part, l'impact négatif lié au déboisement et au brûlage des déchets agricoles, qui pourraient servir pour d'engrais ou compostage.

En effet l'impact de substitution des sources conventionnelles, tels que les centrales au Diesel, ou le raccordement au réseau, par une technologie renouvelable, dans notre cas la microhydraulique, est à considérer. Si l'option de l'électrification rurale est un des choix conventionnels⁷⁸, à savoir étendre la ligne du SEN ou installer un groupe électrogène, ça va entraîner une augmentation de la consommation, qui augmentera les émissions de CO₂ et d'autres GES, et les impacts sur l'environnement augmenteront. Par ailleurs, la dépendance des combustibles augmentera, sans garantir la viabilité énergétique à long terme. Le choix d'une énergie renouvelable permet de générer l'énergie en supprimant les coûts de transport et en diminuant les impacts sur l'environnement. Dans le cas de se raccorder au réseau, les pertes liées aux lignes de transmission sont inévitables et le prix du kWh devienne trop cher pour les zones isolés. Si les groupes

76 The Welfare Impact of Rural Electrification : A Reassessment of the Costs and Benefits. An IEG Impact Evaluation, pg 65

77 Ppt Energie Domestique et Sante. Des combustibles pour vivre mieux. OMS.

78 Cfr. 2.2.2 Les différents voies utilisées

électrogènes existants dans les SCR génèrent l'énergie dans l'endroit de consommation, il faut transporter le combustible pour brûler et faire tourner le moteur. Par ailleurs, les impacts du brûlage de combustible ne sont pas négligeables. Les carburants fossiles utilisés dans les options conventionnelles ce sont tous de dérivés du pétrole (kérosène, diesel oil, fuel, gaz liquéfié du pétrole) résultant des différentes phases de raffinage du pétrole. Les impacts environnementaux dus à la combustion de ces combustibles libèrent différents gaz nocifs pour l'environnement et pour la santé. Le principal gaz issu de la combustion des carburants est le CO₂, qui est un GES contribuant au réchauffement climatique, mais d'autres polluants se dégagent avec la combustion en ayant des conséquences nocives pour l'environnement et la santé.

Les groupes électrogènes ce sont la combinaison d'un générateur électrique chargé de produire l'énergie électrique, qui reçoit la puissance mécanique d'un moteur de combustion interne. À Cuba il y a de groupes électrogènes fonctionnant avec du Diesel et avec du fuel, mais ce dernier a été incorporé plus tard et donc les communautés qui disposent des groupes électrogènes ce sont des groupes fonctionnant principalement avec du Diesel.

Les groupes électrogènes fonctionnant avec du Diesel ce sont de moteurs de combustion interne qui pendant son fonctionnement dégagent substances toxiques tels que les oxyde d'azote, suie, monoxyde de carbone, hydrocarbures, composants de soufre et plomb. Les impacts liés à l'usage de moteurs de combustion interne (MCI) ce sont: l'épuisement de matières premières non renouvelables; la consommation de l'O₂ que contient l'air atmosphérique; le dégagement de gaz toxiques qui sont nocifs pour l'homme, la faune, et la flore; exposition de substances qui participent à l'effet serre en contribuant à l'augmentation de la température de la planète; de plus l'émission des bruits élevés, qui dérangent la population qui est situé à proximité.

Les concentrations de NO₂ dans l'air contribuent à la formation et modification d'autres polluants, comme l'ozone ainsi que l'apparition de la pluie acide. De plus, l'exposition à long terme du NO₂ peut provoquer la diminution de la fonction pulmonaire et augmenter le risque de l'apparition de symptômes respiratoires, où les enfants et les personnes âgées sont le plus vulnérables. Le SO₂ contribue au brouillard urbain et également à l'apparition des pluies acides. Par ailleurs, les MCI contribuent à l'effet serre, avec l'émission des substances, fondamentalement le CO₂ et les oxydes d'azote, contribuant également au réchauffement climatique de la planète.

Calcul en émissions de CO₂ de l'impact de substitution

On va calculer pour notre étude de cas, le combustible équivalent épargné et la quantité de CO₂ évité, c'est à dire, la quantité de CO₂ qui aurait été rejeté à l'atmosphère si on avait utilisé cette quantité de combustible dans le cas qu'on aurait eu une source conventionnelle.

Cas 1. Si la source énergétique aurait été un groupe électrogène.

On va poser comme hypothèse que si la microcentrale fonctionne bien, la population, prenant en compte les habitudes et la façon de vivre de la population, pourrait réaliser un usage moyen de 6 heures (1 heure le matin, 1 heure la pause de midi, et 4 heures le soir), et supposons, que pendant les heures que les maisons ne demandent pas de l'électricité, on profite cette énergie pour d'autres usages productifs, disons 6 heures par jour. On obtiendra une énergie de 87,6 MWh annuelles d'énergie consommé. Un 1MWh produit via une centrale hydroélectrique équivaut à 0,2 tonnes de combustible équivalent⁷⁹ Si on aurait voulu profiter la même énergie annuelle avec un groupe électrogène, on aura eu besoin de 17,52 tonnes de combustible équivalent. De ce fait, ce dernier chiffre représente les tonnes de combustible équivalent épargné. De plus, une tonne de combustible équivalent émet 3,2 tonnes de CO₂ à l'atmosphère.⁸⁰ Les émissions évités en utilisant l'option de la microcentrale en substitution au groupe électrogène montent à 56,06 tonnes de CO₂.

Ces valeurs de combustible peuvent se référer autant au diesel qu'au fuel-oil. Le contenu de carbone de la plupart des hydrocarbures est très similaire est les chiffres d'émissions sont presque le même pour le fuel-oil, le diesel, le kérosène, l'essence et d'autres dérivés du pétrole. Les différences principales sont les propriétés physiques mais la composition chimique est très pareille. On a pris la valeur de 0,21 t/MWh en se basant sur la référence déjà mentionnée, mais selon d'autres sources et dépendant du groupe électrogène s'ils sont plus efficaces on peu atteindre une valeur un peu plus grand. Selon la référence qu'on a pris un kWh correspond à 640 g CO₂ mais selon l'ADEME ce valeur monte à 1000 g CO₂ /kWh. Ainsi, on obtiendra une valeur encore plus élevée d'émissions de CO₂ évité: 87,6 tonnes de CO₂ évité. On est conscient qu'on a pris une hypothèse de génération d'électricité qui pourrait s'envisager pour la microcentrale de Batalla Santa Clara. Il faudrait pouvoir réaliser ces calculs avec les valeurs réels constatés.

79 On a pris les mêmes facteurs de conversion que Carlos Pazo Torrado, directeur de l'entreprise d'hydroénergie, utilise dans l'article «L'hydroénergie à Cuba ».Energia y tu.

80 Idem que l'antérieur

Cas 2. Si la source énergétique aurait été le raccordement au réseau.

On a déjà parlé de l'orientation stratégique énergétique cubaine de décentralisation progressive en s'appuyant aux différents groupes électrogènes (diesel et fuel oil) repartis partout le pays, mais l'apport de la génération d'électricité via les thermoélectriques est encore dominant.

On tiendra en compte donc le facteur d'émission de CO₂ des thermoélectriques cubaines, qui a un

valeur de 0.75 tCO₂/Mwh.⁸¹ Ce qui résulte un total de 65,7 d'émissions de CO₂ qui ont été évités en utilisant l'option de la microhydraulique.

5.2.4 Impacts négatifs liés au système de régulation installé (impacts locaux)

-Dissipation de chaleur

On a déjà expliqué le fonctionnement du système de régulation au chapitre antérieur: les charges de ballast absorbent l'énergie qui n'est pas consommée par les bénéficiaires finaux pour maintenir la vitesse du groupe turbine-génératrice constant. Les charges de ballast placés à la microcentrale Batalla Santa Clara ce sont de résistances refroidies par eau. L'énergie se transforme en chaleur qui va être dissipée dans l'eau.

On n'a pas eu l'occasion de mesurer la température de l'eau de la rivière pour vérifier que la température globale de la rivière n'a pas augmenté, mais la question est posée à l'interview à Celso Davila, et ils n'ont pas constaté une augmentation de la température de la rivière. L'opérateur de la microcentrale touche l'eau, et si elle est un peu chaude, il ouvrira la vanne de la source d'eau de refroidissement pour faire passer plus d'eau. Ainsi, on considère que l'augmentation de la température globale de la rivière est négligeable. Or, une mesure de la température de l'eau de la rivière en aval et en amont pourrait s'effectuer pendant la troisième mission de retour d'expérience des techniciens belges dans les cinq sites pilotes pour corroborer cette affirmation.

⁸¹Proyecto Nacional "Generalización de experiencias y ampliación de capacidades para la planificación integral del desarrollo energético" Enero 2001

-La perte de l'énergie produite

En effet, à la microcentrale de Batalla Santa Clara, actuellement l'énergie qui n'est pas consommée se dissipe en forme de chaleur, ce qui n'est pas très efficient. Il y a deux options.

Soit, l'opérateur de la microcentrale peut réduire l'entrée du débit d'eau manuellement quand il n'y a pas beaucoup de demande en fermant un peu la vanne de la conduite d'eau et en diminuant l'entrée d'eau. Ainsi, on n'est pas obligé à travailler à plein charge si on ne consomme pas toute l'électricité générée. Cependant, la régulation du débit ne sera pas exacte, et il faudra toujours laisser un peu plus ouverte que nécessaire au cas qu'un charge se connecte dans le côté utilisateur. Soit, on valorise cette énergie perdue. Quelques solutions sont envisageables pour utiliser cette énergie excédentaire.

D'abord, il faudra réaliser une étude des usages et habitudes des bénéficiaires pendant quelque temps. Il faut évaluer la consommation d'électricité par les bénéficiaires pendant toute la journée et pendant les différents jours de la semaine et du weekend. En fonction de la demande observée pendant les différentes heures journalières, on pourra envisager un usage de l'électricité pendant les moments qu'il y a de l'énergie restante.

On a déjà parlé auparavant de la basse valeur du facteur de charge dans beaucoup de microcentrales situées en sites isolés. Ce faible taux de charge est dû à la concentration de la demande de quelques usages domestiques de base (éclairage, surtout) pendant quelques heures du soir. Pour améliorer le facteur de charge il faudra encourager de nouveaux usages de l'électricité en dehors des heures pointes. La période de principale demande dans les régions rurales est surtout le soir autour de 18-20h quand les gens rentrent à la maison et dans le cas que la cuisine se réalise avec l'électricité ça sera aussi les heures de midi et également le soir. Ainsi, en fonction de la disponibilité de l'énergie on pourrait envisager d'autres usages dans un réseau secondaire ou alternatif où moyennant un système électronique ou manuelle (via l'opérateur) qui aurait la fonction de distribuer les charges selon les priorités. Le réseau prioritaire reste le réseau existant déjà, avec lequel les bénéficiaires réalisent ses usages domestiques. Le réseau alternatif serait un réseau secondaire qui via un détecteur de sous-fréquence(ou en regardant le fréquencemètre si on le fait manuellement) quand on a une fréquence qui monte de la valeur nominale on pourra connecter ce réseau, et quand la fréquence commence à descendre, ça signifiera que le réseau principal de l'utilisateur demande de l'énergie et donc on déconnecterait le réseau alternatif.

On ne pourra pas dans le cadre de ce travail proposer une solution concrète étant donné qu'une étude détaillée de la consommation et des habitudes/comportements des bénéficiaires est indispensable. On se limitera à proposer quelques options qui devraient s'évaluer en fonction de l'étude préalable de la consommation:

-On pourrait placer des chauffe-eau de quelques kW dans les maisons et les placer de façon verticale pour mieux profiter de l'échauffement de l'eau froide (qui reste en bas). Ce permettrait de chauffer le matin, la nuit ou pendant les moments où il n'y a pas de consommation du réseau principal et de que les charges du réseau principal se déconnectent, celui-ci laissera de chauffer, mais ça permettrait déjà utiliser quelques litres d'eau chaude. Cette option aura besoin de l'investissement pour l'achat de chauffe-eau et pour l'électronique si la commande est faite de façon électronique et pour le câblage du réseau alternatif.

-Si l'investissement de la première proposition s'avère très coûteuse pour la population, on pourrait envisager un lavoir public communautaire, où les gens profitent de l'eau chaude pour laver les vêtements. Celle-ci pourrait avoir de succès si les maisons ne sont pas très dispersées, et ne sont pas loin du lavoir public.

- Une autre usage communautaire qu'on pourrait envisager est profiter l'énergie restante pour chauffer un ou plusieurs fours électriques de différentes tailles en fonction de l'énergie qu'on reçoit. Ceux-ci devraient être construits avec de matériaux bien isolés et permettant de conserver la chaleur pendant le plus long temps possible. Cette option implique une gestion de la répartition des tours d'utilisation entre les membres de la communauté. Le four pourrait s'utiliser d'abord pour faire le pain, ensuite pour les tartes. Il s'agirait lors de la descente de la température de trouver l'utilisation adaptée en fonction des besoins de chaque aliment. Les gens pourraient même ouvrir quelques petits commerces (boulangerie, pâtisserie) ou un petit restaurant, en permettant la création de nouvelles activités économiques et sources de revenu pour la communauté.

-Une autre possibilité pourrait être de pomper l'eau: soit pour les bénéficiaires; soit pour stocker l'eau dans un réservoir et quand il y a des saisons sèches on aurait de l'eau pour faire tourner la turbine. Cette dernière option ne s'avère toutefois pas très viable du point de vue de l'investissement économique qu'il faudrait investir pour la construction et de l'impact environnemental que suppose la construction du réservoir.

-Le chargement de batteries est un usage final utilisé souvent avec les pico centrales. Celui-ci pourrait s'envisager pour l'énergie restante, mais il faut prendre en compte les désavantages rencontrés: les batteries coûtent cher, elles s'usent et il faut les changer et si le chargeur n'est pas de bonne qualité les batteries ne dureront pas long temps.

-L'option consistant à valoriser l'énergie mécanique est plus compliquée à appliquer. Elle sera possible en dépendant de plusieurs facteurs: paramètres de fonctionnement de la machine à utiliser, le type d'alternateur, stabilité du réseau. De plus, on pourrait envisager d'accoupler la machine directement à l'axe de la turbine, mais souvent les moteurs électriques présentent des effets transitoires complexes qui compliquent la régulation et qui attentent contre la qualité de l'énergie générée. Quelques machines telles que la machine pour le dépulpage du café et le moulin à graines pourraient se servir de l'électricité.

En somme, il y a beaucoup des solutions et idées parmi lesquelles choisir, mais il faudra que l'option choisie soit adaptée aux conditions de la microcentrale et pertinente par rapport aux conditions de vie de la population. La solution sera donc fonction de la communauté et adoptée avec sa participation active. C'est seulement de cette façon qu'on pourra donner un meilleur usage à l'électricité antérieurement dissipée en l'utilisant pour les besoins réels de la population bénéficiaire.

-La fin de vie réduite de produits électroniques

C'est difficile donner un nombre exacte de combien de temps va durer un système de régulation. Différents opinions divergent:

Un de fabricants du régulateur JLAR dit que ça peut varier de 20 ans à 50 ans.

Le pronostic d'un ingénieur en électronique est que la durée de vie des appareils électroniques est autour des 15 ans en général, en ajoutant que souvent, la fin de vie de produits électroniques arrive soit parce qu'ils tombent en panne, soit parce qu'il y a une nouvelle génération plus performante.

Selon Celso Davila, les appareils électroniques durent égal que la reste d'équipements. Les premiers régulateurs installés au Pérou datent du 1993, et ils fonctionnent encore.

La technologie de la régulation dans les MCH est relativement nouvelle, donc, il n'y a pas de retours d'expérience qui datent de plus de 20 ans. Même si on ne sait pas donner un chiffre exacte, les conditions de température et d'humidité élevées ont évidemment des effets négatifs sur les appareils

électroniques. Ainsi, on pourrait prévoir qu'un même système utilisée à Cuba et en Belgique, durera moins à Cuba étant donné son climat tropical caractéristique. Il existe des cartes tropicalisées, dont les composants sont recouverts d'un vernis évitant que l'humidité rentre dans les pots de composants. Or, on ne pourra plus le réparer, sauf si éventuellement on réchauffe et on enlève le vernis.⁸² Les cartes électroniques qui composent le système de régulation de Batalla Santa Clara ne sont pas tropicalisées, mais le partenaire cubain pourrait commander des cartes tropicalisées par la suite si eux les préfèrent.

De toutes façons, indépendamment de la durée de vie des appareils, il faudra que le partenaire cubain soit attentif à la fin de vie des appareils et veille à que le système soit inclus dans un régime de recyclage. À Cuba quand les équipes et appareils tombent en panne et ils ne peuvent plus se réparer, les entreprises les vendent à une entreprise, nommé « Materia Prima ». Celle-ci est l'institution cubaine chargée du recyclage de composants de n'importe quel type.

5.2.5 Impacts négatifs liés à la réalisation du projet WalCubaHydro (impact global)

En étant conscients que le projet n'est pas encore fini on ne peut pas faire une évaluation d'impact global, on peut prévoir les impacts liés à la réalisation du projet, mais ça sera après la fin du projet qu'on pourrait faire une vraie étude d'impact. On va se concentrer seulement aux impacts à niveau du transport de matériel et à niveau de la mobilité de personnes d'une partie et de l'autre.

Si bien on réalise le calcul pour évaluer l'impact du transport du matériel de la Belgique à Cuba on va devoir estimer si celle-ci est vraiment nécessaire à considérer par rapport à ce qu'apporte le projet. Pendant, la première mission la quantité de matériel amené faisait un total de 15 kg.⁸³ Le transport du matériel a été fait en avion. En considérant que 1 tonne de transport par air et par km équivaut à 1120 kg émis de CO₂⁸⁴ et une distance de 7657 km entre les deux pays, on a émis 128, 637 kg d'émissions de CO₂. Néanmoins, si le projet ne se réalise pas et le système de régulation n'est pas mis en place, et que les conséquences de ne pas avoir un système de régulation déclenchent à la substitution de la source existant par un groupe électrogène, on aurait émis la même quantité de CO₂ lié au transport du matériel avec moins de trois jours de fonctionnement du groupe électrogène. De ce fait, même s'il y a un léger impact lié au transport, celui-ci s'avère

82 Suite à un discussion avec Simon Cuvelier, ingénieur civil en électromécanique

83 Cfr Annexe W. Liste du matériel complet pour l'atelier de formation

84 ADEME 2002

insignifiant et négligeable par rapport à l'apport du système de régulation et du bon fonctionnement de la microcentrale, qui permettra de considérer cette solution comme viable et qui permettra de substituer d'autres sources énergétiques beaucoup plus polluantes. Ainsi, il reste évident, que le transport qui se fera dans un futur limité aux cartes électroniques du système ou encore quelques composants si le partenaire cubain en a besoin⁸⁵, supposera un impact négligeable étant donné les impacts positifs déjà démontrés et les calculs déjà réalisés.

On peut également montrer combien suppose en émissions de CO₂ les voyages réalisés dans le cadre de ce projet et les voyages qui manquent encore pour réaliser pendant les deux dernières missions. Comptons les émissions en avion liées aux 3 voyages aller-retour de 3 personnes qui ont allé de Belgique à Cuba pendant la première mission, ajoutons 2 voyages aller-retour de 2 personnes venant de Cuba à Belgique, et en fin, ajoutons 2 voyages aller-retour de la dernière mission de retour d'expérience de Belgique à Cuba. En prenant, les données de l'ADEME: Un avion long courrier consomme 1300 litres de carburant aux 100km pour 440 sièges et un coefficient de remplissage de 80%, soit par passager: 110,2 g eq CO₂ par km. Ainsi, les voyages liés à tout le projet émettent 11,81 tonnes de CO₂ équivalent. Si on compare ce chiffre avec ce qui suppose l'épargne en tonnes de CO₂ équivalent épargné avec une seule microcentrale, par exemple celle de Batalla Santa Clara, et en reprenant les mêmes hypothèses de génération d'électricité et calculs qu'avant, ce valeur était de 56,06 ou 87,6 t CO₂ équivalent évités selon les sources. Le bilan positif de ce projet est donc clairement positif. En rappelant que le succès de ce projet n'est pas l'installation d'un ni de cinq régulateurs compris dedans le cadre du projet, sinon que la totalité de microcentrales soient fournis d'un système de régulation que permette leur bon fonctionnement et donc, l'épargne de combustible et d'émissions de CO₂ . : le bilan positif sera donc supérieur à celui démontré avec une seule microcentrale.

Bien que ces valeurs soient basées sur des hypothèses et non des constats réels, elles portent sur une situation possible et nous permettent de nous faire une idée de l'impact négligeable lié au transport du matériel et à la mobilité des techniciens.

Même si l'étude est plus qualitative que quantitative on peut conclure que le bilan est nettement positif.

⁸⁵ Le poids d'un système complet de régulation est de façon approximative 5kg.

Conclusions

Si les technologies des énergies renouvelables sont transférées avec succès et les systèmes énergétiques renouvelables intégrés de façon durable dans les pays en voie de développement, les bénéfices seront visibles via le développement durable du pays d'une part et pour l'environnement global d'autre part.

Néanmoins, il faut veiller à ce que les risques pris par les différents acteurs soient compensés par des bénéfices provenant du transfert. Si un risque est trop élevé pour un acteur, cela provoquera une barrière, sans permettre le bon déroulement du transfert. Ainsi, le transfert de technologie se verra conditionnée par le bilan entre les motivations qui poussent au bon déroulement du transfert et aux barrières qui l'empêchent. En apprenant des erreurs du passé, beaucoup de projets de transfert de technologie ont échoué dû, d'une part, au transfert de connaissances parfois insuffisant transmis au récepteur, et d'autre part, pour cause d'une technologie qui n'est pas appropriée ni adaptée aux conditions locales et qui ne répond pas ni aux besoins de la population locale ni à son environnement.

Pour vaincre la première barrière, le projet WalCubaHydro a basé la totalité de la première mission à la formation des techniciens cubains d'abord au principe de fonctionnement, et à l'assemblage, la maintenance et le dépannage du système ensuite. Même si l'acquisition des compétences théoriques a été démontrée pendant la formation pratique, les habilités et l'expérience s'atteindront avec la pratique et au fur et à mesure de la fabrication progressive de ces systèmes. Même si le projet n'est pas encore arrivé à sa fin, il est bien orienté à compléter les connaissances pour que le partenaire cubain soit autonome.

Pour vaincre la deuxième, un premier projet pilote a été mis en place avant de proposer cette collaboration à l'assemblage des systèmes de régulation. Ce premier projet a démontré que la technologie est adéquate pour résoudre le problème des microcentrales hydroélectriques fonctionnant en réseau isolée à Cuba, du à leur prestance et à son faible coût. Par ailleurs, cette option permet de fournir un service de qualité à la Communauté. Cette amélioration du service augmente autant la qualité de l'électricité fournie que la disponibilité de l'électricité. L'amélioration

du service permet également:

-L'augmentation de la durée de vie des appareils électroménagers et d'autres équipements électriques. Cet aspect a une conséquence socioéconomique très forte, étant donné les faibles revenus de la population rurale et la difficulté à acquérir des équipements nouveaux. À ce dernier, s'ajoute la difficulté au niveau national d'acquérir quelques produits électriques disponibles dans le marché international.

-L'amélioration du contexte socioéconomique et environnemental. En effet, l'impact de substitution de la source d'éclairage et de la cuisson a des impacts positifs pour la santé et pour l'environnement, en améliorant les conditions de vie de la population.

En outre, il faut souligner l'importance de la qualité des services fournis à la population. Ainsi, si bien les énergies renouvelables ont démontré être une bonne option pour l'électrification rurale, il y a des limites, comme l'intermittence de fonctionnement. Il faut remarquer l'importance de fournir un service avec le maximum de disponibilité et de qualité, en exploitant le meilleur fonctionnement de la microcentrale afin de diminuer la différence entre cette option et celle fournie par le réseau. Or, la population rurale se niera à cette option en préférant attendre à se raccorder au réseau avec des meilleures conditions de service. Par ailleurs, l'amélioration du service fourni contribue à diminuer la différence entre les conditions de vie de la zone urbaine et celles de la zone rurale, ayant par conséquence la diminution de l'exode rurale.

L'installation d'un système de régulation permet d'exploiter la microcentrale de façon plus efficace et de fournir un meilleur service. Ainsi, la motivation à opter pour cette option si les conditions de la zone le permettent augmentera, en évitant les impacts des options conventionnels plus polluants, tels que les groupes électrogènes ou le raccordement au réseau. De ce fait, on évitera émettre à l'atmosphère du CO² et d'autres gazes, qui contribuent à la dégradation de l'environnement et au réchauffement climatique.

L'évaluation de la première mission de ce projet de transfert de technologie est estimée comme positive, mais le succès du projet n'est pas seulement dû à l'assemblage des cinq sites inclus dans le projet mais plutôt à la mise en place d'une solution à la régulation adaptée au contexte hydroélectrique cubain. Cette technologie semble être adaptée au contexte hydroélectrique cubain, mais il faut encore envisager que la totalité des microcentrales de Cuba puissent se bénéficier d'un

tel système. À cette fin, le partenaire cubain, récepteur de la technologie, a investi à la création future d'un atelier d'assemblage de régulateurs qui permettra de répondre à la demande existante.

Ce projet a permis : d'abord, d'évaluer l'installation d'une technologie wallonne à Cuba ; ensuite de valider la technologie appliquée ; enfin, de lancer une proposition de collaboration au transfert de technologie. Il faudra encore la diffuser et l'appliquer de façon généralisée à la totalité des microcentrales existantes à Cuba en régime isolée.

La barrière financière à Cuba est présente et les projets de coopération permettent de démontrer la faisabilité de l'introduction de la technologie. Si la technologie s'avère être la plus pertinente, le Gouvernement prendra en charge l'investissement pour sa « reproduction ». D'ailleurs, il y a beaucoup d'investigations à Cuba qui restent dans le cadre théorique faute de moyens pour les exécuter. Un atout qui permet de faciliter le transfert de la technologie est le capital humain dont dispose Cuba.

Enfin, il s'avère indispensable de veiller à ce que le bilan entre motivations et barrières soit nettement positif, et que les risques pour les acteurs soient compensés par les récompenses qu'ils obtiennent de leurs investissements.

Un risque qui pourrait s'envisager est la dépendance technologique du partenaire cubain par rapport à la technologie wallonne. En effet, même si le pays récepteur réalise l'assemblage, l'installation, la maintenance et le dépannage du système de régulation, les composantes principales des régulateurs sont fournis par le partenaire belge. Jusqu'à ce moment, les deux parties s'avèrent intéressées à créer une entreprise mixte où l'entreprise belge reste le fournisseur des cartes électroniques et l'entreprise cubaine se charge de l'assemblage et de l'installation des systèmes dans leurs microcentrales.

Il n'empêche que le partenaire cubain pourrait envisager plus tard la production propre des cartes électroniques pour assurer son indépendance technologique et pour éviter que la montée des taxes d'importation augmente le prix du matériel importé. Cependant, s'agissant du domaine électronique, il faudra toujours importer différents composants pour la fabrication des cartes électroniques, et il se pourrait que le partenaire cubain préfère continuer à importer les cartes électroniques de la Belgique. Jusqu'à ce moment, le partenaire belge a partagé sa technologie et a réalisé un transfert des connaissances et de savoir-faire du fonctionnement de leur système, mais, est-il prêt à partager ce plus s'il est demandé par le partenaire cubain? Ne faudrait-il pas un vrai contrat de transfert de

technologie qui inclut les droits de propriété intellectuelle? Est-ce que les risques pour le partenaire belge ne seront pas trop élevés si un contrat de ce type n'est pas réalisé? Finalement pourrait-on envisager une recherche commune des deux parties pour l'amélioration de la technologie déjà créée par le partenaire belge? Le débat est ouvert.

Finalement, ce seront les deux parties qui feront un bilan des risques et des bénéfices qu'obtiendront et décideront en conséquence. On espère que cela aboutira à un accord convenable pour les deux parties.

Limitations

On a rencontré plusieurs limitations. On les expose par la suite:

D'abord, le fait de réaliser une évaluation d'impact à mi-projet. Pour pouvoir réaliser une étude d'impact d'un projet il faut que quelques années aient passé pour pouvoir observer l'évolution de la situation. Ici on a réalisé l'impact de la première mission, et on a plutôt évalué de façon qualitative ce qu'on envisageait comme impact en se basant sur des hypothèses.

Ensuite, la difficulté de réaliser une évaluation à distance, avec les complications que cela implique. D'une part, la difficulté de se communiquer avec le partenaire cubain, et d'autre part, l'impossibilité d'introduire la perspective d'acteurs dans l'appréciation de l'impact.

En outre, s'agissant d'un sujet très spécifique: *transfert de la régulation électronique dans les microcentrales isolés d'un pays du Sud*, on a eu beaucoup de difficultés à trouver de l'information de cas similaires voir analogues. On en a trouvé seulement un, celui du Pérou.

Bien qu'il y a beaucoup de projets de transferts de technologie, ils sont surtout appliqués dans le secteur de l'eau et des solutions énergétiques d'électrification complètes. Néanmoins, celui de notre cas d'étude est le transfert de la technologie d'un élément constitutif de la microcentrale. De ce fait, la création d'une méthodologie propre à l'évaluation de l'impact du transfert s'est avéré plus compliqué, sans aucune comparaison existante de cas semblants.

Enfin, la difficulté de travailler sans des données concrètes, nous a amené à choisir une approche analytique qualitative. S'agissant d'un sujet stratégique pour l'état cubain, la difficulté d'accès à certaines informations sur les aspects énergétiques à Cuba a été constante. Par ailleurs, le manque de données sur les statistiques de consommation ou sur les dégâts d'appareils électriques dans les communautés, a rendu impossible la réalisation d'une analyse quantitative.

Il s'avère intéressant de pouvoir réaliser une analyse quantitative sur base des données existantes dans un travail futur. Également, il s'avère nécessaire de réaliser une analyse d'impact après que le projet ait pris fin pour évaluer les impacts réels perçus au niveau environnemental et au niveau socioéconomique. Les enquêtes proposées dans le cadre de ce travail pourraient amener à une première introduction de la perspective d'acteurs dans l'appréciation d'impacts.

Glossaire :

SEN : Système électrique National

ER : Energie Renouvelable

SER : Source d'Energie Renouvelable

AIDH : Asociacion de Investigaciones y Desarrollo Hidroenergetico - Secteur de Recherche et Développement d'Hydroénergie (Cuba)

SIME : Ministère de l'industrie métallurgique, mécanique et électronique (Cuba)

UCLV : Institut National de Ressources Hydrauliques et l'université Central de las Villas

CAME : Conseil d'aide Mutuelle Economique

EST : Environmentally Sound Technologies

PVD : Pays en Voie de Développement

MDP : les mécanismes de développement propre.

GES :Gaz à Effet de Serre

AFOM : Atouts-Faiblesses-Opportunités-Menaces

MINCEX : Ministère de Commerce Extérieur

MINVEC : Ministère de l'investissement étranger et de la coopération économique

MEP : Ministère d'Économie et Planification

MINREX : Ministère de Relations Extérieurs

MINAZ : Ministère du Sucre

MINAGRI :Ministère de l'Agriculture

CITMA : Ministère des Sciences, Technologie et Environnement

MICONS : Ministère de la Construction

MINBAS : Ministère de l'Industrie Basique

SIME : Ministère de Sidérométallurgie

MES : Ministères d'Éducation Supérieur

INRH : Institut National de Ressources Hydrauliques

CITMA : Ministère des Sciences, technologies et de l'environnement

MINBAS : Ministère de Base (Cuba)

APERe : Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables

CETA : centre d'études d'énergie thermique sucrière

DGRE :Direction Générale des Relations Extérieures / Division des Relations Internes

DRI : Division des Relations Internationales de la Région wallonne (Belgique)

MCH : MicroCentrales Hydroélectriques

ERD : Électrification Rurale Décentralisée

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

SCR : Système Communautaire Rurale

MCI : Moteur à combustion interne

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

JV: Joint Venture: Groupement par lequel au moins deux personnes ou entités s'associent selon des modalités diverses dans le but de réaliser un projet particulier tout en mettant leurs connaissances, leurs technologies ou leurs ressources en commun et en partageant les risques et les bénéfices.

Bibliographie

1. ONE , site de l'Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, <http://www.one.cu/>, août 2009
2. CubAgua, site de l'Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, <http://www.hidro.cu/>, août 2009
3. CUBAENERGIA, Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía, <http://www.cubaenergia.cu/>, août 2009
4. ONE, *Inventario Nacional de Fuentes de Energía Renovable*, Dirección de Industria, Oficina Nacional de Estadística, Enero-Diciembre 2008, Edición Mayo 2009
5. ONE, *Inventario Nacional de Fuentes de Energía Renovable*, Dirección de Industria, Oficina Nacional de Estadística, Enero-Diciembre 2007, Edición Mayo 2008
6. PÉREZ D., LÓPEZ ILEANA, *Cuban renewable energy status and future trends*, Information Management and Energy Development Centre, Cubaenergia, 2005
7. SUAREZ J.A., BEATON. P.A., *Estado y perspectivas de las energías renovables en Cuba*, Tecnología Química Vol.XXVII N°3 2007
8. BARAV D., *Off the Grid in Cuba: Renewable Energy on a Budget*. World Security Institut, Cuba Project, June 2008
9. TURRINI, E., *El camino del Sol. Un desafío para la humanidad en el tercer milenio. Una esperanza para los países del Sur*. Editorial CUBASOLAR, 2006, ISBN 959-7113-17-1
10. OLALDE. R., LUGO M., MOREANO E., SOTELO. P., PEDROSO. I., *Results of the audit related with hydroenergy plants in the country "Villa Clara" Cuba*, Projet WalCubaHydro, 2006, Santa Clara, Cuba
11. ARMAS M., *La generación descentralizada*, Energía y Tú, CUBASOLAR, N°
12. *Las fuentes renovables de energía en Cuba, Consideraciones sobre el desarrollo histórico del uso de las fuentes renovables de energía, a partir del triunfo de la Revolución Cubana*, Energía y Tu, CUBASOLAR, N°22, abril-junio 2003
13. BERRIZ L., MADRUGA E., *Cuba y las Fuentes renovables de energía*, CUBASOLAR, quatrième édition, 2000, consultable sur le site du CUBASOLAR, <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/fre.htm>, juin 2009
14. Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía, consultable sur le site du CUBASOLAR, <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/programa.htm>, juillet 2009
15. PAZO. C.M., *La hidroenergía en Cuba*, Energía y tú, CUBASOLAR, N°38, junio 2007
16. *Situación de los recursos hídricos en Cuba*, Energía y Tu, CUBASOLAR, N°30, abril-junio 2005
17. OLALDE. F., *Situation de la petite hydroélectricité à Cuba en 2000*, CETA, texte rédigé dans le cadre du projet Carribean Renewable Energy Development
18. VELO E., SNEIJ J., DELCLOS J., *Energía, participación y sostenibilidad, tecnología para el desarrollo humano*, Ingeniería Sin Fronteras, febrero 2006, ISBN 84-609-9452-X
19. GOUVELLO C., MAIGNE Y., *L'électrification Rurale Décentralisée, Une chance pour les hommes, des techniques pour la planète*, Systèmes solaires, décembre 2000, ISBN 2-913620-06-X
20. La electrificación rural en Cuba. Experiencias y perspectivas de desarrollo, consultable sur le site du RedSolar, <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energizacion/pagina01.htm>, juillet 2009
21. ALTSHULER J., *Etapas de la electrificación en Cuba*, Energía y Tú, CUBASOLAR
22. Madruga E., *Energización Rural*, Energía y tú, CUBASOLAR

23. HARVEY A., BROWN A., HETTIARACHI P., INVERSIN A., *Micro-Hydro Design Manual, A guide to small-scale water power schemes*, Intermediate Technology Publications, 1993, ISBN 1-85339-103-4
24. ADEME, *Guide pour le montage de projets de petite hydroélectricité*, Editions Rouland, mars 2003
25. RETScreen International, *Analyse de projets de petite centrale hydroélectrique*, RETScreen International, 2004, ISBN 0-662-75476-X
26. ESHA, *Small Hydropower for developing countries*,
27. ITDG, *Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidráulicas*, Soluciones Prácticas ITDG, 2008, ISBN 978-997247-148-3
28. ITDG, *Manual de mini y microcentrales hidráulicas, Una guía para el desarrollo de proyectos*, Intermediate Technology Publications, 1995, ISBN 1 85339278
29. CUVELIER S., *Transfert technologique hydroélectrique en vue de l'électrification d'une communauté rurale cubaine*, Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Libre de Bruxelles, MFE 2006
30. WILWINS G., *Technology Transfer for Renewable Energy, Overcoming barriers in developing countries*, Earthscan Publications, 2002, ISBN 1 85383 753 9
31. VAN DER STRAATEN J., *Technology Transfer and Development, A contribution to policy making*, TOOL Foundation, 1992, ISBN 90 70857 24 3
32. BEAUFORT. D, ROGGEMANS J., SCHMITZ J.L., VAN NYPELSEER. J.M., *Technologie appropriée : concept et transfert*, COTA asbl, N.S.T. vol 12, numéro 2, 1994, pp.51-64
33. SCHEUTZLICH. T., MENKE C., HEADLEY O., HINDS W., WRIGHT R., ASHBY R., WHITTINGHAM W., OLALDE R., *Consultancy service for the Caribbean Renewable Energy Development Project (CREDP), Final Report, Barrière Assessment and Project Proposal*, Caribbean Energy Information System, January 2000
34. TEUN VISSCHER J., *Facilitating Community Water Supply, From Transferring Filtration technology to multi-stakeholder learning*, IRC International Water and Sanitation Centre Delft, the Netherlands, 2006
35. LESS C., MCMILLAN S., *Achieving the Successful Transfer of Environmentally Sound Technologies, Trade-related aspects*, OCDE Trade and Environnement Working Papers 2005
36. SENÓN F., SÁNCHEZ J., *Cocinas eficientes*, Energia y Tu, CUBASOLAR
37. ROQUE P., *Guía para determinar el consumo de energía eléctrica*, Energia y Tú, N°33, marzo 2006.
38. *Estudian impacto de grupos electrógenos*, Economics Press Services, 16/08
39. The World Bank, *The Welfare Impact of Rural Electrification, A Reassessment of the Costs and Benefits, An IEG Impact Evaluation*, The World Bank, 2008, ISBN-13:978-0-8213-7367-5
40. OMS, *Énergie domestique et santé, des combustibles pour vivre mieux*, OMS, 2007, ISBN 978 924 2563160
41. MATLY. M., *La question du facteur de charge, Vers des partenariats innovants entre les sociétés d'électricité et les grandes mesures d'équipement électrique*, MARGE
42. KURTZ V., BOTTERON F., *Cargador de acumuladores con generador a inducción*, Anales del XII Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XII ELPAH, 2006.
43. KURTZ V., BOTTERON F., *Alternativa para el Control de Cargas de Balasto*, Anales del XI encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH, noviembre 2005.

44. KURTZ V., ANOCIBAR H., *Sistema mixto para el control de la generación en microcentrales hidroeléctricas*, Anales del XI encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH, noviembre 2005.
45. DESCROIX S., LELOUP C., *Organiser l'évaluation d'une action de développement dans le Sud, un guide pour les ONG du Nord*, COTA asbl, janvier 2002, Hors Serie N°2, ISSN 1377-8331
46. LAMBERT A., HADJAJ H., *Introduire la perspective d'acteurs dans l'appréciation d'impact*, COTA asbl, Hors Série N°7, 2007.
47. LEDANT. JP., *Comment évaluer un projet ?*, Adg, mars 2003
48. LEDANT. JP., *Comment concevoir un projet ?*, Adg, janvier 2004

ANNEXES

- Annexe A. Évolution des lignes d'action sur le développement des ER du Programme pour le Développement des Ressources Énergétiques Nationales. [pg2]**
- Annexe B. Puissance installé par type de plante de génération électrique de 1958 au 2007.[pg5]**
- Annexe C. Génération brute d'électricité par tipe de plante de génération électrique [pg6]**
- Annexe D. Tableaux SER 2009 [pg7]**
- Annexe E. Développement des SER pendant l'année 2008 [pg10]**
- Annexe F. Tableau de la distribution des centrales par provinces et la génération produite jusqu'à mai 2008. [pg 13]**
- Annexe G. Propositions de développement de l'hydro énergie à Cuba [pg 14]**
- Annexe H. Développement de l'évolution de la stratégie cubaine à partir de 1959 [pg 15]**
- Annexe I. La Révolution Énergétique Cubaine [pg 19]**
- Annexe J. Différents modèles du transfert de technologies [pg 20]**
- Annexe K. Évolution de la coopération entre la Région Wallonne et la République de Cuba [pg 21]**
- Annexe L. Partenaires [pg 27]**
- Annexe LL. Termes de Référence [pg 28]**
- Annexe M. Cadre logique et Chronogramme prévisionnel WalCubaHydro [pg 33]**
- Annexe N. JLAR-ELC DataSheet. Prixes JLAR-ELC [pg 40]**
- Annexe Ñ Rapport technique du fonctionnement du régulateur [pg 43]**
- Annexe O. Document de légalisation et protocole. [pg 44]**
- Annexe P. Fiche technique microcentrale Batalla Santa Clara (ou Guanayara) [pg 46]**
- Annexe Q. Questionnaire [pg 47]**
- Annexe R. Rapport de la mission des techniciens belges [pg 53]**
- Annexe S. Liste de participants [pg 62]**
- Annexe T. Programme de l'atelier de formation [pg 63]**
- Annexe U. Traitement de réponses de l'enquête d'évaluation réalisé aux participants à l'atelier [pg 64]**
- Annexe V. Opinions des participants à l'atelier et de l'opérateur le dernier jour de travail pratique à Batalla Santa Clara. Retour d'expérience. [pg 66]**
- Annexe W. Liste du matériel complet pour l'atelier de formation [pg 69]**

Annexe A. Évolution des lignes d'action sur le développement des ER du Programme pour le Développement des Ressources Énergétiques Nationales [1], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [13]

Après la crise des années 90, la biomasse du sucre de canne a souffert d'une diminution due à la réduction des cultures de cannes à sucre et de la chute des prix du sucre sur le marché mondial. C'est pourquoi la plupart de raffineries de sucre ont arrêté de fonctionner en 2002. Ainsi, la productivité diminue de 1990 à 2002 de 1,7 point et la cogénération d'électricité passe d'un apport de 9,6% au 6 %.

Pourtant, la biomasse a joué un rôle très important traditionnellement. Pendant des décennies, 156 engins sucriers ont brûlé les déchets de la tige de la canne en chaudières de vapeur pour fournir l'énergie nécessaire pour les opérations des engins. Le procédé n'était pas très efficace. Ils brûlaient plus de bagasse que nécessaire, ce qui constituait une façon de supprimer les résidus.

Toutefois, l'efficacité a crû et est passée de 20kWh par tonne de sucre écrasé (tse) en 1993 au 32 kWh/tse en 2004.

Aujourd'hui à Cuba, 50 engins sont en opération, approximativement.

La bagasse est un déchet fibreux qui est produit après que la canne ait été moulue et représente 23% du poids total de la canne. La production de bagasse en 2006 était d'environ 2,6 millions de tonnes sur un total de culture de canne de 11,4 millions de tonnes.

L'usage de la bagasse est la production de vapeur qui permet satisfaire les besoins énergétiques des centrales et celle restante pour la génération d'électricité. La production annuelle d'électricité grâce à la bagasse a varié de 994,2 GWh l'année 2000 à 788,6 GWh en 2004 et 411,3 GWh en 2007.[1]

La paille de la canne a un pouvoir calorifique de 17 MJ/kg, est énergétiquement semblable à la bagasse et représente 3% du poids de la canne coupée, mais dû à sa forme allongée, à sa faible densité, et au contenu élevé de cendres (9,3%), son utilisation est difficile. Seulement une partie est brûlée en chaudières de vapeur et le reste sans utilité énergétique est brûlé à l'extérieur ce qui cause un problème environnemental.

La mélasse représente un tiers du poids du sucre produit à la centrale et son dépôt et élimination constitue un gros problème. Néanmoins, elle possède des propriétés intéressantes pour la production d'éthanol, qui pourrait être utilisé comme biocarburant.

Actuellement, à Cuba, 18 distilleries d'alcool fonctionnent avec une capacité de production de 100 millions de litres par an, utilisant la mélasse comme matière première.

En ce qui concerne l'évolution de l'hydroénergie nous avons développé cette partie à la fin pour l'approfondir un peu plus, étant donné que c'est dans ce domaine que s'inscrit notre étude de cas.

Le principal usage de l'énergie éolienne est en moulins à vent pour pomper l'eau pour l'irrigation. Cet usage existe depuis le début de 1900 quand différentes éoliennes de pompage ont été installées dans les zones agricoles de Camaguey et à l'est de l'île. Elles furent installées chez les agriculteurs privés et les coopératives.

Actuellement, il y a plus de 8521 éoliennes de pompage installées à Cuba. Chacune permettait en moyenne une économie d'1 tep par an. Or, toutes ne se trouvent en état de fonctionnement du fait de la détérioration et du manque de maintenance, de réparation et de pièces de rechange.

Le gouvernement a également investi dans plusieurs parcs éoliens de grande échelle. Les premiers aérogénérateurs ont été installés à l'île de Turiguanó (province Ciego de Ávila) en 1999, avec deux turbines de 225kW chacune. Ensuite, deux autres ont été inaugurés. Un qui est localisé à l'île de la Jeunesse et qui fonctionne depuis février 2007 avec six turbines de 275 kW chacune, et avec une capacité installée de 1,5 MW. L'autre, le plus grand, Gibara I, se situe à Holguín et est constitué de six turbines de 850 kW, avec une capacité totale de 5,1 MW. Il a produit l'équivalent de 220 tep pendant son premier mois de fonctionnement. En résumé, il y a 3 parcs éoliens et 113 aérogénérateurs comptabilisés en 2008.

Pour ce qui concerne l'énergie solaire, Cuba est très bien placée au niveau du gisement solaire. La moyenne solaire annuelle cubaine est de 1700 heures et la radiation solaire est de 5,5 kWh/m²

L'usage de la radiation solaire pour produire chaleur et énergie électrique augmente de plus en plus à Cuba avec l'installation de dispositifs photovoltaïques en zones rurales et de montagne du pays. Ce sont de zones où le réseau du SEN reste inaccessible. Aussi, ils les ont installés dans les secteurs prioritaires pour développer des activités touristiques.

Depuis 1992, Cuba a produit et distribué plus de 400 capteurs solaires thermiques. Entre 1982 et 1991 ont été produits et installés 13.252 chauffe-eau solaires dans différentes institutions, telles qu'hôpitaux, hôtels, écoles, et jardins d'enfants. Ceux-ci sont progressivement tombés en panne à cause de déficiences et du manque de maintenance des équipements.

Après, 3.991 chauffe-eau solaires de type réticulaire plat ont été importés et assemblés. Parmi ceux-ci, 2.638 ont été installés dans le secteur du tourisme, permettant une économie de 5700 MWh/an.

Cuba dépense entre 529 et 791 GWh/an pour chauffer l'eau. Ceci représente de 4,5 à 7 % de la génération annuelle d'électricité. La consommation se concentre surtout aux heures pointes, lorsque

la plupart de la population prend sa douche ou cuisine.

Aussi, pendant les années 2000 et 2001 le gouvernement a implémenté un programme d'électrification rurale via l'installation de panneaux photovoltaïques. À la fin de 2002, la puissance installée des systèmes photovoltaïques autonomes (5.318 systèmes PV) avec des batteries était de 1,5 MWp (Wp-Watt peak).

En 2007, il y avait 7.700 modules qui avaient été électrifiés avec des panneaux photovoltaïques, avec une puissance installée autour de 3 MW.

Le séchage solaire est une autre application de l'énergie solaire qui a un fort intérêt à se développer à Cuba. Celle-ci est une des technologies renouvelables la plus ancienne du pays et elle est utilisée pour sécher le bois, le café, le tabac, les grains et les plantes aromatiques.

Pendant les deux dernières décennies, différents modèles et technologies ont été développés et appliqués. Douze séchoirs solaires multifonctions (modèle SecSol) se sont développés, construits, et ont été évalués avec des puissances de 150, 270 et 405 m³/an.

L'usage de l'énergie passive dans le bâtiment n'est pas développé à Cuba.

Les déchets ne s'utilisent pas vraiment. Les unités de biogaz ont été installées surtout dans les zones rurales où le combustible utilisé est le bois et où la difficulté de fournir d'autres combustibles est présente. Les centrales de biogaz les plus grandes fonctionnent avec les déchets du sucre de canne. Les déchets urbains ne sont pas encore utilisés pour profiter l'énergie.

Il y a 186 digesteurs de biogaz en fonctionnement appartenant à l'état, mais le numéro de digesteurs des particuliers est beaucoup plus grand. Ainsi, Cuba a 500 installations de biogaz; d'où 323 sont exploités dans des maisons et institutions publiques pour la cuisson d'aliments, avec une capacité installée de 900 tep par an, selon des données de l'année 2005.

Annexe B. Puissance installé par type de plante de génération électrique de 1958 au 2007. [1]

10.21 - Potencia instalada en plantas eléctricas por tipo / Installed capacity in each of the generation plants

									Megawatt
									Plantas de servicio público
									Otras
									Generación
									Térmica (b)
									Grupos electrógenos
									Plantas Diesel
									Tecnología Nueva
									Hidro-eléctricas
									Termo-eléctricas
									Turbinas de gas (a)
AÑOS	Total	Total	eléctricas	de gas (a)	Diesel	Nueva	eléctricas	Térmica (b)	
1958	397.1	397.1	349.2	-	46.1	-	1.8	...	
1970	885.5	885.5	830.6	-	10.1	-	44.8	...	
1980	2 731.4	2 210.7	1 956.2	141.6	66.9	-	46.0	520.7	
1990	4 077.9	3 252.5	3 043.5	120.0	40.2	-	48.8	825.4	
2000	4 286.5	3 436.6	3 064.5	240.0	74.7	-	57.4	849.9	
2001	4 410.9	3 506.5	3 161.4	213.0	74.7	-	57.4	904.4	
2002	3 959.6	3 387,2 (c)	3 040.0	213.0	76.8	-	57.4	571.9	
2003	3 965.0	3 302.2	2 880.0	288.0	76.8	-	57.4	662.3	
2004	3,763.5	3 303.2	2 880.0	288.0	76.7	-	58.5	459.8	
2005	4,275.1	3 597.5	2 940.0	315.0	65.2	229.1	48.2	677.1	
2006	5,176.0	4 730.0	2 940.0	405.0	68.6	1 268.2	48.2	445.5	
2007	5,429.4	4 882.9	2 901.4	426.7	70.2	1 443.7	40.9	546.5	

(a) A partir de 1998 se incluye la potencia instalada de Energas S.A.

(b) Incluye autoprodutores de los Ministerios de las Industrias Básica y Azucarera.

(c) A partir del 2002 se incluye 0,5 MWV de potencia instalada correspondiente al Parque Eólico de la Isla de Turiguanó.

Fuente: Uniones Eléctrica y del Níquel, y Ministerio de la Industria Azucarera.

Annexe C. Génération brute d'électricité par type de plante de génération électrique [1]

10.18 - Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora
Gross electricity output per each generation plant

Gigawatt hora

AÑOS	Generación térmica			Grupos Electrógenos			Renovables	
	Total	Termo-eléctricas	Otras (a)	Turbinas de gas (b)	Interconectados al sistema (c)	Aislados	Hidro-eléctricas	Otras (d)
1958	2,550.4	1,692.2	790.0		57.7	-	10.5	-
1970	4,888.5	3,416.0	1,279.1	-	2.0	100.7	90.7	-
1980	9,989.6	8,407.6	1,310.1	47.4	2.1	125.3	97.1	-
1990	15,024.7	13,016.2	1,778.5	23.9	-	115.2	90.9	-
2000	15,032.2	12,185.3	1,301.2	1,307.4	-	149.3	89.0	-
2001	15,299.8	12,520.8	1,287.3	1,257.5	-	159.2	75.0	-
2002	15,698.8	12,877.5	1,335.2	1,222.9	-	156.5	106.4	0.3
2003	15,810.5	12,806.2	1,096.5	1,611.0	-	168.7	127.7	0.4
2004	15,633.7	12,335.6	1,160.3	1,871.2	-	178.6	87.6	0.4
2005	15,341.1	12,325.9	802.2	1,937.2	20.1	187.9	67.7	0.1
2006	16,468.4	11,672.3	775.8	2,233.2	1,500.6	192.7	93.5	0.3
2007	17,621.0	11,099.4	777.7	2,493.3	2,917.4	211.6	121.4	0.2

(a) Corresponde a los Autoproductores.

(b) A partir de 1998 se incluye la generación bruta de Energas S.A.

(c) Incluye a partir del año 2005, los grupos electrógenos de actual tecnología.

(d) Incluye la generación del Parque Eólico de la Isla de Turiguanó y dispositivos fotovoltaicos.

Fuente: Unión Eléctrica y Oficina Nacional de Estadísticas.

Annexe D. Tableaux SER 2009 [3]

Tableau 1. Énergie obtenue par SER par provinces

ANEXOS. Tabla 1. Energía obtenida por las fuentes renovables por provincias

CONCEPTO	Total de Energía obtenida	Energía obtenida de la biomasa	Toneladas equivalentes de petróleo		
			Energía Obtenida por los Dispositivos		
			Total	Hidro-eléctricas	Resto
Cuba	1 065 297,4	1 037 309,6	27 987,8	11 894,6	16 093,2
Pinar del Río	69 187,0	68 017,1	1 169,9	64,4	1 105,5
La Habana	62 600,4	62 510,8	89,6	-	89,6
Ciudad de la Habana	63,2	0,6	62,6	-	62,6
Matanzas	64 216,6	63 529,0	687,6	-	687,6
Villa Clara	105 822,9	104 002,5	1 820,4	93,3	1 727,1
Cienfuegos	96 649,2	87 969,6	8 679,6	8 006,2	673,4
Sancti Spiritus	65 833,3	63 024,2	2 809,1	14,9	2 794,2
Ciego de Ávila	66 462,0	64 059,2	2 402,8	421,9	1 980,9
Camagüey	95 332,6	93 789,3	1 543,3	-	1 543,3
Las Tunas	160 821,3	160 316,4	504,9	-	504,9
Holguín	48 778,9	46 753,9	2 025,0	-	2 025,0
Granma	57 871,5	55 344,7	2 526,9	1 408,9	1 118,0
Santiago de Cuba	140 456,4	138 521,6	1 934,8	1 073,4	861,4
Guantánamo	30 099,9	29 073,2	1 026,7	811,7	215,0
Isla de la Juventud	1 102,2	397,5	704,7	-	704,7

Tableau 2. Production et disponibilité de la Biomasse

2. Producción y disponibilidad de la Biomasa

CONCEPTO	Disponibilidad					Producción
	Bagazo de caña	Serrín de madera	Cáscara de arroz	Desechos de café	Desechos forestales	Toneladas
						Miles de m ³
Cuba	3 863 307,0	2 347,8	2 190,5	8 193,5	74 730,0	1 286 235,1
Pinar del Río	144 542,0	1 500,0	650,0	4,1	720,0	257 334,8
La Habana	250 989,0	-	-	-	6 541,9	47 651,3
Ciudad de la Habana	-	-	-	-	6,1	-
Matanzas	234 925,0	-	-	-	-	85 020,2
Villa Clara	447 225,0	-	-	-	-	40 634,2
Cienfuegos	373 049,0	-	-	20,0	32,8	42 543,3
Sancti Spiritus	240 157,0	-	520,0	137,0	-	72 264,3
Ciego de Ávila	256 777,0	-	-	-	-	54 388,1
Camagüey	394 480,0	-	-	-	-	50 510,5
Las Tunas	670 576,0	-	-	-	-	92 182,1
Holguín	148 857,0	-	-	-	-	100 273,8
Granma	206 572,0	34,7	1 020,5	60,4	-	69 752,7
Santiago de Cuba	439 610,0	356,3	-	5 144,1	7 103,2	297 698,7
Guantánamo	55 548,0	456,8	-	2 827,9	60 326,0	73 139,9
Isla de la Juventud	-	-	-	-	-	2 841,3

(a) No se incluye la leña utilizada por el Sector Privado

Tableau 4. Dispositifs installés

5. Dispositivos instalados

CONCEPTO	Total	Unidad				
		Molinos de viento	Digestores de Biogás	Plantas de Biogás	Malacates	Arietes hidráulicos
Cuba	18 997	8 521	186	36	45	182
Pinar del Río	1 278	215	4	-	-	-
La Habana	293	81	24	-	24	-
Ciudad de la Habana	350	7	3	-	-	-
Matanzas	1 191	437	89	-	-	-
Villa Clara	1 052	788	3	16	-	50
Cienfuegos	1 661	1 093	14	-	-	88
Sancti Spíritus	1 227	818	17	17	-	-
Ciego de Ávila	703	730	9	-	-	-
Camagüey	3 311	3 117	6	1	-	2
Las Tunas	492	45	-	2	-	6
Holguín	1 919	510	1	-	9	-
Granma	1 659	514	-	-	-	24
Santiago de Cuba	1 908	103	16	-	12	12
Guantánamo	1 489	31	-	-	-	-
Isla de la Juventud	48	32	-	-	-	-

CONCEPTO	Hidro-eléctricas (a)	Sistemas de calentadores solares	Sistemas de paneles fotovoltaicos	Aero-generadores	Parque eólico	Otros (b)
Pinar del Río	12	402	380	-	-	265
La Habana	-	79	8	-	-	77
Ciudad de la Habana	-	337	3	-	-	-
Matanzas	-	-	665	-	-	-
Villa Clara	9	-	185	1	-	-
Cienfuegos	17	54	379	-	-	16
Sancti Spíritus	5	97	175	98	-	-
Ciego de Ávila	1	270	106	2	1	-
Camagüey	-	5	180	-	-	-
Las Tunas	-	-	337	-	-	62
Holguín	13	11	1 374	-	1	-
Granma	32	-	1 089	-	-	-
Santiago de Cuba	24	257	1 459	-	-	25
Guantánamo	67	150	1 239	2	-	-
Isla de la Juventud	-	-	5	10	1	-

a) Incluye las micro y mini hidroeléctricas, las pequeñas centrales así como la central hidroeléctrica Robustiano León

b) Se refiere a otros dispositivos como: Secadores Solares, Destiladores Solares, Tranques de Agua, etc.

Tableau 5. Énergie obtenue des dispositifs

6. Energía obtenida de los dispositivos.

toneladas equivalentes de petróleo						
CONCEPTO	Total	Molinos de viento	Digestores de Biogás	Plantas de Biogás	Malacates	Arietes hidráulicos
Cuba	27 987,8	9 358,7	340,3	97,9	46,7	131,9
Pinar del Río	1 169,9	479,8	11,0	-	-	-
La Habana	89,6	26,7	9,0	-	15,0	-
Ciudad de la Habana	62,6	1,8	38,5	-	-	-
Matanzas	687,6	630,5	40,0	-	-	-
Villa Clara	1 820,4	1 430,4	3,5	78,8	-	84,4
Cienfuegos	8 679,6	502,5	40,5	-	-	4,4
Sancti Spíritus	2 809,1	1 514,1	68,0	15,2	-	-
Ciego de Ávila	2 402,8	1 150,3	60,5	-	-	-
Camagüey	1 543,3	1 438,1	61,1	-	-	6,6
Las Tunas	504,9	59,8	-	3,9	-	-
Holguín	2 025,0	1 139,4	4,1	-	13,7	-
Granma	2 526,9	834,6	-	-	-	26,0
Santiago de Cuba	1 934,8	86,8	4,1	-	18,0	10,5
Guantánamo	1 026,7	36,5	-	-	-	-
Isla de la Juventud	704,7	27,4	-	-	-	-

CONCEPTO	Hidro-eléctricas (a)	Sistemas de calentadores solares	Sistemas de paneles fotovoltaicos	Aero generadores	Parque eólico	Otros (b)
Cuba	11 894,6	1 856,2	699,0	798,6	703,4	1 212,5
Pinar del Río	64,4	13,4	231,3	-	-	370,0
La Habana	-	37,5	1,4	-	-	-
C. de la Habana	-	20,6	1,7	-	-	-
Matanzas	-	-	17,1	-	-	-
Villa Clara	93,3	-	130,0	-	-	-
Cienfuegos	8 006,2	16,4	54,7	-	-	54,9
Sancti Spíritus	14,9	981,4	29,5	186,0	-	-
Ciego de Ávila	421,9	675,6	30,8	19,0	44,7	-
Camagüey	-	0,5	37,0	-	-	-
Las Tunas	-	-	94,9	-	-	346,3
Holguín	-	46,6	242,6	-	578,5	-
Granma	1 408,9	-	257,4	-	-	-
Santiago de Cuba	1 073,4	64,2	236,5	-	-	441,3
Guantánamo	811,7	-	178,5	-	-	-
Isla de la Juventud	-	-	3,5	593,6	80,2	-

a) Incluye las micro y mini hidroeléctricas, las pequeñas centrales así como la central hidroeléctrica Robustiano León.

b) Se refiere a otros dispositivos como: Secadores Solares, Destiladores Solares, Tranques de agua, etc.

Annexe E. Développement des SER pendant l'année 2008

Cette partie est rédigée avec l'aide de l'Inventario Nacional de Fuentes de Energia Renovable 2008 et 2009.[4][5]

En ce qui concerne la biomasse:

La tendance décroissante de la participation de la biomasse de ces dernières années s'inverse et on constate une récupération de l'industrie sucrière qui permet d'augmenter l'apport de la bagasse, principal composant énergétique de la biomasse.

Les autres ressources énergétiques telles que le bois et les déchets agricoles réduisent sa participation.

L'année 2008 il y a une augmentation de la quantité de dispositifs générateurs d'énergie renouvelable installés et en fonctionnement, même si l'énergie obtenue par ceux-ci diminue de 5,8% par rapport à l'année 2007.

En ce qui concerne l'éolien:

Les dispositifs existants qui permettent d'utiliser l'énergie éolienne sont les moulins à vent, présents dans toutes régions, les aérogénérateurs et les parcs éoliens sommant 8.631 dispositifs.

Les études pour déterminer les zones de meilleur potentiel éolien avancent, parmi lesquelles se trouvent la côte nord des provinces de Pinar del Río, la Habana, Villa Clara, Camagüey, Las Tunas, Holguín, et la Isla de la Juventud ainsi que les zones de montagne de la province de Granma et Santiago de Cuba. Les résultats sont visibles avec la construction des parcs éoliens dans les territoires de Ciego de Ávila, Holguín et l'île de la Jeunesse, étant tous connectés au Système Electro énergétique National (SEN) depuis le début de l'année 2008.

Les provinces qui ressortent sont: Camagüey, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Villa Clara et Ciego de Avila qui ont le plus grand nombre de dispositifs installés et contribuent à 77% de la quantité totale existant dans le pays.

Ceux qui provoquent une substitution d'énergie majeur sont: Camagüey, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Villa Clara, Ciego de Ávila y Holguín , qui produisent au total 73% de l'énergie éolienne obtenue.

Il faut remarquer l'apport significatif du parc éolien de l'île de Turiguanó après sa réactivation depuis fin 2007.

Le potentiel éolien estimé selon la partie du pays déjà évalué atteignait 400 MW en 2003.

En ce qui concerne l'hydroénergie:

La dure sécheresse qui a frappé à Cuba les années 2004-2005-2006, avec un moyenne de précipitations de 952,0 , 1497,1 et 1348,1 mm respectivement a provoqué une réduction dans l'exploitation des ressources hydriques et donc une réduction en la génération d'électricité. À partir 2006, il y a un rattrapage des indices de précipitations et de la production d'électricité pour les dispositifs hydrauliques.

En 2008, 180 unités ont fonctionné, en comptabilisant micros, minis centrales hydroélectriques et une petite centrale hydroélectrique.

La saison cyclonique de l'année 2008 a contribué à la récupération des indices de précipitations et à des chiffres importants d'eau stockée, aboutant à l'augmentation de la génération de l'électricité dans les centrales hydroélectriques.

Le potentiel envisagé est de 650 MW. Environ 50% de ce potentiel se trouve au bassin du Toa-Duaba, qui est une surface avec un nombre important d'espèces endémiques, ce qui empêche son exploitation. Dans les réservoirs construits avec la finalité de réserves d'eau et aussi pour les croissances des débits des fleuves, il y a 270 MW qui pourraient être installés.

En ce qui concerne l'énergie solaire:

La radiation à Cuba a une valeur très élevée. avec 5 kWh/m² par jour. Le potentiel théorique à Cuba est de 200 PWh. D'une part, l'énergie solaire prend un rôle important avec la contribution à l'électrification rurale avec les modules photovoltaïques, s'ajoutant aussi à la contribution des microcentrales hydroélectriques et des aérogénérateurs ou la combinaison des systèmes hybrides.

D'autre part, l'usage des chauffe-eau solaires pour l'obtention de l'eau chaude permet une économie considérable d'énergie électrique si l'usage se généralise dans le secteur touristique et le logement.

On observe la dynamique de la production d'énergie. En effet, en 2007, il y a une augmentation de dispositifs qui profitent directement l'énergie solaire, mais il y a une légère diminution dans la production, notamment dans la région occidentale dû à des affectations causées par les ouragans et au retard du montage postérieur.

Il faut donc signaler que ces dispositifs doivent remplir les mesures de protection face aux ouragans à cause des dommages que pourraient provoquer ceux-ci sur les dispositifs. Suite à l'amélioration des conditions climatologiques, le montage peut à nouveau être réalisé.

En ce qui concerne le biogaz:

On comptabilise le fonctionnement de 186 digesteurs et 36 centrales de biogaz en dans le secteur de l'état. Le nombre de digesteurs aux mains des particuliers est plus important.

D'importants travaux sont menés pour placer des centrales de biogaz dans les décharges publiques, ce qui permettra le traitement des déchets et l'obtention du gaz méthane qui peut être utilisé pour la cuisson d'aliments et la production d'énergie électrique.

Avec 78 millions m³ de déchets et de substances biodégradables, principalement concentrés dans les usines de sucre, les distilleries d'alcool, les productions de café, déchets de bovins et porcs, on pourrait obtenir 176.000 tep.

Finalement, en ce qui concerne la biomasse:

Le potentiel majeur des SER à Cuba réside dans la biomasse, avec l'apport principal de la bagasse et des autres déchets de la canne à sucre. La bagasse constitue donc le principal déchet agricole utilisé comme combustible. En 2008, 91,6% de la production nationale de bagasse est consommée pour l'obtention d'énergie. Celle-ci représente 82% de l'énergie obtenue par combustion directe de déchets.

Pendant l'année 2008 l'utilisation du bois a diminué dans le secteur de l'état, non seulement dans la consommation directe mais aussi pour la production du charbon végétal. Or, l'usage des déchets forestiers augmentait à cause des restes laissés par les ouragans.

D'autres déchets utilisés sont les déchets de café, la coquille du riz, la sciure du bois et la coquille du cocotier.

Annexe F. Tableau de la distribution des centrales par provinces et la génération produite jusqu'à mai 2008.

No	Provincias	No Obras	Situación		P.Inst. (kW)	Energía, Cierre Mayo (MWh)		Increm. MWh	% Crecim.	Comb. Ahorrado ton/año	CO2, No Emitido Ton	Usuarios		Hab.
			SEN	Aisl.		2007	2008					Viv.	O.E. .S	
1	Pinar del Rio, UEB	12	7	5	591.2	254.6	245	-9.6	-3.8	51	159	103	8	452
2	Villa Clara, UEB	9	5	4	657	1633.9	1819.1	185.2	11.3	382	1182	107	3	321
	Hidro. Hanabanilla	1	1		43000	37225.0	32284	-4941	-13.3	9040	20985	0	0	0
3	Cienfuegos, UEB	16	3	13	2850.8	258.2	363.1	104.9	40.6	76	236	729	41	2561
4	Sancti Spiritus	5	0	5	145.5	Inf. V. Clara	Inf. V. Clara	Inf. V. Clara		Inf. V. Clara		62	3	183
5	Ciego de Ávila	1	1	0	1040	Inf. V. Clara	Inf. V. Clara	Inf. V. Clara		Inf. V. Clara		0	0	0
6	Holguín	13	0	13	461.1	Inf.Stgo	Inf.Stgo	Inf.Stgo		Inf.Stgo		268	12	1154
7	Granma, UEB	32	6	26	6394.5	6422.2	6435.1	12.9	0.2	1351	4183	1990	231	11302
8	Stgo de Cuba, UEB	24	2	22	2893	4499.1	5769.4	1270.3	28.2	1212	3750	2811	100	6448
9	Guantánamo, UEB	67	6	61	4191.2	3253.9	3160	-93.9	-2.9	664	2054	2559	131	12569
Total Empresa		179	30	149	19224.3	16321.9	17791.7	1469.8	9.0	3736.3	11564.6	8629	529	34990
Total con Hanabanilla		180	31	149	62224.3	53546.9	50075.7	-3471.2	-6.5	12776	32549	8629	529	34990

Source: Présentation power point offert par l'entreprise d'hydroénergie

Annexe G. Propositions de développement de l'hydro énergie à Cuba

-Programme de maintenance et opération,

-Programme de mise en fonctionnement des installations arrêtées, où 13 installations sont comprises et ça constitue une puissance installée de 3109,4 kW, une génération annuelle de 3937,4 MWh, et 787,48 tonnes de combustible épargné, ainsi que 2559,3 t d'émissions de CO₂ évitées.

-Programme d'investissement dans l'augmentation de la puissance installée, dans lequel s'inscrit d'une part, la construction de 4 PCHE dans les fleuves de Zaza(Saincti Spiritus), Moa(Holguín), Bueyecito (Granma) et Baraguá(Santiago de Cuba) avec 2,7 MW, 2MW, 1,46 MW, et 1,46 MW respectivement; d'autre part, l'amélioration dans 21 centrales; enfin, la construction de 54 PCHE dans des barrages déjà construits, qui auraient 16000 kW et une production d'énergie de 79250 MWh

-Programme de modernisation de minicentrales hydroélectriques, qui prend en compte quatre mini centrales hydroélectriques d'une somme de puissance installée de 975 kW. Ce qui représenterait une génération annuelle d'électricité de 4748MWh et 949,6 tonnes du combustible épargné, ainsi que 3086,2 t d'émissions de CO₂ évitées.

Annexe H. Développement de l'évolution de la stratégie cubaine à partir de 1959

Développement de comment a progressé la création des organisations impliqués dans le développement, la recherche, la diffusion des énergies renouvelables ainsi que la politique, la stratégie et les programmes concernant les énergies renouvelables depuis 1959, après le triomphe de la révolution cubaine.

Les années 1960 et 1970 se sont caractérisées par la formation de spécialistes en énergie dans différentes universités du pays, telles que l'université de la Havane, d'Orient et de las Villas. Depuis cette époque là, des expériences se font avec des surfaces d'absorption et capteurs solaires, les cellules solaires se définissent, les sujets environnementaux et l'usage passif de l'énergie solaire entre en jeu, et des expériences d'amélioration de l'efficacité commencent à se développer dans les fours et chaudières sucrières, ainsi qu'avec le brûlage de la bagasse.

En 1975, l'Académie de Sciences de Cuba crée le Groupe d'Énergie Solaire. Celui-ci est le premier groupe d'investigation du pays dédié exclusivement au développement des énergies renouvelables.

En 1976 se réalise le premier programme de l'état sur des investigations pour le profit de l'énergie solaire à Cuba. De ce fait, apparaissent les premiers chauffe-eau solaires du type compact, les séchoirs solaires, les distillatrices, les machines qui rendent l'eau potable entre autres.

À la fin des années 70 est créé un Groupe de Travail pour le développement de l'énergie, dépendant du Ministère de l'Industrie Basique (MINBAS) et après, s'amplifie et se transforme en Group Assesseur d'Énergie. Une de ses tâches était le développement des énergies renouvelables.

En 1981 s'ouvre le Programme de l'Énergie Solaire du Conseil d'Aide Mutuelle Économique (CAME), et Cuba est représenté par l'Académie de Sciences.

Pour consolider l'importance par rapport aux sources énergétiques, la Commission Nationale d'Énergie et l'Académie de Sciences de Cuba ont précisé les tâches, les lignes de travail, et les projets concrets de recherche et développement qui était en mesure d'appuyer son exécution, ainsi que le renforcement de la recherche de nouvelles sources.

En coordination avec l'Assemblée Centrale de Planification, ils ont également, ajusté le régime de travail qui allait faciliter la planification de l'économie nationale pour l'usage croissant des SER.

Parallèlement, les Organismes de l'Administration de l'Etat (OACE) définissent leurs lignes de

travail respectives et les projets liés avec ces sujets.

En 1984, la création de différents groupes de développement est promue, aux OACE et presque dans toutes les provinces. Ces groupes se penchent sur l'usage de différentes ressources renouvelables d'énergie, comme l'hydroélectricité, le biogaz, la biomasse, le solaire thermique et l'éolien.

Parmi ces groupes on peut signaler ceux des ministères des Forces Armées Révolutionnaires, du sucre, de l'Agriculture, du Transport, d'Intérieur, et de l'Industrie Alimentaire.

En 1984 est créé le Centre de Recherche en Énergie Solaire du CITMA à Santiago de Cuba. Ce centre est conçu pour la recherche et la production avec le but de développer l'activité de profiter les SER, notamment le solaire thermique et le photovoltaïque, comme une façon d'économiser de l'énergie au niveau national.

En 1985, grâce à une proposition du front de l'Électronique, l'Institut de Matériaux et Réactifs (IMRE) est créé à l'université de la Havane, avec la responsabilité de développer des dispositifs optoélectroniques de haute technologie, et parmi celles-ci les cellules solaires de Si. Les recherches de l'IMRE ont compris le photovoltaïque, mais aussi la thématique de l'hydrogène.

L'Institut de Recherche et de Télécommunications (IIDT) du Ministère de Communications avait commencé en 1986 avec l'assemblage de modules solaires photovoltaïques de Si monocristallin, avec une capacité de fabrication annuelle de 200 kWp, mais il a arrêté la production depuis quelques années. Cette usine a couvert pendant quelques temps les besoins du pays en panneaux solaires.

En 1992, résultat des recommandations du VI Forum de Pièces de Rechange et Technologies Avancées est créé le Centre d'Études de Technologies Énergétiques Renouvelables (CETER). Celui-ci est une institution d'enseignement et de recherche universitaire qui appartient à l'Institut Supérieur Polytechnique José Antonio Echeverría (ISPJAE), avec le but de contribuer au développement durable de la société cubaine à travers de l'aspect social lié avec les ER, l'efficacité énergétique et l'interrelation avec l'environnement.

En mai 1993 se conclut le Programme de Développement des Sources Nationales d'Énergie.

Cette même année est créé le Groupe de Biogaz de Villa Clara, avec la fonction de créer une culture par rapport à l'usage et les bénéfices du biogaz. De plus, il a réussi à mettre en pratique des installations de biogaz dans leur province et dans d'autres.

Au début des années 1994, résultat d'un Accord entre l'Académie de Sciences de Cuba, la Commission Nationale d'Énergie et la Corporation COPEXTEL S.A, la Division Commercial

EcoSol est créée, partie prenante du COPEXTEL, avec le principal but de généraliser l'usage des SER à Cuba et d'appuyer le développement des recherches dans ce domaine. EcoSol Solar a exécuté les principaux plans d'électrification du programme de la Révolution dans des endroits d'accès difficile, éloignés du réseau national, tels que le programme d'électrification de centres médicaux, hôpitaux, écoles, cercles sociaux, salles de télé et vidéo et d'autres installations.¹

En novembre 1994 la Société Cubaine pour la Promotions des Sources d'Énergie Renouvelables et le Respect Environnemental(CUBASOLAR) est créée, conçue par l'Académie de Sciences de Cuba et la Commission Nationale d'Énergie. Elle a comme organisme de référence le Ministère de Science, Technologie et Environnement (CITMA). Cette société/organisation naît avec le but de contribuer au développement des activités orientées vers la connaissance et l'exploitation des SER comme solution aux problèmes économiques et sociaux du pays. Sa principale fonction est l'élévation de la culture énergétique et le respect environnemental

À la moitié des années 90, le Centre Intégré de Technologies de l'Eau (CITA) appartenant à l'INRH commence à travailler. Il surgit comme solution aux problèmes d'approvisionnement d'eau et assainissement environnemental en faisant le plus grand usage possible des SER. Il développe des technologies pour l'approvisionnement d'eau via les éoliennes, les béliers hydrauliques, et autres.

En 1996 est créé le Centre d'Études d'Efficience Énergétique (CEEFE), résultat des expériences accumulés à la Faculté d'ingénierie Mécanique à l'Université d'Orient. Celui-ci a eu comme résultat le développement des technologies pour la combustion de la biomasse, spécialement la bagasse, ainsi que l'usage du biogaz avec de moteurs de combustion interne.

À la deuxième moitié de cette décennie est construite l'entreprise de chauffe-eau solaires du SIME à la ville de Moron, responsable de la construction et la généralisation des chauffe-eau solaires dans le pays.

Guantánamo est une des provinces qui a obtenu plus de résultats d'application des SER, notamment avec le programme d'électrification rurale. En 1997 est créé le Groupe d'Applications Technologiques en Énergie Solaire (GATES), appartenant au CITMA.

Depuis 2000 le besoin s'est manifesté de créer dans les différentes provinces des groupes

1 On parlera plus largement au chapitre l'électrification rurale à Cuba.

spécialisés dans le développement photovoltaïque. Cette activité sera réalisée par CUBASOLAR et EcoSol Solar. Ces deux groupes se sont formés avec des spécialistes du CITMA, COPEXTEL, des universités, des centres de recherche et secteurs énergétiques du Pouvoir Populaire, en dépendance des caractéristiques et besoins de chaque province.

En décembre 2000 est créé l'atelier pour l'assemblage de panneaux photovoltaïques dans le Combiné Électronique Ernesto Guevara, à Pinar del Rio, avec le but de produire de panneaux solaires. La production de cellules solaires s'envisage dans un futur proche.

En 2001 est créé le Centre de Gestion de l'information et Développement de l'Énergie (CUBAENERGIA), à partir de l'intégration du Département d'Énergie et Environnement du Centre de Technologie Nucléaire, le groupe d'Énergie Solaire de la Ville de l'Havane (genSolar) et le centre d'information de l'énergie (CIEN), avec le but d'intégrer et renforcer les activités de Recherche et Développement et les services scientifiques-techniques pour la gestion de l'information et le développement des énergies.

Le développement des SER a eu le support d'autres institutions telles que l'Association Nationale d'Innovateurs et Rationalisateurs (ANIR), les Brigades Techniques de Jeunes (BTJ) et le Forum National de Science et Technique. Le 14 d'octobre 2002 est constitué le front d'énergies renouvelables (FER) avec les objectifs suivants:

1. Doter le pays d'un outil de l'état spécialisé et qui promeut et propose au gouvernement la politique qui doit suivre en terme d'usage de SER.
2. Renforcer et élever aux plans supérieurs l'usage des SER pour le profit rationnel dans le pays d'une façon durable
3. Favoriser la cohésion et intégration entre les différents institutions et ministères avec majeur liaison et incidence en cette stratégie énergétique.

Annexe I. La Révolution Énergétique Cubaine

En décembre 2005 l'Assemblée National du Pouvoir Populaire approuve la déclaration de l'année 2006 comme l'Année de la Révolution Énergétique à Cuba. Cette décision répond à une volonté et compromis de l'état cubain de renforcer la stratégie nationale de contribuer au développement durable, en concordance avec sa politique énergétique.

Ainsi, la politique énergétique cubaine du XXI siècle se base sur:

1. Prolifération d'une culture énergétique orienté vers un développement indépendant, sur et durable, en défense de l'environnement.
2. Prospection, connaissance, exploitation, et usage des sources nationales d'énergie conventionnelles ou non.
3. Usage rationnelle de l'énergie, avec le maximum épargne avec son usage finale et l'utilisation de technologies de haute efficience.
4. Production distribuée d'électricité et proche de l'endroit de consommation
5. Développement de technologies par l'usage généralisé des sources renouvelables d'énergie, avec un poids progressifs au bilan énergétique national.
6. Participation de tout le pays dans la révolution énergétique.

Les actions concrètes réalisées ont été:

- l'installation d'unités de génération distribué par tout le pays tels que les groupes électrogènes fonctionnant avec du diesel et du fuel-oil
- réhabilitation du réseau
- développement des programmes de épargne de l'énergie partout le pays, dirigés et financés par le gouvernement et exécutés par les ministères et entités cubaines, tels que le PAEC(Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba). Les mesures de ce programme ont été: la substitution des ampoules incandescentes par des ampoules fluorescentes, la substitution de pompes d'eau et moteurs inefficaces, substitution de systèmes de réfrigération et climatisation, substitution d'appareils électroménagers anciens et inefficaces par des nouveaux (réfrigérateurs, téléviseurs,...)
- développement des SER.

Annexe J. Différents modèles du transfert de technologies

Différents phases peuvent être identifiés dans le processus du transfert de technologie. Un éventail de différents modèles est utilisé pour décrire les différentes phases.

Le modèle linéaire identifie les phases suivants: de la recherche au développement, à la démonstration, à l'usage commercial, à la pénétration du marché. Ces phases peuvent être groupés en deux parties superposés, avec la phase de démonstration. Pendant la première partie, les activités de Recherche et Développement sont exécutés en tenant compte les besoins du marché, les résultats du R&D sont exploités et diffusés, et un bon réseau de communication est établi entre l'industrie et la recherche. À la seconde partie, les activités réduisent les barrières non-techniques vers la technologie, effectuent des démonstrations appropriés pour les objectifs du marché, diffusent les résultats démontrés, fournissent l'appui pour répliquer les projets, soulèvent la conscience du marché et les connaissances avec l'information actualisé, et créent un marché facile et accessible. Pendant tout le procès il faut être réceptif, et stratégique au développement, diffuser des outils effectifs, interactions proactives et dynamiques, et suivi et évaluation des activités.

Un autre modèle est un modèle retro alimenté avec cinq phases qui sont l'appréciation, ensuite l'accord, l'implémentation et l'évaluation et adaptation, enfin, la réplique qui revient à l'appréciation.

Annexe K. Évolution de la coopération entre la Région Wallonne et la République de Cuba

On va expliquer l'évolution des priorités et axes d'action entre les deux Parties depuis le début de la coopération.

Le 11 juin 1985, le Ministre Philippe Moureaux, Président de l'Exécutif de la Communauté française de Belgique, a signé à La Havane une Entente entre l'Exécutif de la Communauté française et le Ministère de la Culture de Cuba. Bien que signée par ce Département du côté cubain, l'Entente portait sur l'ensemble des matières de la compétence de la Communauté française de Belgique. Toutefois, depuis 1992, la République de Cuba ne figure plus au nombre des partenaires prioritaires de la Communauté française Wallonie- Bruxelles.

Le premier Accord de coopération entre le Gouvernement de la Région Wallonne et la République de Cuba est signé le 1er juin 2000. Celui-ci est un Accord de coopération technique qui est consacré au domaine des technologies nouvelles, et plus particulièrement les biotechnologies.

En vue d'élargir la coopération bilatérale à des domaines autres que celui des technologies nouvelles, un Accord-cadre de coopération entre la Région wallonne et la République de Cuba a été signé à La Havane le 10 avril 2002. Il couvre tous les domaines de compétence des Entités signataires . Les compétences de la Région Wallonne sont l'économie, l'environnement et la politique d'eau, la rénovation rurale et la conservation de la nature, la recherche scientifique et technologique, l'énergie, la formation professionnelle, parmi d'autres.²

La première Commission Mixte se déroule à l'Havane en mai 2001, en vue d'établir un premier programme de travail.

Le programme de coopération 2001/2003 s'est déployé en deux temps et selon deux grands axes:
-en 1ère lieu, un programme de travail de la mis en œuvre en matière de technologies nouvelles, en exécution de l'Accord-cadre signé en 2000:recherche en biotechnologies médicales et industrielles, technologies liées à la gestion de l'environnement dans une double optique de prévention et de remédiation, et en passant par les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

-en 2ème lieu, en vertu l'Accord-cadre signé en 2002, une importante coopération s'est réalisée dans

² La totalité de compétences de la Région Wallonne est en Annexes.

le domaine de la rénovation du logement social liée à la restauration du patrimoine.

Le premier programme de coopération établi en Commission Mixte en mai 2001 a contribué à la mise en œuvre de nombreux partenariats de recherche de haut niveau et un important échange d'expertise essentiellement dans le domaine des technologies nouvelles.

De part de la Wallonie, ce programme a été mis en œuvre conjointement par la Direction générale des Relations Extérieures et la Division des Relations internationales et la Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie. (DGRI/DRI et DGTRE³). De part de Cuba, les projets approuvés sont confiés à la Direction des Pays Développés du Ministère des Investissements étrangers et de la Collaboration Économique (MINVEC) et la Direction des relations internationales du Ministère de la Science, de la Technologie, et de l'Environnement(CITMA).

Avec l'exécution de l'Accord-signé en avril 2002 entre la Région Wallonne et la République de Cuba, deux nouveaux axes de coopération vont s'ajouter au programme de travail 2001-2003:le logement social lié à la sauvegarde du patrimoine bâti et la formation professionnelle.

Pendant l'évaluation organisée à la Havane en mars 2004, où les deux Parties se sont considérées satisfaites au regard des résultats obtenus de ce première programme de coopération 2001-2003. La partie cubaine expose l'intérêt à la continuation en la recherche en biotechnologies .

La première Commission mixte permanente en application de l'Accord-Cadre conclu le 10 avril 2002 entre la Région wallonne de Belgique et la République de Cuba s'est tenue à Bruxelles les 4 et 5 octobre 2004. Elle a défini un programme de travail couvrant la période 2004-2007.

Ce programme s'inscrit en termes sectoriels dans les secteurs prioritaires suivants:

- la gestion et de la protection de l'environnement et des ressources naturelles
- les énergies renouvelables
- la santé;
- la conservation et la restauration du patrimoine.

Ces deux derniers se sont inclus dans ce programme dû à la demande de la Partie cubaine.

et en termes transversaux, essentiellement dans:

3 Le DGTRE ne sera plus partenaire dedans la Partie Wallonne pour les Commissions suivants.

-la recherche, principalement en biotechnologies

-la formation professionnelle

Les Parties sont convenues de soutenir des projets axés sur le développement et la mise en œuvre de nouvelles technologies respectueuses de l'environnement. Elles ont remarqué que la recherche en biotechnologies restait un axe essentiel dans leurs attentes de coopération. Elles ont décidé de donner priorité aux projets que d'une part, supposent un apport dans le plan scientifique et d'autre part, ceux qui ont des retombées sur les politiques publiques locales et des perspectives de développement économiques postérieures.

En outre, les Parties se sont accordées sur l'importance de soutenir, par le biais de leur programme de coopération, les initiatives visant à encourager les recours aux énergies renouvelables.

De manière plus générale, il a été décidé que la coopération bilatérale entre la Région Wallonne et Cuba veillera à intégrer une préoccupation de formation professionnelle

Les Parties ont aussi souligné l'importance de l'utilisation des ressources de la coopération de la façon la plus efficace possible, en évitant la duplication des efforts et en suscitant la création de synergies.

La seconde session s'organise le deuxième semestre 2007 à Cuba où a lieu l'évaluation, à mi-parcours, de la mise en œuvre des projets approuvés à la première session de la Commission Mixte. La coordination, le suivi et l'évaluation de la mise en œuvre des projets sont réalisés pour la Partie Wallonne via le DRGE/DRI et pour la partie cubaine via le MINVEC.

Le programme développé sur la période 2004-2007 a été porté et nourri par une collaboration fructueuse entre institutions universitaires et centres de recherche de part et de l'autre, ainsi que par des partenariats efficaces entre entités privées et publiques.⁴

Le bilan adressé au terme de la programmation 2004/2007 est globalement positif. Ce programme a vu la mise en œuvre de 13 projets dont 8 relèvent du domaine de la recherche appliquée.

Aux fins de cette évaluation, les projets ont été regroupés en trois catégories:

-recherche appliquée/études, principalement en matière de biotechnologies;

-projets de terrain axés sur les nouvelles technologies et l'environnement;

-formation professionnelle

4 Deuxième réunion de la commission Mixte Permanente instituée par l'Accord-Cadre de Coopération signé le 10 avril 2002, à la Havane, entre le Gouvernement de la Région Wallonne et le Gouvernement de la République de Cuba.

Du 22 au 24 d'octobre 2007 s'est tenue, à l'Havane, la Deuxième réunion de la Commission mixte permanente instituée par l'Accord-cadre de coopération signé le 10 avril 2002 entre le Gouvernement de la République de Cuba et le Gouvernement de la Région wallonne.

Ils établissent le nouveau programme de travail 2008-2010.

La volonté du Gouvernement cubain d'inscrire ses politiques dans la perspective du développement durable se constate aussi dans cette réunion.

Au-delà de la coopération institutionnelle bilatérale, les deux Parties évoquent le champ ouvert des relations économiques et commerciales, notamment l'organisation de missions commerciales wallonnes à Cuba, organisées par l'Agence wallonne à l'exportation.

La Partie Wallonie-Bruxelles exprime leur intérêt en développer des partenariats axés sur les pôles de compétitivité de la Wallonie tels que les sciences du vivant et le secteur agro-alimentaire.

Tenant en compte des priorités des Autorités cubaines et de la Région Wallonne, des compétences de cette dernière, de l'expertise et des partenariats antérieurement développés, les Parties conviennent de priorités suivantes pour le programme de travail 2008/2010:

Pour ce qui concerne les termes transversaux ils se basent en:

- Recentrage des interventions de Wallonie-Bruxelles et concentration des moyens sur un nombre restreint de secteurs prioritaires, dans un souci d'efficience et d'efficacité;
- Conjugaison des efforts bilatéraux dans le cadre global de la promotion d'un développement durable et du bien-être des populations;
- Recherche des partenariats interinstitutionnels et de synergies avec d'autres intervenants ou bailleurs de fonds;
- Soutien à la mise en contact de pôles d'excellence

Pour ce qui concerne les termes sectoriels:

En premier lieu, les Parties constatent que l'axe de la recherche appliquée centrée sur les biotechnologies a avancé notablement depuis le premier accord de coopération et considèrent de nouveau l'importance d'attribuer un axe fort dans ce domaine dû à la potentialité démontrée dans ce secteur.

En second lieu, les deux Parties convaincus de la nécessité de promouvoir un développement durable pour garantir aux générations futures de bonnes conditions d'existence, déclarent la

poursuite des initiatives déjà proposées dans la programmation antérieure, telles que, la protection des ressources naturelles, la santé, les énergies renouvelables, la gestion de l'environnement et la sauvegarde du patrimoine.

En troisième lieu, elles décident d'ajouter un nouvel axe dans leur coopération bilatérale: celui des échanges dans le domaine cinématographique, source de développement tant culturel qu'économique.

Enfin, les axes prioritaires du programme de travail 2008-2010 résultent:

- le secteur de biotechnologies
- le secteur du DD
- le secteur du cinéma

Par ailleurs, la coopération bilatérale sera valorisée en termes d'échanges de bonnes pratiques de soutien à l'internalisation des Petites et Moyennes Entreprises (PME), à la mise en contact de pôles d'excellence et, de manière plus générale, d'entreprises. Ce volet sera mené en association avec l'Agence Wallonne à l'exportation et aux Investissements étrangers (AWEX).

Chaque partie sélectionne les projets qui ont reçu de leurs partenaires locales pour constituer le programme de travail. Ceux-ci reçoivent l'aval des deux Parties.

Le programme de travail 2008-2010 est constitué par 8 projets du premier axe, 3 projets du deuxième axe, et un dernier du troisième axe.

La coordination, le suivi, et l'évaluation de la mise en œuvre des projets ici approuvés sont confiés, pour la Partie Wallonne, à la DGRE/DRI et, pour la Partie cubaine, à la Direction Europe du MINBAS.

Une communication permanente est envisageable pour assurer un suivi optimal et le bon déroulement des projets de coopération.

L'évaluation à mi-parcours se réalisera en automne 2009.

En vue d'assurer la bonne exécution et le contrôle des projets et de leurs résultats, les Parties s'accordent sur l'élaboration, avant le démarrage des projets, d'un document de « Termes de Référence », auquel souscrivent les institutions wallonnes et cubaines concernées. Ce document est élaboré par les porteurs de projet cubains et sera transmis, par le MINVEC en version française et espagnole à la DGRE/DRI, laquelle se charge de faire parvenir aux partenaires wallonnes concernés aux fins de négociation et signature. Les « Termes de Référence » reflètent les objectifs du projet, la

contribution financière des chaque Partie, leurs responsabilités de chaque partenaire, ainsi que toute autre information pertinente pour le bon déroulement du projet. Si nécessaire, il s'élabore aussi une convention spécifique en matière de propriété intellectuelle. Celle-ci fait partie intégrante des « Termes de Référence »

Annexe L. Partenaires

CETA (www.uclv.edu.cu): Centre d'Etudes d'Energie Thermique Sucrière. Il est situé dans l'Université Centrale « Marta Abreu » de Las Villas, Santa Clara, et travaille notamment au développement de la petite hydraulique. Le CETA dépend du Ministère cubain de l'Education Supérieure (MES). M. Raúl PEREZ BERMUDEZ est le directeur du CETA. M. Raul OLADE FONT, chercheur nommé du CETA, est le responsable du projet WalCubaHydro au niveau national.

APERe (www.apere.org): association sans but lucratif qui s'occupe de la promotion des énergies renouvelables en Belgique, comme le fait CUBASOLAR à Cuba. Elle est soutenue par la Région wallonne. Cette association est représentée au sein du projet par M. Michel HUART, secrétaire général.

JLA & Co (www.jlahydro.be): anciennement Ets WILLOT JLA, entreprise active depuis plus de 20 ans dans le domaine de la production d'équipements pour la génération d'énergie hydraulique. Elle est spécialisée dans la construction de turbines Cross-Flow et équipements électromécaniques connexes, ainsi que dans l'équipement de sites propices à l'installation de microcentrales hydroélectriques. JLA & Co travaille en partenariat avec l'asbl CODEART dans le développement d'ateliers pour la construction locale de petites turbines et équipements annexes dans différents pays du Sud. JLA & Co est représentée par MM. Simon CUVELIER et Jean-Luc WILLOT.

Entreprise d'hydroénergie. (www.hidro.cu) : appartenait à l'INRH (Institut National de Ressource Hydrauliques), mais qui depuis début 2007 est intégrée au MINBAS. L'INRH est le responsable de la gestion des ressources hydrauliques du pays tandis que l'entreprise d'hydroénergie est la responsable de l'exploitation et maintenance de toutes les centrales hydroélectriques.

La siège est à l'Havane et il y a six filiales dans les pays : UEB-Santiago de Cuba, UEB- Granma, UEB-Villa Clara, UEB-Guantánamo, UEB-Cienfuegos et UEB-Pinar del Río.

(www.hidro.cu)

Annexe LL. Termes de Référence

TERMES DE REFERENCE

Les Termes de Référence suivants sont souscrits entre:

- le Centro de Estudios de Termoenergética Azucarera (CETA) de l'Université Centrale "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV);
- le Ministère de l'Education Supérieure de Cuba (MES) ;
- l'Entreprise de Hydroénergie de Manicaragua en Villa Clara de l'Ministère de l'Industrie Basique, (MINBAS);
- l'Entreprise de Hydroénergie de Santiago de Cuba de l'Ministère de l'Industrie Basique, (MINBAS);
- l'asbl APERE de Belgique;
- la Division des Relations Internationales du Ministère de la Région Wallonne;
- le Ministère de l'Investissement Etranger et de la Collaboration Economique (MINVEC), ce dernier en représentation du Gouvernement cubain pour faciliter le bon développement du projet dénommé:

WalCubaHydro 2008-2010

Transfert de technologie d'énergie hydro pour la production de régulateurs électroniques de vitesse.

(Le document du projet est joint en annexe et est partie intégrante de ces Termes de Référence).

CONDITIONS GENERALES

- Le projet dispose pour son exécution, d'un financement de € 50,000 de la Division des Relations Internationales du Ministère de la Région Wallonne. Le Centro de Estudios de Termoenergética Azucarera (CETA) apporte une contribution de 19,000.00 CUP pour le développement du projet.
- Le CETA de l'Université Centrale de "Las Villas" sera chargé de la direction, du contrôle et de l'exécution du projet à Cuba en collaboration étroite avec l'asbl APERE asbl de Belgique, le Ministère des Sciences et technologie de Cuba, le MES, le MINBAS, le SIME et le MINVEC.
- L'exécution du projet est prévue sur une durée totale de deux ans.
- Le projet commencera une fois signé le présent document.
- Toute proposition ou mesure d'extension et/ ou modification de ce projet ou de ces Termes de Références doit être approuvée par les parties signataires des Termes de Référence.

OBJECTIFS
Objectif global du développement

Mise au point d'un système de régulation de la fréquence adapté au contexte hydroélectrique cubain.

RESPONSABILITES SPECIFIQUES DES INSTITUTIONS INTEGRANTES DU PROJET

Boîte générale d'Affaires Étrangères, Division d'Affaires Étrangères de la Région wallon de Belgique (DGRE/DRI)

- Il contribuera le financement consenti pendant la session de l'Ordre Mélangé Cuba-Valonia.
- Il offrira toutes les installations pour l'exécution du projet dans la mesure de la législation et les humeurs efficaces en Belgique et dans la Région de Valonia concernant la coopération internationale.
- Il surveillera et il contrôlera l'exécution du projet aussi bien que l'usage des ressources accordé par la Région wallon à la Société asbl APERE de Belgique.

« APERE asbl » de Belgique

- Assumera la coordination générale du projet conjointement avec le CETA.
- Enverra à du consultant belge à Cuba pour la dispense de la formation pour le terme de 35 jours.
- Déposera sur le compte bancaire habilité au projet les fonds pour les dépenses courantes comme convenu dans le programme budgétaire.
- En concertation avec le CETA : sélection des techniciens cubains pour la mission de formation en Belgique.
- Vérifiera l'utilisation des ressources financières sur base des factures originales des dépenses réalisées et participera à des évaluations conjointes qui seront réalisées en cours de projet.
- Renoncera à le rapport au Gouvernement de la Région de Valonia sur l'usage des fonds dans l'exécution du projet.
- Informez à leur pointage officiel et le MINVEC avec 30 jours habiles d'avance, les missions qui projettent d'être porté dehors pendant l'exécution du projet, en envoyant les données dans la page principale du Passeport de chacun des membres de la mission pour la procédure du Visa correspondant. (En tout cas aucun personnel expatrié ne sera capable de venir au pays avec un autre Visa qui l'établi (D1) emporter des activités de la coopération).

CETA en représentation de l' Ministère d'Études Supérieures de Cuba (MES)

- Désignera un responsable du projet (raul@uclv.edu.cu) pour la coordination générale du projet et l'équipe technique de travail, qui s'occupera de l'exécution des tâches techniques.
- Administrera les fonds en devise librement convertibles et les fonds en monnaie nationale, une fois qu'ils seront mis à leur disposition.

- Le CETA fera la technicien narration et rapports financiers, avec rapport de la monnaie externe et national (METTEZ EN COUPE), de l'exécution du projet, ce que Le CETA donnera les jours 20 des mois de mars, juin, septembre et décembre au MINVEC trimestriel; aussi bien que le dernier rapport. Il accompagnera cette information avec une copie du document émise par la banque du cuban où c'est ouvert le compte du projet.
- Le CETA demandera le MINVEC avec 30 jours d'avance, le Visa D1 pour les partenaires qui intègrent les missions qui sont emportées pendant l'exécution du projet, en envoyant les données de la page principale du Passeport de chacun des membres de la mission et le travail programment pour développer.
- Prendra la responsabilité avec les autorités de l'immigration cubaines que le personnel entier qui vient au pays avec le Visa a établi D1 pour ces cas dans les activités de la coopération, a lié aux projets.

L'Entreprises d'hydroénergie, en représentation de l' Ministère de l'Industrie Basique, MINBAS.

- Réalisera des visites à des minicentrales hydroélectriques pour leur évaluation ou suivi technique en garantissant la logistique de transport en montagne avec le budget assigné par le projet
- Participera à diagnostic des capacités de fabrication locale des régulateurs de vitesse
- Elaboration d'un plan pour la création d'une unité de fabrication de régulateurs de fréquence pour petites centrales hydroélectriques à Cuba.
- Participera à des rencontres et des réunions avec les représentants d'APERe asbl de Belgique en visites dans notre pays durant la durée de ce projet.

Ministère d'Études supérieures (MES).

- Offrir le support nécessaire entier aux agents du projet pour donner la solution aux problèmes potentiels qui pourraient être présentés pendant leur exécution.
- Diriger l'exécution des objectifs prévu dans le projet à travers les contrôles partiels dehors qui ont été portés.

Ministère pour l'Investissement Étranger et la Collaboration Économique (MINVEC)

- Facilitera l'exécution du projet dans le cadre la législation et les dispositions cubaines en vigueur en ce qui concerne la collaboration internationale.
- Garantira la participation de son Entreprise Exécutrice de Dons (EMED), pour effectuer les démarches d'importation et de retrait des fournitures pour le projet si nécessaire. Il offrirait de même les services de procurement et embauche pour les fournitures qui peuvent être acquises au niveau national.
- Se responsabiliser de l'obtention des exonérations correspondantes de frais pour concept de douane, impôts fiscaux
- Offrira toutes les facilités en accord avec la législation en vigueur à Cuba pour les démarches de demandes de visas que requiert le personnel étranger du projet en missions en rapport avec la bonne marche de ce dernier. La permanence du personnel étranger engagé dépendra des besoins du projet.

- Facilitera l'ouverture d'un compte bancaire au nom du projet
- Effectuera des supervisions et des contrôles du projet pendant son exécution

VALIDITE

- Ces Termes de Référence seront en vigueur jusqu'à la fin du projet.

GENERALITES

- Toute divergence qui peut apparaître dans l'exécution du projet sera résolue amicalement entre les parties qui l'intègrent

Et pour preuve, signent la présente à la date du Décembre 2007.

 Monsieur Michel Huart
 Secrétaire Général
 Société APERe asbl de Belgique.

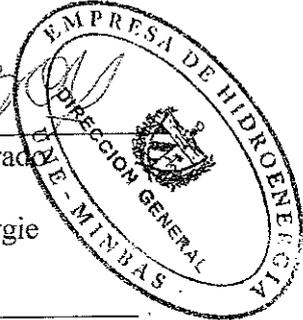


 Dr. Raúl Pérez Belmudez
 Directeur CETA. UCLV
 Ministère d'Études Supérieures

[Signature]

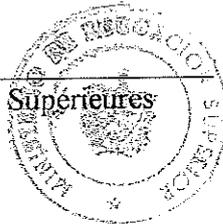
[Signature] 8/01/08
 Ministère de l'Investissement Étranger
 et de la Collaboration Économique (MINVEC)

 Carlos Manuel Paso Torrado
 Directeur Général
 L'Entreprise d'hydroénergia



 Division d'Affaires Étrangères
 du Ministère de la Région Wallonne

 Ministère d'Études Supérieures
 de Cuba (MES)



Annexe M. Cadre logique et Chronogramme prévisionnel WalCubaHydro

Présentation du Projet sous forme de cadre logique

<i>Logique d'intervention</i>	<i>Indicateurs objectivement vérifiables</i>	<i>Sources de verification</i>	<i>Hypothèses</i>
<p>Objectifs Globaux</p> <p>1) Améliorer l'efficacité du parc hydroélectrique cubain</p> <p>2) Offrir un accès à une énergie de qualité à l'ensemble de la population rurale cubaine</p> <p>3) Développer le potentiel énergétique hydraulique en zone rurale</p> <p>4) Permettre à Cuba de commercialiser des équipements hydroélectriques fiables et robustes</p>	<p>- Nombre de centrales hydroélectriques en fonctionnement</p> <p>- Nombre de centrales hydroélectriques équipées de systèmes de régulation</p> <p>- Quantité annuelle d'électricité produite à partir de centrales hydroélectriques non raccordées au réseau nation d'électricité</p> <p>- Nombre de ménages ruraux ayant accès à l'électricité</p> <p>- Bilan d'exportation de matériel hydroélectrique</p>	<p>- Rapport d'évaluation du Ministère de l'économie et de la planification (MEP), en 2010</p>	<p>Statistiques réalisées et disponibles</p>
<p>Objectif Spécifique</p> <p>Mise au point d'un système de régulation de la fréquence adapté au contexte hydroélectrique cubain</p>	<p>- Fabrication de régulateurs de fréquence par l'entreprise partenaire cubaine.</p> <p>- Disponibilité de documentation technique pour la fabrication de régulateurs de fréquence</p>	<p>- Mode opératoire pour la fabrication et l'assemblage de régulateurs</p> <p>- Nombre de régulateurs fabriqués</p> <p>- Rapport de 1^{ère} et 2^{ème} année</p>	<p>Statistiques réalisées et disponibles</p>

<i>Logique d'intervention</i>	<i>Indicateurs objectivement vérifiables</i>	<i>Sources de verification</i>	<i>Hypothèses</i>
<p>Résultats</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identification d'une entreprise cubaine intéressée et compétente pour la fabrication de régulateurs de fréquence/vitesse 2. Définition du cahier des charges pour la fabrication de régulateurs et du contenu de la formation à dispenser aux techniciens cubains 3. Identification de 5 sites pilotes et élaboration d'un cahier des charges pour l'équipement de ces sites 4. Obtention d'un financement pour l'équipement des sites pilotes 5. Proposition du dossier aux autorités compétentes 6. Formation de techniciens locaux et équipement des sites pilotes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identification d'infrastructures locales pouvant construire des systèmes de régulation et sélection de la plus compétente 2. Cahier des charges technique et programme de formation 3.1 Liste des sites hydroélectriques en site isolés équipés, accompagnée des caractéristiques hydroénergétiques 3.2 Cahier des charges pour l'équipement des sites pilotes 4. Mise à disposition des modalités de financement 5. Dossier technique et financier 6.1 Mission du consultant belge à Cuba pour la dispense de la formation 6.2 Fabrication locale et installation des régulateurs 6.3 Mission de techniciens cubains en Belgique pour la finalisation de la formation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapport 1^{ère} année 2. Rapport de 1^{ère} année et programme de formation 3. Rapport de 1^{ère} année et cahier des charges technique 4. Rapport de 2^{ème} année 5. Rapport de 2^{ème} année et dossier de projet 6.1 Rapport de 2^{ème} année, compte-rendu de formation 6.2 Rapport de 2^{ème} année 6.3 Rapport de 2^{ème} année 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accès aux profils des entreprises 2. Disponibilité de la technologie wallonne en matière de régulation 3.1 Disponibilité de l'audit hydroénergétique du CETA et de la liste des micros centrales hydroélectriques en site isolé. Les caractéristiques des sites équipés sont entièrement disponibles 4. Dossier technique complet et possibilités de financement pour Cuba 5. Le financement a été trouvé 6.1 Le transfert des connaissances entre les experts wallons et les experts cubains se fait efficacement en anglais. 6.2 Disponibilité du matériel nécessaire 6.3 Disponibilité des personnes et capacités d'échange

<i>Logique d'intervention</i>	<i>Indicateurs objectivement vérifiables</i>	<i>Sources de vérification</i>	<i>Hypothèses</i>
<p>Activités pour atteindre les résultats 1</p> <p>1.1 Diagnostic des capacités de fabrication locale des régulateurs de vitesse.</p> <p>1.2 Réunion de coordination avec le Ministère de l'Industrie Basique (MINBAS) et le Ministère de la Sidérurgie et de la Mécanique (SIME).</p> <p>1.3 Visite des entreprises proposées.</p> <p>1.4 Elaboration d'un plan pour la création d'une unité de fabrication de régulateurs de fréquence pour petites centrales hydroélectriques à Cuba.</p> <p>1.5 Signature d'un accord de partenariat entre l'entreprise identifiée et les partenaires du projet.</p> <p>2.1 Identification précise des besoins cubains en terme de régulation.</p> <p>2.2 Rédaction d'un cahier des charges pour la fabrication d'un système de régulation type.</p> <p>2.3 Rédaction d'un programme de formation à dispenser au partenaire technique cubain identifié</p> <p>3.1 Identification de sites isolés non équipés de systèmes de régulation, parmi les sites hydroélectriques identifiés par le projet WalCubaHydro 2005-2007.</p> <p>3.2 Rédaction d'un cahier des charges pour l'équipement des sites pilotes.</p> <p>4.1 Recherche de sources de financement sur base d'un dossier technique complet</p> <p>5.1 Elaboration du dossier technique et financier complet pour soumission aux autorités compétentes (MINBAS, GEPROP (CITMA), MINVEC) et autorisation d'entamer l'équipement des sites pilotes.</p> <p>6.1 Visite à Cuba du consultant belge pour la dispense de la formation et la fabrication d'un premier prototype.</p>	<p>Quantité (hors coordination)</p> <p>Moyen humain en RW : 78 hj</p> <p>Moyen humain à Cuba : 150 hj ingénieur + 110 hj technicien</p> <p>Mission en Belgique : 2 semaines experts cubains</p> <p>Mission à Cuba : 3 semaines expert belge</p> <p>Mission à Cuba : 2 semaines expert belge</p>	<p>Coût RW (EUR - HTVA)</p> <p>Moyen humain RW : 29250</p> <p>Mission en Belgique : 2960</p> <p>Mission à Cuba : 5375</p> <p>Matériel de formation : 3000</p> <p>Coût Cuba (EUR)</p> <p>Moyen humain Cuba : 20000</p>	<p>Permission de voyage des ressortissants belges à Cuba.</p> <p>Permission de voyage des ressortissants cubains en Belgique.</p> <p>Pour les missions en Belgique et à Cuba, prise en charge des frais d'hébergement et de déplacements locaux par l'hôte.</p> <p>Accord bilatéral (APERe – CETA) pour la sélection des experts sur base des profils requis et des CV.</p>

<p>6.2 Fabrication par le partenaire industriel cubain des régulateurs destinés aux sites pilotes.</p> <p>6.3 Installation des systèmes de régulation sur les sites pilotes et monitoring de ces installations.</p> <p>6.4 Rédaction d'un rapport sur l'installation et le fonctionnement des systèmes de régulation sur les sites pilotes.</p> <p>6.5 Visite en Belgique de techniciens cubains pour la finalisation de la formation et échanges académiques.</p> <p>6.6 Visite à Cuba du consultant belge pour le retour d'expérience sur la fabrication des régulateurs pilotes et pour analyse critique du processus de fabrication développé.</p>			
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

Proposition de projet WalCubaHydro 2008-2010 soumis à la DRI RW - Version du 20 septembre 2007

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Chronogramme prévisionnel - Activités	Année 1												Année 2											
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3	Période transitoire de démarrage																		J	J					
4																									
5	1ère année				R																				
6																									
7	1ère année																								
8																									
9	1ère année																								
10																									
11	1ère année																								
12																									
13	1ère année																								
14																									
15	1ère année																								
16																									
17	1ère année																								
18																									
19	1ère année																								
20																									
21	1ère année																								
22																									

Proposition de projet WalCubaHydro 2008-2010 soumis à la DRI RW - Version du 20 septembre 2007

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
23	1ère année	3.2 Rédaction d'un cahier des charges pour l'équipement des sites pilotes								R																
24																										
25	1ère année	4.1 Recherche de sources de financement sur base d'un dossier technique complet																R								
26																										
27	1ère année	5.1 Elaboration du dossier technique et financier complet pour soumission aux autorités compétentes (MINBAS, GEPROP (CITMA), MINVEC) et autorisation d'entamer l'équipement des sites pilotes.																R								
28																										
29	1ère année	6.1 Visite à Cuba du consultant belge pour la dispense de la formation et la fabrication d'un premier prototype								M																
30																										
31	1ère année	6.2 Fabrication par le partenaire industriel cubain des régulateurs destinés aux sites pilotes																								
32																										
33	2ème année	6.3 Installation des systèmes de régulation sur les sites pilotes et monitoring de ces installations																								R
34																										
35	2ème année	6.4 Rédaction d'un rapport sur l'installation et le fonctionnement des systèmes de régulation sur les sites pilotes																		R		R				
36																										
37	2ème année	6.5 Visite en Belgique de techniciens cubains pour la finalisation de la formation et échanges académiques																							M	
38																										
39	2ème année	6.6 Visite à Cuba du consultant belge pour le retour d'expérience sur la fabrication des régulateurs pilotes et pour analyse critique du processus de fabrication développé.																								M
40																										
41																										
42																										

M = Mission

R = Rapport

Annexe N. JLAR-ELC DataSheet. Prices JLAR-ELC



JLAR-ELC datasheet

Three phase 380/415 V Star – 220/240 V Delta – 50/60 Hz Electronic Load Controllers

The JLAR-ELC (Electronic Load Controller) is an electronic unit designed to govern the speed of hydroelectric power plants without the intervention of mechanical components (like turbine's control gate(s)). For this, it maintains constant the power taken from the plant by continuously adjusting the power delivered to a separate electric ballast load that can be water or air cooled.

Power	- 380/415 V Star connected ELC: up to 250 kW - 220/240 V Delta connected ELC: up to 75 kW
Controlled variable	Frequency (50Hz or 60Hz)
Regulation Method	PID controller with individual adjustment of the 3 parameters
Power modules	Three phase-angle controlled thyristor pairs. Large heat sinks with fans on high power units
Characteristics	With proper set-up of the regulator, deviation +/- 1Hz transient and +/- 0.5Hz stable. The frequency is maintained constant for all turbine output powers.
Controls	Frequency, PID parameters
Frequency trip function	Adjustable from 0 up to + or - 5Hz from set frequency. With delay and memorization (LED) of last fault. Separated adjustments of high and low thresholds. Relay output with FailSafe mode.
Ballast fuses	Three Ultra Rapid special thyristor fuses to protect the thyristors against shortcuts in the ballast load.
Connections	Generator input (4 wires in Star – 3 wires in Delta), Ballast output (4 wires), Main Load output (4 wires). Terminals: depending on the power of the ELC.
Working temp.	Maximum 45 °C
Dimensions	Depending on the power of the ELC
Main Load restrictions	4 wires 380/415 V or 3 wires 220/240 V. Power factor of main load should be 0.8 or better.
Ballast Load restrictions	3x 220/240 V resistive heaters connected in 4 wires Star (380/415 V ELC) or in 3 wires Delta (220/240 V ELC). An over sizing of about 10% of the power of the plant is recommended.
Generator	Synchronous (Alternator), three phase, 4 wires, 220/380 or 240/415, 50 or 60Hz
Comments	<ul style="list-style-type: none"> - The Voltage Control has to be handled by the alternator AVR. - Ballast loads are best made by connecting readily available water heater elements in parallel to make up the required power in three banks. Heaters can be fitted into a metal tank with a through flow of water to remove the maximum heat generated when the Main Load is off. If circumstances permit the heat generated can be used for some useful purpose. - Option: automatic phase balance in response to unbalanced main load currents. Independent balance setting for each phase - No problem with tropical and/or high altitude conditions - We do reserve the right to change the specifications without notice but with advices for interconnection with earlier JLA regulators.

JLA & Co sprl
72 rue Pierre Jacques – B-4520 MOHA (BELGIUM)
 Tel: +32 (0) 85 217555 – Fax: +32 (0) 85 250254
 RPM Huy – TVA: BE 0885 372 745 – Fortis 001-5027664-36
 URL: <http://www.jlahydro.be> - E-Mail : info@jlahydro.be



JLAR-ELC datasheet

Three phase 380/415 V Star – 220/240 V Delta – 50/60 Hz Electronic Load Controllers

Price list Euros Ex-Works – October 2008

<u>ELC Power [kW]</u>	<u>Ex-Works Prices [EUR]</u>
<u>380/415 V Three phase Star</u>	
15	2000
30	2300
60	3000
90	3400
120	3800
150	4200
250	4600
<u>220 / 240 V Three phase Delta</u>	
30	2600
60	3300
75	3700

The prices mentioned above are about power modules ELC fully mounted on a plate and designed to be fitted into an electrical box or generator switchboard made by qualified peoples. It comprises ELC Regulator main circuit board, Thyristors and heatsinks, Ballast Fuses, Frequency trip and terminals. According to the power of the module, fans are added to heatsinks.

The above prices don't include the ballast load. The **Ballast Load** requires a 4 wire star connected resistive load, says 10% larger than plant power. Ballast load can be one or several water or air cooled resistors, capable of dissipating the maximum plant power continuously. Locally manufactured ballast load are better as spare parts are more easily available.

For normal use, JLAR power modules have to be completed by : electrical enclosure, metering (alternator volts, ballast volts, frequency and current), main load contactor to be connected to the frequency trip, ballast load and a main load distribution panel with fuses.

CIF costs can be quoted for specific enquiries.

Financial terms: to be discussed. Usually: 50% with order and 50% before shipping.

JLA & Co sprl
72 rue Pierre Jacques – B-4520 MOHA (BELGIUM)
Tel: +32 (0) 85 217555 – Fax: +32 (0) 85 250254
RPM Huy – TVA: BE 0885 372 745 – Fortis 001-5027664-36
URL: <http://www.jlahydro.be> - E-Mail : info@jlahydro.be

Annexe N Rapport technique du fonctionnement du régulateur



**Empresa de Hidroenergía
UEB Santiago de Cuba
Grupo Técnico**

Ave. Las Américas s/n Micro 7, Dist. José Martí, Santiago de Cuba, Cuba. CP 90600, AP 4004
Télf. - Fax: 53-22-634143 Email: alricardo@stg.hidro.minbas.cu

20 de Marzo del 2009
Año 50 del Triunfo de la Revolución

De: Angel L. Ricardo
Esp. Pcpal. Grupo Técnico

A: Eysell Ferreira Gutiérrez
Directora Técnica, Emp. Hidroenergía

Asunto: Sobre tecnología JLA para el control de la velocidad.

Con fecha 12 de Febrero del 2006 se puso en servicio por período de prueba de seis meses un regulador de velocidad para hidroeléctrica del tipo carga fantasma del fabricante Belga JLA Willot, se nombró un registrador de eventos por este período documentando los hechos, sin reportarse ninguna anomalía, por lo que se aprobó su funcionamiento definitivo. Como consecuencia de ello ya que en el período de prueba, el equipo no presentó afectación ninguna, averiándose solo un condensador y una resistencia por una descarga eléctrica que al ser sustituidos permitieron la continuidad de su operación contando ya con más de dos años en servicio; el 14 de Agosto del 2008 se consideró que este sistema es adecuado para la regulación de la velocidad en las hidroeléctricas aisladas de Cuba, dada su prestancia y bajo costo.

Como parte del Taller Nacional para la Transferencia de la Tecnología JLA en Regulación de Velocidad, se participó en el montaje y puesta en servicio de un regulador de velocidad en la microhidroléctrica Guanayara, lográndose su ensamblaje y puesta en marcha de forma satisfactoria y monitoreándose también su comportamiento hasta la fecha en que se emite este documento. Sobresale como una tecnología flexible, de fácil reparación y ajuste; a la vez que ha mantenido durante este período el mismo comportamiento, asegurando en la instalación donde se encuentra instalada los parámetros nominales.

Angel L. Ricardo
Esp. Pcpal. Grupo Técnico



Annexe O. Document de légalisation et protocol.

MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA
Dirección Jurídica

CARTA D-J No.1

A: Jefes Jurídicos de las organizaciones Superiores de Dirección empresarial y Entidades Independientes del Ministerio de la Industria Básica.

De: Director Jurídico del Ministerio de la Industria Básica.

Ref: Indicaciones sobre la inclusión de nuevos proveedores en las carteras de proveedores de las Empresas de Comercio Exterior.

Estimados compañeros:

Resulta aconsejable refrendar en una carta circular, el procedimiento a seguir en cuanto a la inclusión de nuevos proveedores con los que se pretenda establecer vínculos contractuales, en las carteras de proveedores de las Empresas de Comercio Exterior. Por tal motivo, los Jefes Jurídicos de las Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial y Entidades Independientes, deberán cumplir con las indicaciones siguientes:

1. Confeccionar el expediente que corresponda al nuevo proveedor que se pretenda incluir en la cartera de proveedores, contenido de los siguientes documentos que acrediten su personalidad, representación y solidez técnica y económica:
 - a) Estructura de Constitución.
 - b) Certificación de Inscripción en el Registro Mercantil del país de su constitución.
 - c) Aval bancario del banco de operaciones de la compañía.
 - d) Certificación del último ejercicio fiscal (balance financiero auditado).
 - e) Documento que acredite que la persona que comparece en representación de la compañía o afirmar contratos, está debidamente facultada para ello.
 - f) Avals comerciales.

Todos los documentos relacionados anteriormente deberán estar protocolizados ante el Cónsul cubano, del país en que tiene su sede la compañía con la correspondiente autenticación de la firma del Cónsul cubano en el MINREX y protocolización de todos los documentos ante la Notaría Especial del MINJUS de la República de Cuba.

2. Incluir en el expediente el dictamen de los juristas de la Empresa de Comercio Exterior y de la Organización Superior de Dirección Empresarial que acrediten que la firma o compañía extranjera ha aportado toda la documentación de los que la habilita en la cartera de proveedores y concertar contratos con las Empresas de Comercio Exterior de este Ministerio.
3. Remitir el expediente, directamente de la Organización Superior de Dirección Empresarial a la Dirección Empresarial a la Dirección Jurídica de este Organismo,

a los efectos de su revisión, previo a la concertación de contratos con el proveedor en proceso selección.

4. Se responsabiliza a los jefes jurídicos de las organizaciones Superiores de Dirección Empresarial y Entidades Independientes del Ministerio de la Industria Básica, con la ejecución de las orientaciones establecidas en la presente Carta Circular.
5. Se responsabiliza con el control del cumplimiento de lo dispuesto en la presente a la Dirección Jurídica del Ministerio de la Industria Básica.

Dada en la Ciudad de la Habana, a los 10 días del mes de marzo de 2008
"Año 50 de la Revolución"

Pedro U. Barbachán Bages
Director

Annexe P. Fiche technique microcentrale Batalla Santa Clara (ou Guanayara)

FICHA TECNICA DE LA MICROHIDROELÉCTRICA.

Nombre de la Central: Batalla de Santa Clara.

Provincia: Villa Clara.

Municipio: Manicaragua.

Coordenadas: N: 601.2 E: 238.6 (Casa de Máquina).

Fecha de puesta en marcha: 1990

Río en que se encuentra: Arroyo Sin Nombre, afluente Río Charco Azul.

Estado respecto al SEN: Aislada Sistema de comunicación: No tiene.

Situación: En operación.

Datos Técnicos:

Caudal promedio en l/s: 20

Carga en m: 140

Potencia que esto representa en Kw: 27.44

Potencia instalada en Kw: 30

Energía instalada en Mwh: 265.8

Potencia real en Kw: 0.6 Kw (de acuerdo a lo demandado por los usuarios)

Energía entregada Mwh: 5.25

Ahorro de combustible diesel al año que representa y su aporte en divisas: 1.83 ton de petróleo que implican 257.04 pesos en divisas.

Turbina idónea: Pelton TP - 16 (Cuba)

Cantidad:

Potencia en Kw:

Turbina recomendada: Pelton TP - 16 (Cuba)

Cantidad: 1

Potencia en Kw: de 8 a 50 Kw

Turbina real instalada y procedencia: Pelton TP- 16 (Cuba)

Cantidad: 1

Datos del generador:

Cantidad: 1

Annexe Q. Questionnaire

Questions à poser à Raúl Olalde (chef du projet à Cuba)

Pour évaluer le critère de la PERTINENCE:

1. Est-ce que la mise au point d'un système de régulation répond aux problèmes identifiés et aux besoins réels?
2. Est-ce que la mise au point d'un système de régulation dans les Communautés Rurales en réseau isolé était l'action prioritaire à développer? ou une autre action aurait-elle été plus appropriée aux besoins prioritaires?
3. Est-ce que ce projet prévient des problèmes prévisibles? lesquels?
4. Est-ce que les résultats attendus dans cette première mission sont adaptés au contexte cubain, réalistes et ont contribué à atteindre le transfert de technologie pour la production des régulateurs?
5. Dans quelle orientation et programme politique se situe le projet WalCubaHydro à Cuba?

Pour évaluer l'EFFICACITÉ:

6. Quels ont été les résultats obtenus dans cette première phase du projet?
7. Quels bénéfices vous avez eu du projet?
8. Est-ce qu'il y a eu des facteurs externes imprévus pendant la première phase du projet?

Pour évaluer la VIABILITÉ:

9. Comment les priorités politiques ont-elles affectées le projet?
10. De quelle façon le gouvernement appuie le projet WalCubaHydro?
11. Quelles sont les ressources qui ont fournis les organismes nationaux?
12. Dans quelle mesure le projet est-il intégré dans les structures institutionnelles locales?
13. Quelle sera la part d'implication de l'assistance technique étrangère une fois que le transfert sera terminé?
14. Est-ce que le projet est compatible avec les perceptions locales des besoins, ainsi qu'avec les modes de production et de répartition des bénéfices générés?
15. Quelle a été la qualité des relations entre les partenaires techniques belges et les partenaires techniques cubains?
16. Les produits fournis seront-ils abordables pour le partenaire technique cubain, après que le financement ait pris fin?

17. Est-ce que la technique de régulation proposée par le partenaire belge est adaptée aux conditions locales? ou une autre technique différente aurait-elle mieux adaptée?

18. Quelle est l'impact de ce choix de technologie pour l'environnement?

19. Quels aspects contribuent à la protection de l'environnement?

20. Que pensez-vous qu'il va se passer après le projet?

21. Dans quelle mesure les bénéficiaires vont-ils perdurer?

Pour évaluer l'IMPACT:

22. Est-ce que ce projet risque de provoquer d'autres problèmes?

23. Comment imaginez-vous la situation résultant des microcentrales dans quelques années si elles continuent avec le système de régulation manuel? Qu'est-ce qu'il pourrait arriver dans les Communautés Rurales ?

24. Quels ont été les changements perçus dans les Communautés qui sont passées du système de régulation manuel au système de régulation électronique?

25. Quels sont les changements qui peuvent se prévoir à long terme chez les Communautés où s'installeront ces systèmes de régulation?

26. Quels ont été les changements dans les institutions cubaines après cette première mission?

27. Est-ce que les comportements des organisations ou groupes bénéficiaires ont-ils changés? Est-ce que cette modification a produit des améliorations? ou le contraire?

28. Que pensez-vous de l'impact environnemental de ce projet? Y en a-t-il un selon vous?

Questions à poser aux techniciens belges

Pour évaluer le critère de la PERTINENCE:

1. Est-ce que la mise au point d'un système de régulation répond aux problèmes identifiés et aux besoins réels?
2. Est-ce que la mise au point d'un système de régulation dans les Communautés Rurales en réseau isolé était l'action prioritaire à développer? ou une autre action aurait-elle été plus appropriée aux besoins prioritaires?
3. Est-ce que ce projet prévient des problèmes prévisibles? lesquels?

Pour évaluer l'EFFICACITÉ:

4. Quels ont été les résultats obtenus dans cette première phase du projet?
5. Quels bénéfices vous avez eu du projet?
6. Est-ce qu'il y a eu des facteurs externes imprévus pendant la première phase du projet?

Pour évaluer la VIABILITÉ

7. Quelle sera la part d'implication de l'assistance technique étrangère une fois que le transfert sera terminé?
8. Quelle a été la qualité des relations entre le partenaire belge et le chef du projet à Cuba?
9. Quelle a été la qualité des relations entre les partenaires techniques belge et les partenaires techniques cubains?
10. Que pensez-vous qu'il va se passer après le projet?
11. Dans quelle mesure les bénéfices vont-ils perdurer?

Pour évaluer l'IMPACT

12. Est-ce que ce projet risque de provoquer d'autres problèmes?
13. Comment imaginez-vous la situation résultant des microcentrales dans quelques années si elles continuent avec le système de régulation manuel? Qu'est-ce qui pourrait arriver dans les Communautés Rurales ?
14. Quels sont les changements qui peuvent se prévoir à long terme chez les Communautés où s'installeront ces systèmes de régulation?

15. Quels ont été les changements dans les institutions cubaines après cette première mission?

16. Est-ce que les comportements des organisations ou groupes bénéficiaires ont changés? Est-ce que cette modification a produit des améliorations ou le contraire?

17. Que pensez-vous de l'impact environnemental de ce projet? Y en a-t-il un selon vous?

Questions à poser aux participants à l'atelier

Pour évaluer le critère de la PERTINENCE

1. Est-ce que la mise au point d'un système de régulation répond aux problèmes identifiés et aux besoins réels?

2. Est-ce que la mise au point d'un système de régulation dans les Communautés Rurales en réseau isolé était l'action prioritaire à développer? ou une autre action aurait-elle été plus appropriée aux besoins prioritaires?

3. Est-ce que cette action prévient des problèmes prévisibles? lesquels?

4. Est-ce que les résultats attendus dans cette première mission sont adaptés au contexte cubain, réalistes et ont contribué à atteindre le transfert de technologie pour la production des régulateurs?

Pour évaluer l'EFFICACITÉ:

5. Quels bénéfices vous avez eu du projet?

Pour évaluer la VIABILITÉ

6. Quelle sera la part d'implication de l'assistance technique étrangère une fois que le transfert sera terminé?

7. Est-ce que le projet est compatible avec les perceptions locales des besoins, ainsi qu'avec les modes de production et de répartition des bénéfices générés?

8. Quelle a été la qualité des relations entre les partenaires techniques belge et les partenaires techniques cubains?

9. Les produits fournis seront-ils abordables pour le partenaire technique cubain, après que le financement ait pris fin?

10. Est-ce que la technique de régulation proposée par le partenaire belge est adaptée aux conditions locales? ou une autre technique différente aurait-elle mieux adapté?

11. Quelle est l'impact de ce choix de technologie pour l'environnement?

12. Quels aspects contribuent à la protection de l'environnement?

13. Que pensez-vous qu'il va se passer après le projet?

14. Dans quelle mesure les bénéfices vont-ils perdurer?

Pour évaluer l'IMPACT:

15. Est-ce que cette action risque de provoquer d'autres problèmes?

16. Comment imaginez-vous la situation résultant des microcentrales dans quelques années si elles continuent avec le système de régulation manuel? Qu'est-ce qui pourrait arriver dans les Communautés Rurales ?

17. Quels ont été les changements perçus dans les Communautés qui sont passées du système de régulation manuel au système de régulation électronique?

15. Quels sont les changements qui peuvent se prévoir à long terme chez les Communautés où s'installeront ces systèmes de régulation?

16. Quel changement va-t-il impliquer pour l'ancien opérateur de la microcentrale? Aura-t-il d'autres fonctions? Lesquelles?

17. Que pensez-vous de l'impact environnemental de ce projet? Y en a-t-il un selon vous?

Annexe R. Rapport de la mission des techniciens belges

Rapport de mission des techniciens belges à Cuba – Décembre 2008

Mardi 2/12/08

- Voyage Belgique-Cuba

Arrivée de Simon Cuvelier et Jean-Luc Willot

Installation Casa Particular “Migdalia y Jose Manuel” – Calle B n°715, e/ 29 y Zapata (La Habana): (537) 8303430.

Mercredi 3/12/08

- Problèmes de logistique

Attente du véhicule du CEETA pendant 5 heures

- Voyage La Havane → Santa Clara

280 km – 3h30 heures avec véhicule du CEETA ;

Installation Casa Particular “Las Jimaguas” – Independencia n°104, e/ Zayas y Ezquerra (Santa Clara): (53-42) 215471;

- Santa Clara - Rencontre avec Sara GUTIERREZ ALONSO

Mme Sara Gutierrez Alonso – Chargée de mission par l'APERe

M. Simon Cuvelier – JLA & Co sprl

M. Jean-Luc Willot – JLA & Co sprl

Eléments principaux de la rencontre :

- Présentation du travail d'organisation de la mission réalisé par Sara durant les mois d'octobre et novembre 2008 : arrivée de Sara à Cuba, gestion du projet depuis Cuba, problèmes de financement pour l'atelier de formation ;
- Présentation des difficultés organisationnelles rencontrées sur le terrain;
- Présentation de l'état actuel du partenariat WalCubaHydro:
 - Identification de sites pilotes: Villa Clara (Guanayara, Lebrige, Sancti Spiritus) / Santiago de Cuba (La Victoria, Charco Mono) / Granma (Pas de site identifié pour l'instant)
 - Retour d'expérience du régulateur installé à Colorado de Mayari: pas de possibilité de se rendre sur site (manque de financement et de temps)
 - Présentation de l'état d'avancement de l'aménagement du premier site pilote (Guanayara) et de l'atelier de formation (UEB Manicaragua)
- Proposition d'organisation des jours suivants sur base du programme proposé par Raül : propositions et amendements.
- Matériel de formation: avoir à disposition l'appareil de mesure de grandeurs électriques (SATEC), une ancienne armoire électrique pour y installer le prototype de régulateur. L'oscilloscope demandé pour la formation a finalement été amené par JLA& Co sprl.

Jeudi 4/12/08

- Manicaragua – Rencontre à l'UEB Manicaragua

Mme Sara Gutierrez Alonso
M. Simon Cuvelier
M. Jean-Luc Willot
M. Wilfredo López – Directeur UEB Manicaragua
M. Carlos Bergara – Vice-président UEB Manicaragua

Objectif de la rencontre :

Pré assembler le système de régulation et premier contact entre partenaires cubain et belge

Eléments principaux de la rencontre :

- Accueil par les responsables de l'entreprise
- Présentation du travail réalisé dans l'entreprise pour préparer la mission de formation ainsi que le futur atelier d'assemblage de régulateurs de fréquence
- L'entreprise a réaménagé le site de Guanayara en changeant la majeure partie du réseau électrique. En outre, la centrale a été totalement rénovée (cf. Dossier photos en annexe: travaux de remise en état de la conduite, du groupe turbogénérateur, des locaux de la centrale, des départs de ligne).
- Visite de l'entreprise et de ses ateliers, présentation du local destiné à accueillir l'atelier d'assemblage du régulateur, présentation du local où se tiendra la formation
- Assignation d'un local où JLA & Co peut procéder au pré montage du système de régulation avant que ne débute la formation. Mise à disposition de matériel
- Assignation d'un technicien (René), qui s'occupe normalement de bobinage de moteurs, pour assister JLA & Co au pré montage du régulateur
- Finalisation du pré montage du système de régulation

Vendredi 5/12/08

- Manicaragua – UEB Manicaragua

Objectif de la journée : faire un essai du système de régulation avec une alimentation 220 V triphasé et déterminer différents paramètres d'ajustement de la carte (fonctionnement en 60Hz).

Résultats : Essais concluants – Parfait fonctionnement du système de régulation.

Samedi 6/12/08

- Santa Clara

Préparation de la formation théorique.

Dimanche 7/12/08

- Journée détente – Visite du Cayo Santa Maria

Lundi 8/12/08

- Manicaragua – UEB Manicaragua

Inauguration du « Taller de Entrenamiento Reguladores Electrónicos ». Accueil des participants par les dirigeants de l'UEB Manicaragua.

1^{ère} partie de la formation

Présentation de l'UEB Manicaragua par M. Wilfredo López

Présentation de l'entreprise JLA & Co sprl par M. Simon Cuvelier (S.C.), traduction français-Espagnol par Mme Sara Gutiérrez (S.G).

« Généralités, principe de fonctionnement du régulateur JLA » par S.C., traduction français-espagnol par S.G.

Pause

2^{ème} partie de la formation

Architecture du système de régulation JLA par S.C.

Séance de questions-réponses sur les thèmes abordés durant cette première journée de formation

Mardi 9/12/08

- Manicaragua – UEB Manicaragua

Problème d'alimentation électrique de l'atelier jusqu'en début d'après midi → Modification du programme.

3^{ème} partie de la formation

Assemblage et câblage des différents composants du système de régulation. Exposé du matériel nécessaire à l'assemblage du système.

4^{ème} partie de la formation

Méthodes de contrôle des différents signaux mesurables aux bornes des cartes du système de régulation.

Finalisation de la partie « Assemblage et câblage des composants du système de régulation », au moyen de photos prises lors du pré assemblage du système de régulation pilote.

Mercredi 10/12/08

- Manicaragua – UEB Manicaragua

Arrivée tardive suite à un problème de logistique avec l'Université

Retour d'expérience du régulateur JLA installé en 2006 à Colorado de Mayari - Présentation par M. Angel Luis Ricardo.

Présentation d'un système de régulation installé dans la région de Guantanamo annulée suite à l'absence des représentants de cette région à l'atelier de formation.

5^{ème} partie de la formation

Formation au dépannage du système de régulation : les techniciens belges ont volontairement mis le système de régulation « en panne », pannes qui devront être diagnostiquées et corrigées par les participants cubains avec les conseils du formateur.

Explication des règles de bonne conduite pour mener à bien un dépannage sur système électronique : vérifier le câblage des différents composants sur base du schéma, vérifier les alimentations des deux cartes électroniques, vérifier l'allure des différents signaux électriques.

Observation : cette partie pratique de la formation s'est révélée très intéressante et appréciée des participants. D'une part, cela a permis de mettre en pratique la théorie reçue durant les deux jours précédents et d'affronter les problèmes concrètement. D'autre part, cela a également permis de voir si les participants avaient bien intégré le fonctionnement du système de régulation, et de discuter les points forts et faibles du système de régulation. Par contre, la formation a encore une fois été interrompue suite à des problèmes sur la ligne électrique de l'atelier. La formation au dépannage n'a pu commencer que

tardivement dans l'après midi, alors que les formateurs devaient quitter Manicaragua à 17h pile pour arrivée à l'Université de Santa Clara au plus tard à 18h (contraintes logistiques). Cette partie de la formation a donc dû s'achever dans la précipitation.

Jeudi 11/12/08

- Manicaragua – UEB Manicaragua

Séance de question réponses vis-à-vis de la formation.

Remise en ordre du système de régulation en vue de son installation sur le site.

Echanges de points de vue au sujet de l'équilibrage des phases. Cette fonction n'est pas présente sur cette version du régulateur. Cela n'est pas dommageable dans le sens où l'alternateur installé sur le site pilote est largement surdimensionné (55kVA pour turbine 30 kW). Au vu du réseau utilisateur en place, on ne risque pas de surcharger une des 3 phases.

- Guanayara – Micro centrale « Batalla de Santa Clara »

Choix de l'emplacement du système de régulation

Installation et câblage du système de régulation par les participants à la formation. Câblage des résistances ballast.

Essai du système de régulation. Destruction des éléments de protection varistors + fusibles suite à une surtension (mauvais réglage du rhéostat d'excitation de l'alternateur).

Dépannage du système de régulation sur site – On ne pouvait espérer meilleur cas pratique !

Détection d'un problème de fonctionnement du régulateur : au démarrage du groupe turbogénérateur, en-dessous de la fréquence nominale, le régulateur charge à fond les résistances ballast jusqu'à arriver à +/- 200 V. Cela a pour effet de ralentir le démarrage du groupe.

Essais complémentaires : utilisation d'une résistance de 3 kW pour simuler la connexion/déconnexion de charges utilisateur.

On laisse le régulateur fonctionner jusqu'au lendemain.

Vendredi 12/12/08

- Manantiales – Micro centrale

Visite de la microcentrale hydroélectrique de la communauté de Manantiales, entièrement rénovée en 2008 dans le cadre d'un projet de collaboration avec l'Italie.

Le matériel fourni est du matériel IREM : turbine Pelton, alternateur, système de régulation par plots de charges binaires. Conduite forcée en tronçons de PEHD soudés.

Très belle réalisation.

-
-
-
-
-
-
-

-
- Guanayara – Micro centrale « Batalla de Santa Clara »

Retour d'expérience des opérateurs de la centrale vis-à-vis du fonctionnement du régulateur. Tout a bien fonctionné.

Dispense d'un complément d'information vis-à-vis des problèmes rencontrés la veille.

Modification du système de régulation pour empêcher qu'il ne charge les résistances ballast tant que la tension n'a pas atteint une valeur suffisante (+/- 210 V).

Essais complémentaires.

Le matériel d'essai (SATEC + résistances) a été oublié à l'atelier. Utilisation d'une des charges ballast pour simuler une charge utilisateur.

Samedi 13/12/08

- Guanayara – Micro centrale « Batalla de Santa Clara »

Explication des procédures de réglages des différents paramètres du régulateur (seuils fréquence-tension, paramètres de régulation PID).

Explication de la difficulté de réglage du paramètre dérivateur D, dont l'effet peut dans certains cas poser des problèmes de stabilité. Proposition de mettre au minimum l'effet dérivateur.

Célébration de la mise en place du nouveau système de régulation : méchoui de cochon et repas pour tous les participants à la formation ainsi que quelques habitants de la communauté de Guanayara.

Evaluation informelle de la formation par l'ensemble des participants.

Dimanche 14/12/2008

- Visite de la centrale de Lebrige

Une partie des participants sont partis visiter la Centrale de Sasa.

Visite de Lebrige par JL Willot, S Cuvelier, S Gutierrez, E Ferrera, C Vergara, A Luis Ricardo, R Olalde et d'autres participants.

Caractéristiques de Lebrige

Hauteur : 16 m

Débit : 130 l/s

Générateur : 48kW

Turbine Cross-Flow : 25 kVA

40 maisons raccordées

Réseau triphasé 220 V

Régulation manuelle. Il s'agit donc d'un site potentiel pour l'installation d'un système de régulation JLAR.

Un projet de créer une petite centrale de 700 kW est envisagé.

Au retour à l'atelier de Manicaragua, il était prévu de faire une évaluation de la formation avec tous les participants. Cependant, une crevaison a empêché le retour en temps et heure. L'évaluation est donc reportée au lendemain, avant la remise des diplômes.

Réunion informelle avec les participants venus visiter la centrale de Lebrige.

Lundi 15/12/2008

- Manicaragua – UEB Manicaragua

Evaluation du déroulement de l'atelier de formation.

Distribution d'enquêtes de satisfaction anonymes.

Débat entre les participants à l'atelier et le partenaire belge JLA & Co : questions, avis, suggestions,...

Le partenaire belge offre des pièces de rechange pour le régulateur pilote, ainsi que du matériel nécessaire à l'assemblage du régulateur.

Distribution de CD contenant les présentations dispensées lors de la formation, les photos, les datasheets des composants du régulateur.

Séance de remise des diplômes aux participants.

- Manicaragua – Réunion à l'UEB Manicaragua

M. Wilfredo López (W.L.)

Mme Eysell Ferreira (E.F.)

M. Simon Cuvelier (S.C.)

M. Jean-Luc Willot (J.W.)

M. Raúl Olalde (R.O.)

Mme Sara Gutiérrez (S.G.)

Objectif de la réunion

Préparer la réunion prévue le lendemain avec "La Empresa Nacional de Hidroenergía" à la Havane, qui a pour but de créer un partenariat entre JLA & Co sprl et "La Empresa Nacional de Hidroenergía" pour la fabrication de régulateurs.

Eléments principaux de la rencontre :

- Capacité de production des cartes électroniques JLAR en fonction de la quantité demandée :
 - 1-3 cartes : 3 mois
 - 3-5 cartes : 4 mois
 - 5-10 cartes : 5 mois
 - plus de 10 cartes : 6 mois
- Avec la commande des deux cartes composant le système de régulation, les connecteurs entre les deux cartes sont compris.
- Les techniciens belges assurent que les paramètres PID seront pré réglés avant départ des ateliers belges. L'ajustement des seuils fréquence-tension peut également se faire avant départ des ateliers belges.
- R.O. insiste sur le control de qualité. Le partenaire belge attribuera un numéro de série et un certificat de qualité pour chaque carte.
- L'entreprise d'hydroénergie devra fournir les documents nécessaires pour que JLA & Co sprl procède à son accréditation en vue de pouvoir exporter du matériel à Cuba.
- L'entreprise importatrice avec laquelle l'entreprise d'hydroénergie travaille est Energoimport, qui appartient aussi au MINBAS.
- JLA & Co devra également fournir une autorisation stipulant que l'entreprise d'hydroénergie est habilitée à assembler des systèmes de régulation sur base de la technologie JLAR.
- Les deux partenaires vont signer un contrat stipulant les responsabilités de chacun. D'une part, la responsabilité de JLA&Co avec la qualité de son produit. D'autre part, la responsabilité des cubains de réaliser un bon assemblage du régulateur. Le contrat va se dessiner progressivement, en arrivant à un accord entre les deux parties concernées.

- Energoimport va proposer trois à six offres de systèmes de régulation comparables au système JLAR. Cet appel d'offre est imposé par la loi. L'entreprise d'hydroénergie demandera l'avis des techniciens belges concernant des produits concurrents.
-
- L'entreprise d'hydroénergie demande à JLA & Co une liste de référence des régulateurs déjà en fonctionnement.
- L'importation du matériel pour les sites pilotes restant à équiper dans le cadre de WalCubaHydro se fera via l'EMEC (MINVEC), et non via Energoimport. Le partenaire cubain s'occupera de l'importation du matériel et de l'assemblage des régulateurs.
- Il faut planifier la mission des techniciens cubains en Belgique afin de coordonner cette mission avec l'assemblage d'un système de régulation. Il serait en effet intéressant que les cubains aient assemblé un système avant de venir en Belgique, afin de réaliser un retour d'expérience productif.
- L'université de Las Villas dispose de facilités pour dispenser des cours de langue. Il s'avère nécessaire que les candidats à participer à la mission en Belgique parlent français ou anglais.
- E.F. propose que les deux participants à la mission en Belgique soient des techniciens de l'atelier de Manicaragua. Il semble cependant intéressant que Angel Luis Ricardo participe à cette mission, sa connaissance de la technologie de régulation et du français constituant des atouts non négligeables à la réussite de cette mission.

Mardi 16/12/2008

- Voyage Santa Clara – La Havane

M. Simon CUVÉLIER
M. Jean-Luc WILLOT
M. Raül OLALDE
M. Félix SANTOS

3 heures de voyage avec le véhicule du CETA

Sara Gutierrez fait le trajet avec le camion de l'UEB Manicaragua en compagnie de Wilfredo López. Raül OLALDE et Sara GUTIERREZ doivent participer aux réunions suivantes :

- CubaEnergia (M. David)
- CubaSolar (M. Fernando)
- Geprop (M. Curbelo)

- La Havane – Réunion à la Empresa Nacional de Hidroenergia

Réunion préparatoire

M. Simon CUVÉLIER
M. Jean-Luc WILLOT
Mme Eysell FERREIRA
M. MARRERO (directeur adjoint - Empresa Hidroenergia)
M. CASTELLANOS (Spécialiste hydroénergie - Empresa Hidroenergia)
M. TJAMOKOV (Spécialiste ventes et achats extérieurs - Energoimport)
M. GARAY (directeur général des investissements - Empresa Hidroenergia)

Objectif de la réunion

Préparer la réunion prévue plus tard dans la journée avec le directeur général de la Empresa Nacional de Hidroenergia, M. PAZO).

Eléments principaux de la rencontre :

- Présentations
- Explication du projet WalCubaHydro, des résultats de la mission qui s'achève et des perspectives
- Explication de la procédure d'accréditation de JLA & Co pour pouvoir exporter du matériel à Cuba. Le contact se fera avec M. Tjamokov, mais on peut passer par M. Garay comme intermédiaire.
-
- M. Castellanos nous remet des documents relatifs à ce qu'il faut réunir comme documents pour l'accréditation. Une version définitive de cette liste de documents-procédures nous sera envoyée par mail.
- Préparation de ce qui sera dit à la réunion de l'après midi avec le directeur de la Empresa, M. Pazo.

Visite de l'Empresa de Hidroenergia avec M. Ferreira, M. Castellanos, et le chef d'atelier.

Repas de midi au restaurant de l'Empresa de Hidroenergia.

Finalisation d'une présentation des activités de JLA & Co sprl dans le bureau de Mme Ferreira.

Réunion

M. Simon CUVELIER

M. Jean-Luc WILLOT

Mme Eysell FERREIRA

M. MARRERO (directeur adjoint - Empresa Hidroenergia)

M. CASTELLANOS (Spécialiste hydroénergie - Empresa Hidroenergia)

M. TJAMOKOV (Spécialiste ventes et achats extérieurs - Energoimport)

M. GARAY (directeur général des investissements - Empresa Hidroenergia)

Objectif de la réunion

Créer un partenariat entre JLA & Co sprl et "La Empresa Nacional de Hidroenergía" pour la fabrication de régulateurs.

Eléments principaux de la rencontre :

- Présentation de la mission de formation par Mme Ferreira (Powerpoint) → très positif !
- Présentation de JLA & Co sprl par M. Cuvelier et flashbacks sur la mission qui s'achève.
- Impressions de Mme Ferreira et JLA & Co, perspectives d'avenir de la collaboration.
- Documents à préparer: contrats de collaboration, autorisation émanant de JLA & Co autorisant l'Entreprise d'Hydroénergie à assembler des régulateurs JLAR, clauses de qualité des deux parties, certificats de qualité et numéro de série pour les cartes constituant la base du régulateur.
- Tout le monde s'entend pour reprendre contact en janvier-février 2009 :
 - JLA & Co : lancer la procédure d'accréditation sur base des documents et d'un rapport positif qui nous seront envoyés par Mme Ferreira et M. Castellanos. Envoyer une liste permettant l'identification de sites potentiels sur base des spécifications du régulateur JLAR.
 - Empresa de Hidroenergia : recherche de sites pour les 4 autres régulateurs pilotes. Sélection finale des 2 participants à la mission en Belgique. Identification de 20 à 25 sites potentiels pour l'installation de régulateurs.

Installation Casa Particular "Migdalia y Jose Manuel"

Mercredi 17/12/2008

- La Havane - Journée détente

Jeudi 18/12/2008

- Voyage Cuba-Belgique annulé suite à un problème technique sur l'avion. Le retour est reporté au samedi 20/12/2008, le logement (pas les repas) à La Havane étant pris en charge par la compagnie Air France.

Vendredi 19/12/2008

- La Havane - Journée détente

Samedi 20/12/2008

- Voyage Cuba-Belgique

Annexe S. Liste de participants

Participantes en el Taller Nacional de Reguladores Electrónicos. Del 8 al 15 de Diciembre, Villa Clara.

No	Nombres y Apellidos	Graduado de.	Cargo	Procedencia
1	Eysell Ferreira Gutiérrez	Ing. Civil ,Hidráulica	Directora Técnica	Empresa Hidroenergía
2	Yaser Cabrera Guilarte	Ing. Mecánico	Esp. en Mtto y Operación	Empresa
3	Carlos Fernández Rivera	Ing, Telecomunicaciones y Electrónica	Esp. en Mtto y Operación	UEB Pinar del Río
4	Luis René Fernández Rodríguez	Ing. Eléctrico	Esp. en Mtto y Operación	UEB Cienfuegos
5	Ismael Hernández Casañas	Lic. Fisica- Mat – Comp.	Esp. en Mtto y Operación	UEB Cienfuegos
6	Wilfredo López Hernández	Ing. Mecánico	Director UEB Villa clara	UEB Villa Clara
7	Carlos M. Vergara Castro	Ing. Mecánico	Esp.Princ.	UEB Villa Clara
8	Yuniel Arguelles Domínguez	Ing. Eléctrico	Esp. en Mtto y Operación	UEB Villa Clara
9	Ruperto Chaviano Prieto	Obrero calificado	Electricista	UEB Villa Clara
10	Juan Carlos Meléndez Pupo	Técnico Electricista	Electricista Mtto.	UEB Santiago
11	René Consuegra Sotolongo	Obrero calificado	Electricista enrrollador	UEB Villa Clara
12	Alberto Luis Rivero	Obrero calificado	Electricista enrrollador motores sumergibles	UEB Villa Clara
13	Michel Antonio Santos Álvarez	Lic. Electroenergético	Jefe taller enrrollado.	UEB Granma
14	Zandy Milán Betancourt	Tec. Medio Electrónica	Electricista enrrollador	UEB Granma
15	Angel Luis Ricardo Grave de Peralta	Ing Eléctrico	Esp. Princ.	UEB Santiago de Cuba
16	Carlos Alberto Rodríguez Castro	Ing Eléctrico	Esp. en Mtto y Operación	UEB Santiago de Cuba

Annexe T. Programme de l'atelier de formation

PROGRAMA DE ACTIVIDADES

<u>DIA</u>	<u>Hora</u>	<u>Actividad</u>	<u>Lugar</u>	<u>Dia</u>	<u>Hora</u>	<u>Actividad</u>	<u>Lugar</u>
7	2:00-8:00	Recibimiento y hospedaje	UEB-Hotel	11	7:30-8:30	Desayuno	UEB
8	7:30-8:30	Desayuno	UEB		9:00-12:00	Trabajo práctico En MCHE Bat. de Sta. Clara.	MCHE
	9:00-12:00	Generalidades, principio De funcionamiento del Regulador JLA.			12:30-1:30	Almuerzo	MCHE
	12:30-1:30	Almuerzo	UEB		2:00-5:00	Trabajo Práctico.	MCHE
	2:00-5:00	Arquitectura del sistema De regulación JLA.™	UEB		6:00-7:00	Comida	UEB
	6:00-7:00	Comida	UEB.	12	7:30-8:30	Desayuno	UEB
9	7:30-8:30	Desayuno			9:00-12:00	Trabajo práctico En MCHE Bat. de Sta. Clara.	MCHE
	9:00-12:00	Métodos de control de señales en los bornes de la tarjeta de regulación.	UEB		12:30-1:30	Almuerzo	MCHE
	12:30-1:30	Almuerzo	UEB		2:00-5:00	Trabajo Práctico	MCHE
	2:00-5:00	Ensamble y cableado de Los componentes del Sistema de regulación piloto.	UEB		6:00-7:00	Comida	UEB
	6:00-7:00	Comida	UEB.	13	7:30-8:30	Desayuno	UEB
10	9:00-12:00	Exposición de las experiencias Regulador de Mayarí y Regulador de Guantánamo.	UEB		9:00-12:00	Trabajo práctico En MCHE Bat. de Sta. Clara.	MCHE
	12:30-1:30	Almuerzo	UEB		12:30-1:30	Almuerzo	MCHE
	2:00-5:00	Debate general sobre los temas	UEB		2:00-5:00	Trabajo Práctico.	MCHE
					6:00-7:00	Comida	UEB
				14	8:00	Visita a MCHE Lebrige Futuro sitio donde se Instalará un regulador .	Lebrige
				15	10:00	Conclusiones y entrega	

Annexe U. Traitement de réponses de l'enquête d'évaluation réalisé aux participants à l'atelier

EVALUATION DE L'ATELIER NATIONAL DE RÉGULATION ÉLECTRONIQUE (réalisé du 8 au 16 décembre 2008)

On a réalisé le traitement de réponses en-sous de chaque question. Les participants ayant rempli l'enquête somment un total de 13 personnes interrogées.

Marquez de 1 à 5 en fonction de moins à plus contentement:

Logistique de l'atelier	1	2	3	4	5	Moyenne de réponses
1. Satisfaction par rapport à la nourriture offerte pendant l'atelier						5
2. Satisfaction par rapport au logement offert pendant l'atelier						4,44
3. Satisfaction par rapport au transport au long de l'atelier						4,76
						5
Formation de part des techniciens belges						5
4. Satisfaction générale de l'atelier						5
5. Préparation de l'atelier de la part de techniciens belges						5
6. Partie théorique abordée						5
7. Partie pratique abordée						5
8. Traduction partie théorique						4,84
9. Traduction dans le terrain						4,84

10. ¿Est-ce que vous considérez que la distribution du temps entre la partie théorique et pratique du programme a été adéquate? oui no

Si la réponse est no, quelle est votre proposition?

Réponses: La totalité d'interrogés a répondu oui.

11. ¿Est-ce que le sujet traité a été intéressant? oui no

Si la réponse est no, quelle est la partie qui n'a pas trouvé intéressant?

Réponses: La totalité d'interrogés a répondu oui.

12. ¿Est-ce qu'il y a eu des sujets qui n'ont pas été abordés et que vous auriez voulu prendre en compte? oui no

Si la réponse est oui, laquelle?

Réponses: Un 84,62% a répondu no, ce qui équivaut à 11 personnes de 13 interrogés. Une personne a proposé aborder les régulateurs qui agissent sur le débit. L'autre personne qui a répondu no, voudrait que pour prochaines formations et futurs ateliers existe déjà un manuel avec lequel le participant peut se guider pendant l'apprentissage et avec lequel pouvoir transmettre de connaissances acquises.

13. ¿Est-ce que le fait que les techniciens belges ne parlaient pas l'espagnol vous a supposé un problème? oui no

Si la réponse est oui, pour quoi?

Réponses: Un 84,62% a répondu no. Il y a deux personnes qui ont perçu comme un problème

que les techniciens belges ne parlent pas l'espagnol. L'opinion d'un d'eux est que c'est

toujours mieux recevoir le message de première main, dû à ce que ça génère plus de confiance au récepteur, même si, les contenus ont été reçus intègrement. Un autre commentaire d'une personne qui a répondu oui est qu'ils ont réussi à établir une bonne communication malgré les différences de langue entre techniciens et participants. Un autre commentaire encore de réponses affirmatives est que pour prochaines collaborations ça sera envisageable que les techniciens apprennent l'espagnol.

14. ¿Quelle est l'évaluation globale de l'atelier? Critiques, propositions, améliorations possibles,...

Le traitement des réponses de cette question a déjà été traité dedans du corps du travail.

Annexe V. Opinions des participants à l'atelier et de l'opérateur le dernier jour de travail pratique à Batalla Santa Clara. Retour d'expérience.

Opinion de Carlos F.R., ingénieur en télécommunications et électronique, spécialiste de la maintenance et l'opération de la UEB Pinar del Rio: « Ça été une expérience très positive. Avec plus de documentation ça serait plus facile de continuer à la formation. Dans la Région de Pinar del Río il y a 2 centrales isolées sans régulation où pourrait s'appliquer ce système.... »

Opinion de Yuniel A.D.¹, ingénieur électrique, spécialiste en maintenance et opération de l'UEB Villa Clara: « L'expérience a été positive. On va faire des efforts pour réaliser l'assemblage correctement et faire les méditations préalables puisque les régulateurs fonctionnent bien dans les micros. On va continuer à apprendre..... »

Opinion de René C.S, ouvrier qualifié, technicien qui s'occupe de bobinage de moteurs à l'UEB Villa Clara: « Ça été une expérience très bonne. Celle-ci humanise le travail de l'opérateur de la centrale, augmente la qualité du service que l'entreprise fournit à la population, et augmente l'efficacité des équipes. Celle-ci est une vision future très positive si on réussit à matérialiser la construction de l'atelier, on va faire des efforts et le matériel humain est là, je crois qu'on va arriver, aussi avec la collaboration des techniciens belges »

Opinion de Michel. S.A., licencié en Electro énergie, patron de l'atelier du bobinage à l'UEB Granma: « L'expérience a été positive. On a passé une semaine d'échange, d'acquisition de connaissances et ça été très fructifère. Cette solution n'est pas encore appliquée dans aucune centrale de Granma, on voudrait aussi expérimenter cette option dans nos installations, étant donné que c'est une solution qui résout la qualité du service. Une entreprise qui fait les démarches pour implémenter la gestion de la qualité, cette démarche est aussi à considérer là-dedans, faisant partie de la qualité du service. On pense, que avec cette atelier on pourra affronter les difficultés qu'on rencontré dans la plupart des microcentrales du pays, et n'est pas seulement penser à Granma, sinon à tout le pays, et que la solution s'applique dans toutes les zones rurales. »

Opinion de Yaser. C, ingénieur mécanique, spécialiste en maintenance et opération de l'entreprise d'hydro énergie de l'Havane« Dans mon cas, même si je ne suis pas électrique j'ai acquis une grande expérience avec cette atelier...et je suis à disposition pour apporter de l'expérience pour l'assemblage dans l'atelier de Villa Clara. La majeure expérience s'acquerra avec l'assemblage des équipes et c'est surtout en faisant face à la réalité qu'on va apprendre, bien sûr en tenant compte de la collaboration des techniciens belges, mais en travaillant nous, disposition on en a... »

1 Il est un des techniciens cubains choisi pour la mission des techniciens cubains en Belgique.

Opinion d' Angel Luis. R², ingénieur électrique, spécialiste principal de l'UEB Santiago de Cuba:

« Ces jours qu'on a passé ici on a appris pas mal de choses...quand on a commencé à travailler avec le développement d'un système de régulation on avait la vision de que cette option servît de préambule de qu'on envisageait pour le pays entier, on a eu l'opportunité d'installer un premier prototype à Mayari avec les techniciens belges. Aujourd'hui, on se sent fiers que cela a offert la possibilité de développer cet atelier et on est venu ici avec le désir d'apprendre et d'adopter les connaissances pour ce qu'on attend après pour l'entreprise. Dans le pays on a une totalité de 149 microcentrales qui travaillent en régime isolé, et on sait tous que celles-ci doivent doter d'un régulateur de vitesse. Celui-ci est partie de notre processus de certification de la qualité et la première chose qui doit avoir de la qualité est le service qu'on fourni. Celle-ci est une position de respect vers nos clients et nos opérateurs. »

Opinion de Carlos R., ingénieur électrique, spécialiste en maintenance et opération de la UEB Santiago de Cuba: « avoir un projet de collaboration que consiste en l'amélioration des microcentrales isolés où les installations revivent, en pouvant fournir un service de qualité, qu' évite les variations de fréquence et tension, qu'humanise la tâche de l'opérateur, en évitant de devoir passer tout le temps à côté de la machine pour contrôler les variations, que permet fournir une service efficace comme on a pu vérifier,....on a appris beaucoup.....avec une autre forme d'expliquer les choses, les partenaires ont fait des efforts en que nous apprenions à développer des habilités, en nous posant problèmes déterminés qui permettaient voire si on était bien orientés ...on a fait des échanges et cela est la meilleure forme d'apprendre, on a vérifier les connaissances.....et en plus, il y a eu des problèmes inattendus qui nous ont permis réfléchir à la solution, et cela nous servira à long terme, elles ne vont plus passer, parce qu'on sait déjà pourquoi il y a eu ce problème.....finalement toutes les machines ne se comportent de la même façon, et chaque communauté connecte différents types de charges.....toutes ces choses on contribué et on enrichi la formation de l'atelier et on a mis en place la pratique que ce ça qu'on voulait.....en plus, toutes les techniciens ont appris un peu plus de ceux qu'ils savent déjà, et ça leur permettra développer d'autres fonctions différents à celles qu'ils réalisaient avant, c'est très bon, très positif..... et qu'un lui explique les connaissances à l'autre...»

Opinion d'Eysell F, directrice du secteur Technique de l'entreprise d'hydro énergie à l'Havane:

Opinion d'un des opérateur qui travaille dans la microcentrale de Batalla Santa Clara: «on a déjà dit beaucoup de choses, le plus important est déjà dit par les collègues, mais ce que je peux dire de part de l'entreprise est qu'on est intéressé que cela ait du succès, et que ça ne reste pas seulement ici à Batalla Santa Clara ni à la reste des sites pilotes du projet, sinon qu'on est intéressée à que la

2 Il est le deuxième technicien qui participera à la mission des cubains en Belgique. Il a aussi participé a la construction et mise en place du première prototype de régulation pendant le projet WalCubaHydro 2004-2007.

totalité de nos installations disposent de ce système de régulation mais aussi il y a quelque chose très important est c'est que les connaissances ne restent pas ici à l'atelier sinon qu'on continue à apprendre, à se documenter, à acquérir des connaissances, pour être préparés pour le futur.....

On essayera de faire tout le possible pour que ça ait du succès et ne reste pas ici seulement avec le projet de collaboration..... »

Opinion d'un des opérateurs de la microcentrale de Batalla Santa Clara: « Excellent, il n'y a pas une autre chose pour le bon fonctionnement de l'installation et du bon service qui es fournie, c'est n'est pas seulement un changement pour l'installation et pour l'opérateur sinon pour les bénéficiaires qui Vont avoir plus de qualité dans le service, et vont pouvoir prendre soin de ses équipes.....la différence, et qu'avant était manuelle, et je devais constamment manœuvrer la machine....maintenant il faut simplement stabiliser et observer qu'il n'y a pas de défaillance....je n'ai pas eu besoin de manœuvrer tout le temps... »

Annexe W. Liste du matériel complet pour l'atelier de formation

- 35 blocs de feuilles
- 35 bics
- 1 platine de régulation électronique verte type PCB, JLAR-ELC
- 1 unité à Thyristors, avec radiateur, ventilateur et filtres RC
- 1 platine d'assemblage en matériau synthétique
- 1 boîte contenant du petit matériel électrique : fusibles, bornes de puissance, câbles électriques, vis
- 3 résistances électriques à ailettes
- 2 coffres à outils