

REPUBLIQUE DU BURUNDI



MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES

REGIE DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION D'EAU ET D'ELECTRICITE

(REGIDESO)

PROJET D'EFFICACITE ENERGETIQUE (PEE)

N° DU DON : GEF n° TF 012460-BI / N° DU PROJET : P117225

**PROGRAMME D'ACTION NATIONAL D'EFFICACITE  
ENERGETIQUE ET DETERMINATION DES STANDARDS DE  
REGULATION ET DE MISE EN OEUVRE DE LA POLITIQUE  
D'EFFICACITE ENERGETIQUE**

**Volume 2- PROGRAMME D' ACTIONS NATIONALE D'EFFICACITE ENERGETIQUE**

**« Rapport Définitif »**

Préparé par :



Adresse : Espace SASAF, Bloc A, 2ème étage, bureau n°2-3, Montplaisir 1073, Tunis, Tunisie

Tél : +216 71 904 235, Mobile : +216 98 270 547, Fax : +216 71 901 786

Email : [mabrouk.sghaier@yahoo.fr](mailto:mabrouk.sghaier@yahoo.fr) ou [msghaier@enerplus.com.tn](mailto:msghaier@enerplus.com.tn)

Site Web: [www.enerplus.com.tn](http://www.enerplus.com.tn)

**Décembre 2015**

## Table des matières

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
<b>2 POURQUOI L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EST PRIMORDIALE AU BURUNDI ?.....</b>	<b>7</b>
2.1 LA TENDANCE MONDIALE EN EFFICACITE ÉNERGETIQUE .....	7
2.2 LE DEFICIT ÉLECTRIQUE AU BURUNDI.....	9
2.3 L'UTILISATION DESORDONNEE DES RESSOURCES EN BIOMASSE.....	10
2.4 LE FUEL-OIL IMPORTE SUR UNE DISTANCE DE 1400 KM .....	12
2.5 QUE PEUT FAIRE L'EFFICACITE ÉNERGETIQUE POUR LE BURUNDI ? .....	12
<b>3 CONTEXTE ET ENJEUX DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE AU BURUNDI.....</b>	<b>15</b>
3.1 BILAN ÉNERGETIQUE.....	15
<b>3.1.1 État des lieux.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.2 Les Perspectives.....</b>	<b>21</b>
3.2 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX .....	24
<b>3.2.1 Contexte International .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.2 Le Contexte du Burundi .....</b>	<b>25</b>
3.3 SITUATION ÉCONOMIQUE DU BURUNDI.....	28
3.4 ÉTAT DES LIEUX DE LA REGLEMENTATION ÉNERGETIQUE AU BURUNDI .....	31
<b>3.4.1 Le traité de la Communauté d'Afrique de l'Est.....</b>	<b>32</b>
<b>3.4.2 États des Lieux de la Réglementation sur l'Efficacité Énergétique du Burundi.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4.3 Équipements et Appareillages Économiques au Burundi .....</b>	<b>33</b>
3.5 L'EFFICACITE ÉNERGETIQUE ET LA TARIFICATION .....	34
3.6 PRINCIPALES REALISATIONS EN EFFICACITE ENERGETIQUE AU BURUNDI .....	35
<b>4 AXES STRATEGIQUES LA POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE AU BURUNDI.....</b>	<b>38</b>
4.1 STRATEGIE SECTORIELLE.....	38
4.2 SECTEURS PRIORITAIRES .....	38
4.3 AXES D'INTERVENTIONS PRIORITAIRES.....	38
4.3.1 MAITRISE DE LA DEMANDE D'ELECTRICITE .....	38
4.3.2 ECONOMIE DE BOIS ENERGIE .....	39
4.3.3 ECONOMIE DE PRODUITS PETROLIERS.....	39
4.3.4 AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DU SECTEUR ELECTRIQUE.....	40
4.3.5 DEVELOPPEMENT DE TECHNOLOGIES DURABLES :.....	41
4.3.6 SYSTEME D'INFORMATION ENERGETIQUE .....	41
<b>5 PLAN D' ACTIONS NATIONAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE.....</b>	<b>42</b>
5.1 PROGRAMME : AUDIT ENERGETIQUE ET ETUDE D'IMPACT ENERGETIQUE.....	42
5.2 PROMOTION DE L'ÉCLAIRAGE EFFICACE.....	44
5.3 PROGRAMME D'ÉTIQUETAGE ET DE NORME MINIMALE DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES APPAREILS ELECTROMENAGERS DES LAMPES .....	45
.....	46
5.4 CODE DE BATIMENT.....	46
5.5 PROGRAMME D'ECONOMIE BOIS ENERGIE .....	47
5.6 EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE TRANSPORT .....	48

5.7	PROGRAMME DE BIOGAZ.....	49
5.8	SYSTEME D'INFORMATION ENERGETIQUE ET DE MANAGEMENT DE L'ENERGIE .....	50
5.9	DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE SOLAIRE .....	51
5.10	ACCOMPAGNEMENT DE LA REGIDESO DANS LA MISE EN PLACE DE SON PLAN D'ACTION D'EFFICACITE ENERGETIQUE.....	52
<b>6</b>	<b>MODE DE FINANCEMENT DU PLAN D'ACTION NATIONAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE.....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>DETERMINATION DES STANDARDS.....</b>	<b>56</b>
7.1	EQUIPEMENTS ECONOMES D'ENERGIE.....	56
7.2	NORMES ET PROTOCOLES RELATIVES AUX SERVICES EXO-ENERGETIQUES .....	57
7.2.1	<i>La norme ISO 50001 relative au Système de Management de l'Energie.....</i>	<i>57</i>
7.2.2	<i>La norme NF 16247 relative aux méthodes de référence d'audit énergétique: .....</i>	<i>58</i>
7.2.3	<i>La mesure et la vérification de la performance énergétique selon le protocole international de l'IPMVP :.....</i>	<i>59</i>

## Annexe : Equipements d'économie de l'énergie selon les standards

## Liste des Tableaux

Tableau 1- Analyse des Ventes d'électricité en 2014.....	18
Tableau 2- Evaluation de la demande en bois de feu et charbon de bois, 2011 .....	19
Tableau 3- Importation de Fuel-oil par Catégorie .....	20
Tableau 4- Prévisions d'Atténuation des GES aux Horizons 2030 <sup>25</sup> .....	26
Tableau 5- Objectifs d'Atténuation des GES vers 2025.....	28
Tableau 6 Contribution de l'énergie dans le PIB 2007 - 2015 .....	31
Tableau 7- Projection de la Capacité de Production Énergétique (2013-2038) .....	32
Tableau 8- Projection du Surplus Moyen en Énergie (2013-2038) <sup>29</sup> .....	33
Tableau 9- Comparaison des Tarifs de l'Électricité à la CAE, en UScents/KWh, 2009.....	35
Tableau 10 : Programme d'accompagnement de la cellule d'économie d'énergie à la REGIDESO .....	36
Tableau 11 : Etablissements bénéficiaires de l'audit énergétique PEE .....	37
Tableau 12 : Secteurs prioritaires de la politique d'Efficacité Énergétique au Burundi .....	38
Tableau 13 : Programme d'accompagnement de la cellule d'économie d'énergie à la REGIDESO .....	52
Tableau 14 : Liste des équipements économes d'énergie .....	56

## Liste des Figures

Figure 1- Impact Financiers de la Politique de l'Efficacité Énergétique .....	13
Figure 2- Répartition de l'Énergie Primaire Consommée .....	15
Figure 3- Production et Importation d'Électricité en 2014, in GWh.....	16
Figure 4- Consommation Énergétique des Principaux Secteurs Economiques (2014).....	17
Figure 5- Perspectives de Développement de l'Électricité au Burundi.....	22
Figure 6- Projection des Emissions de GES avec les Scenarios Conditionnels et Inconditionnels.....	27
Figure 7- Principaux Facteurs Macro-économiques .....	29
Figure 8-Evolution des Parts Sectorielles dans le PIB .....	29
Figure 9- Prévision d'évolution du PIB par habitant en US\$ .....	31
Figure 10 Répartition du parc d'automobile selon les tranches d'âges des véhicules.....	40
Figure 11 Processus du Système de Management de l'Énergie selon la norme ISO 50001 .....	42
Figure 12 : processus du Système de Management de l'Énergie .....	58

### **ACRONYMES ET SIGLES**

ABER	Agence Burundaise de l'Électrification Rurale
ACR	Agence de Contrôle et de Régulation du Secteur de l'Eau Potable et de l'Electricité
AHR	Agence de l'Hydraulique Rurale du Burundi
AIE	Agence Internationale de l'Énergie
ANEED	Agence Nationale d'Efficacité Énergétique du Burundi (nouvelle)
ATEP	Approvisionnement Total en Energie primaire
BAD	Banque Africaine de Développement
BBNCQ	Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité (aussi BBN)
BIF	Franc Burundais (Abréviation légale)
BM	Banque Mondiale
BMA	Burundi Manufacturers Association
BMM	Burundi Mining Metallurgy
BT	Basse Tension
BUR	Burundi
c	centième d'une unité - cents (centime de USD) dans le présent rapport
CAE	Communauté d'Afrique de l'Est (EAC)
CO2	Dioxyde de Carbone
CoC	Certificat de Conformité (Certificate of Conformity)
COFIL	Comité de Pilotage
CSLP	Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté
C	Celsius (degré)
DGE	Direction Générale de l'Énergie (Ministère de l'Énergie et des Mines)
DGHER	Direction Générale de l'Hydraulique et de l'Électrification Rurale
DSM	Demand Side Management (gestion de la demande électrique)
EAC	East African Community (Communauté de l'Afrique de l'Est)
EAPP	Eastern Africa Power Pool
EE	Efficacité Énergétique
EIE	Etude impact énergétique
ENDEV	ENergising DEvelopment
ENR	Energie Nouvelle et Renouvelable
FED	Fonds Européen de Développement
GEF	Global Environment Facility -
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – Coopération Allemande
GPL	Gaz de Petrole Liquifié
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-heure
hab	habitant
HT	Haute Tension
IDE	Investissement Direct Étrangers
IDH	Indice du Développement Humain
IFDC	International Fertilizer Development Center
ISTEEBU	l'Institut de Statistiques et d'Etudes économiques du Burundi
KFW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Banque de développement allemande)
k	kilo
kt	kilo tonne
ktebf	kilo tonne équivalent bois de feu
ktep	kilo tonne équivalent pétrole
kWc	kilo-watt-crête (unité photovoltaïque)
kWh	kilowatt-heure
LBC	Lampe Basse Consommation

LFC	Lampe Fluorescente compacte
LNBTP	Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Public du Burundi
m.	mois
M	Million
Mds	milliards
MEM	Ministère de l’Energie et des Mines
Mhab	million d’habitants
MTTPE	Ministère des Transports, des Travaux Publics et de l’Équipement du Burundi
Mt	Méga tonne
MT	Moyenne Tension
Mtep	Méga-tonne équivalent pétrole
MUSD	million de dollars américains
MW	Mégawatt
MWh	Mégawatt-heure
m <sup>2</sup>	mètre carré (unité SI de surface)
m <sup>3</sup>	mètre cube (unité SI de volume)
NMPE	Normes Minimales de Performance Énergétique
OBR	Office Burundais des Recettes
OMD	Objectifs du millénaire pour le Développement
ONATOUR	Office National de la Tourbe
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
OTB	Office du Thé du Burundi
PIB	Produit Intérieur Brut
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPP	Partenariat Public Privé
PTF	Partenaires Techniques et Financiers
RDC	République Démocratique du Congo
REGIDESO	Régie de Production et de distribution d’Eau et d’Electricité du Burundi
RWA	Rwanda
s	secondes
SER	Sources d’Energies Renouvelables
SEW	Sustainable Energy through Woodlots (programme IFDC)
SE4ALL	Sustainable Energy For ALL
SGS	Société Générale de Surveillance (compagnie)
SI	Système International (unités légales internationales)
SINELAC	Société Internationale d’Electricité des Pays des Grands Lacs
SNEL	Société Nationale d’Electricité de la République Démocratique du Congo
SOSUMO	Société Sucrière du Moso
SWERA	Solar and Wind Ressource Assesment – Atlas mondial de l’éolien et du solaire
T	Tonne
tep	Tonne équivalent pétrole
TWh	Téra-watt heure
UAE	Unité d’Audit Énergétique (nouvelle)
UCB	Unité du Code du Bâtiment (nouvelle)
UE	Union Européenne
USD	Dollar américain
V	Volt
W	Watt

## 1 INTRODUCTION

Le Gouvernement de la République du Burundi a reçu un don de la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement agissant en qualité d'agence d'exécution du Fonds Mondial pour l'Environnement (Don GEF n°TF 012460-BI) pour financer le coût du Projet d'Efficacité Énergétique PEE (Projet N° P117225).

Dans ce cadre, Enerplus Group est mandaté par la REGIDESO –PEE pour l'élaboration d'un programme d'action national d'Efficacité Énergétique et détermination des standards de régulation et de mise en œuvre de la politique d'efficacité de la politique d'efficacité énergétique.

La mission comporte les deux composantes suivantes :

- Composante 1 : Elaboration d'un plan d'actions visant l'application des résultats de l'audit énergétique de la REGIDESO réalisé en 2014 et l'assistance technique à la mise en œuvre de quelques actions
- Composante 2 : Conception d'un programme national d'efficacité énergétique et détermination des standards de régulation et de mise en œuvre de la politique d'efficacité énergétique

Ce rapport est le troisième rapport contractuel présentant les résultats de la composante 2, à savoir :

- Contexte et enjeux de l'Efficacité Énergétique au Burundi
- Structure de la production et de la consommation de l'énergie
- Axes stratégiques pour le développement de l'Efficacité Énergétique au Burundi
- Potentiel d'économie d'énergie dans les différents secteurs économiques
- Plan d'actions national de l'Efficacité Énergétique
- Standards et normes relatifs à l'Efficacité Énergétique

## 2 POURQUOI L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EST PRIMORDIALE AU BURUNDI ?

### 2.1 La Tendance Mondiale en Efficacité Énergétique

Dans la plupart des pays, l'efficacité énergétique peut être vue comme une filière énergétique au même titre que les énergies renouvelables ou les hydrocarbures. La dernière décennie a vu le retour en force de ces préoccupations, en particulier après une autre flambée probable des prix du pétrole et des coûts énergétiques.

#### Les Politiques de l'Efficacité Énergétique

Cinq développements majeurs sur le plan des politiques d'efficacité énergétique ont été annoncés ou mis en œuvre dans le monde depuis environ un an :

- le plan du gouvernement chinois de fortement diminuer la dépendance de son industrie à la consommation inefficace de charbon;
- le Clean Power Plan des États-Unis (Voir détails à L'Annexe 1);
- la Directive relative à l'efficacité énergétique de l'union européenne;
- l'adoption par le gouvernement indien de normes de réduction de la consommation de carburant pour les véhicules servant au transport des passagers ;
- l'entente entre la chine et les États-Unis ciblant une réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre respectives.

Chacun de ces développements devrait contribuer à accélérer les efforts mondiaux en matière d'efficacité énergétique, avec des effets positifs sur la croissance économique dus non seulement aux économies d'énergie, mais également à l'expansion de ce secteur.

#### Les Tendances Internationales en Efficacité Énergétique

---

Bien qu'il soit difficile de l'estimer précisément, l'AIE évalue que le secteur mondial de l'efficacité énergétique dépasse maintenant les 300 milliards de dollars de chiffre d'affaires annuel<sup>1</sup>, et les mesures proposées sont vues de plus en plus comme une manière de combattre à bas coût l'augmentation de la consommation d'énergie. Pour les pays membres de l'AIE, c'est une diminution de presque 8 % de la consommation d'énergie que l'on attribue à ces mesures. Le résultat le plus probant a été obtenu dans le secteur résidentiel, relativement à l'amélioration de la performance énergétique liée au chauffage des espaces et de l'eau, aux appareils électroménagers et à l'éclairage.

Les améliorations liées au secteur de l'efficacité énergétique peuvent s'effectuer dans la conversion de l'énergie, la distribution et la consommation finale. Le secteur mondial de la production d'électricité, par exemple, a vu ses pertes en transport et en distribution atteindre 1 880 TWh, ou 8,8 %, en 2012; ces pertes variant d'environ 5 % au Japon à plus de 20 % en Inde. Les principaux facteurs menant à ces différences comprennent l'efficacité du réseau électrique ainsi que son administration, les distances parcourues, les conditions climatiques et les barrières non techniques (comme le vol, qui est commun en Inde, par exemple). Cependant, il faut noter qu'une panoplie de facteurs contribuent à des pertes moins élevées, comme l'adoption de transformateurs plus efficaces, l'utilisation accrue de réseaux de transport à haute tension, les réseaux de distribution intelligents ou encore la mise en place d'une part croissante de production d'énergie décentralisée mieux adaptée à la demande locale (comme l'éolien et le solaire, par exemple)<sup>2</sup>.

La Chine, plus grand consommateur d'énergie au monde, a adopté ces dernières années de nombreuses politiques visant à améliorer l'efficacité énergétique de tous ses secteurs, dans sa tentative de lutter contre le niveau extrêmement élevé de pollution de l'air de plusieurs de ses villes. Dans le secteur industriel, le gouvernement chinois a mis en place des mesures pour accélérer les rénovations des chaudières, réduire les pratiques de production désuètes dans les industries énergivores comme les aciéries et les cimenteries, et éliminer progressivement les chaudières au charbon, grandement inefficaces. De plus, les véhicules chinois à « étiquette jaunes » (Yellow Label) manufacturés avant la fin de 2005 seront progressivement retirés des routes à partir de 2015. Dans le secteur de la construction, au moins la moitié des nouveaux bâtiments devront respecter des normes de bâtiment « vertes » strictes d'ici à 2015<sup>3</sup>. Cette détermination de la Chine montre bien l'importance qu'elle accorde à l'efficacité énergétique, perçue comme un pilier de sa croissance.

Un peu partout dans le monde, dans le secteur des transports, les principaux manufacturiers ont adopté des normes de consommation de carburant. Par conséquent, ces normes d'efficacité énergétique de plus en plus strictes s'appliquent maintenant à la consommation d'essence de plus de 70 % de la flotte mondiale de véhicules légers, et à plus de 75 % des ventes de ces véhicules. Pendant la décennie à venir, l'amélioration de l'efficacité de la consommation de carburant des véhicules devrait contribuer largement à la réduction de l'intensité énergétique du transport et de l'économie mondiale.

Le plus important progrès devrait s'accomplir dans les pays non membres de l'OCDE, où les normes d'efficacité énergétique sont relativement nouvelles<sup>4</sup>. Puisque la flotte de véhicules légers est

---

<sup>1</sup> AIE (2014b). Energy Efficiency Market Report: Market Trends and Medium-Term Prospect, Paris, Agence internationale de l'énergie

<sup>2</sup> AIE (2014a). World Energy Outlook, Paris, Agence Internationale de l'Énergie. p. 281-2

<sup>3</sup> AIE (2014a). World Energy Outlook, Paris, Agence Internationale de l'Énergie.

<sup>4</sup> AIE (2014b). Energy Efficiency Market Report: Market Trends and Medium-Term Prospect, Paris, Agence Internationale de l'Énergie.

caractérisée par un taux de renouvellement relativement élevé, ces améliorations devraient se matérialiser beaucoup plus rapidement que pour le secteur de la construction ou celui des processus industriels, pour lesquels la durée de vie des équipements et des bâtiments est souvent beaucoup plus longue.

Dans les pays en développement, l'un des obstacles majeurs au progrès en matière d'efficacité énergétique est causé par l'absence de signaux clairs concernant les prix. Lorsque la consommation d'énergie n'est pas bien mesurée, ou lorsque les coûts liés à l'énergie sont subventionnés, les usagers n'ont aucune raison de réduire leur consommation. La subvention des coûts du pétrole destiné aux raffineurs et les prix d'électricité fixés en dessous des coûts de production sont deux exemples de signaux de prix erronés envoyés aux consommateurs. Selon l'AIE, les subventions de toutes formes visant à maintenir à un niveau artificiellement bas les prix à la consommation des hydrocarbures fossiles ont atteint 548 milliards de dollars en 2013, à l'échelle planétaire<sup>5</sup>.

Ces problèmes liés aux signaux concernant les prix ne sont cependant pas limités à ces régions. Partout dans le monde, les prix de l'énergie ne

tiennent souvent pas compte d'externalités environnementales et sociales importantes liées à l'exploitation et à l'utilisation de certaines formes d'énergie. Ces externalités peuvent prendre diverses formes, comme la pollution de l'air ou de l'eau, les émissions de gaz à effet de serre, les dommages locaux irréversibles à la suite de certains déversements de pétrole, ou encore le déplacement de populations pour l'exploitation d'une ressource énergétique. C'est la logique mise de l'avant par les tenants de l'éco-fiscalité qui préconise des instruments comme une taxe sur le carbone pour favoriser des sources d'énergie propres. Les mesures d'efficacité énergétique, pour espérer atteindre pleinement leurs objectifs, doivent tenir compte de ces limitations des marchés de l'énergie.

#### GRANDES TENDANCES EN EFFICACITE ENERGETIQUE

- Diminuer la dépendance aux sources fossiles.
- Réduire la consommation énergétique dans tous les secteurs, dont les secteurs résidentiels, industriels et des transports.
- Adopter des normes visant l'amélioration de l'intensité énergétique, que ce soit pour les véhicules ou encore pour les biens de consommation.

## 2.2 Le Déficit Électrique au Burundi

Le réseau électrique du Burundi utilise principalement des centrales hydrauliques, centrales thermiques, groupes diesel et l'électricité importée des pays voisins.. Il alimente principalement une partie des ménages, les industries, les établissements importants du secteur tertiaire et certains artisans.

Le Burundi souffre d'un déficit offre-demande important qui est estimé en 2015 à 30 MW. La puissance hydroélectrique techniquement et économiquement exploitable sur un potentiel national de 1700 MW est estimée à 300 MW pour une puissance installée hydroélectrique à fin 2014 de seulement 32.9 MW<sup>6</sup>. La pointe de production enregistrée à fin 2014 est de 55,38 MW (sans délestage à la pointe) contre une pointe de 49,46 MW en Juin 2014 (incluant 1.7 MW de délestage). L'augmentation s'explique par la contribution de la centrale en location (10 MW), à partir du mois d'Avril 2013, ainsi que l'entrée en

<sup>5</sup> AIE (2014a). World Energy Outlook, Paris, Agence Internationale de l'Energie.

<sup>6</sup> Volume\_1- Rapport de Synthèse du rapport d'Audit Énergétique de la REGIDESO-Janvier 2014

service en Août 2013 de la Nouvelle centrale thermique de la REGIDESO de 5 MW, soit une augmentation de 12% par rapport à la pointe de 2014.

Le déficit au niveau de la production durant les dernières années est expliqué dans les rapports annuels de la REGIDESO par « la faible mobilisation des financements ». Ce déficit a été estimé pour 2015 à 30 MW (au lieu de 25 MW à fin 2014) à l'échelle nationale après la mise en service de la centrale thermique en location de 10MW et de la nouvelle centrale thermique de la REGIDESO de 5 MW.

Malheureusement, avec moins de 200 GWh distribués annuellement dont seulement 50 GWh pour les activités productives, 24 kWh consommés par habitant, 2 % des foyers desservis par réseau interconnecté ou isolé, l'électricité burundaise est l'une des moins développées au monde. L'absence d'investissement significatif depuis vingt ans la met aujourd'hui au bord de l'effondrement technologique et économique. Cette situation risque même de s'aggraver dans les années qui viennent du fait de l'absence d'aménagements de production encore clairement programmés à ce jour.

La situation énergétique du Burundi est et restera marquée par des délestages fréquents en saison sèche et en période de travaux dans l'une ou l'autre des centrales de production. Pendant ces années de crise énergétique, les axes stratégiques du sous-secteur consisteront à (i) sauvegarder les équipements existants, (ii) comprimer la demande (délestage) et (iii) prendre des mesures d'urgence permettant d'atténuer les conséquences de la pénurie.

Selon l'évaluation financière faite par la REGIDESO en Octobre 2013, le soutien du Gouvernement du Burundi permet de financer la totalité des coûts thermiques relatifs à la location thermique et 75% des coûts de carburant de la centrale thermique de la REGIDESO de Bujumbura en 2013 à 2016. Cette hypothèse suggère que la contribution du Gouvernement est d'un montant total de BIF5.0 milliards (3,1 millions \$ US) en 2013, BIF25.0 milliards (14,8 millions \$ US) en 2014, BIF13.5 milliards (7,7 millions \$ US) en 2015, et BIF11.2 milliards (6,2 millions \$ US) en 2016. Ces subventions directes ont été introduites de manière à modérer les augmentations tarifaires demandées par REGIDESO. Cependant, avec les coûts bas du fuel-oil constaté en 2015, ces subventions pourraient être plus faibles. Le soutien prévu (y compris l'ACCOVAM) est l'équivalent de 22,4% (en 2013), 45,1% (en 2014), 30,6% (en 2015) et 19,0% (en 2016) du total des besoins de revenus dans chacune de ces années. Ces chiffres montrent que le soutien du gouvernement burundais est crucial au cours des prochaines années, et sans un tel soutien, les tarifs nécessaires devront être portés à des niveaux qui seront insoutenable<sup>7</sup>.

### **2.3 L'utilisation Désordonnée des Ressources en Biomasse**

Pays enclavé et tributaire des importations de produits pétroliers, le Burundi mise sur les ressources énergétiques locales notamment la biomasse. A condition d'être utilisé avec méthode, efficacité et discernement, l'énorme potentiel de biomasse constitue un atout capital pour la relance et le développement d'une filière biomasse-énergie pour assurer à court et moyen terme l'accès de tous à l'énergie, le développement économique, sanitaire et social dans le respect des enjeux environnementaux.

Avec un taux d'électrification inférieur à 5% et un usage du bois de feu comme moyen de cuisson principal pour plus de 96% de la population, il apparaît qu'une écrasante majorité de la population du Burundi n'a pas accès aux services énergétiques modernes.

---

<sup>7</sup> REGIDESO, Financial Assessment of Electricity Operations 2010 – 2025, Octobre 2013

Au Burundi, les ressources naturelles en général sont en régression en raison de la forte pression et densité démographique qui pousse à la recherche de nouvelles terres agricoles et engendre un déficit considérable entre l'offre et la demande annuelles en bois énergie (bois et charbon de bois). Les mouvements de la population et de bétail, conséquences des conflits que le pays a connus depuis 1993, ont accentué les impacts environnementaux de l'utilisation désordonnée des ressources en biomasse surtout en matière de déforestation et d'empiètement sur les parcs protégés.

La situation du bois-énergie est rendue complexe du fait de l'absence de législation concernant son utilisation en milieu rural. Les principaux acteurs impliqués sont nombreux et variés. Il s'agit des propriétaires des boisements (Etat, commune, privé), des charbonniers, des transporteurs, des grossistes, des revendeurs détaillants pour la filière bois-énergie. Il faut aussi ajouter les petits et les gros consommateurs (boulangeries, restaurants...) pour le bois de feu. Tous ces acteurs travaillent sans aucune coordination et n'ont aucun cadre de concertation.

### ***L'énergie moderne pour les applications thermiques (cuisson, chauffage)***

#### **o Accès physique**

Entre 96 et 99 % (selon les sources) de la population n'a pas accès à l'énergie moderne tant pour la cuisson que pour le chauffage. La majorité des urbains pauvres, même titulaires d'un compteur électrique cuisinent au bois de feu ce qui explique ce chiffre.

En 2011, une analyse des flux à Bujumbura<sup>8</sup> a montré que la consommation annuelle de bois peut être estimée à 14 500 t/an dont 93% à usage énergétique tandis que la consommation annuelle de charbon de bois est estimée à 51 000 t/an dont 96.7% pour les ménages.

La lettre de politique énergétique 2011 évaluait la consommation totale de bois énergie entre 3,3 et 4.5 millions de tonnes par an, alors que la production nationale de bois de feu est évaluée entre 1,3 et 2,9 millions de tonnes par an.

Non seulement la consommation de bois feu accélère la déforestation, mais elle n'est actuellement pas suffisante pour la consommation nationale, surtout que l'autre source comme le butane est cher et peu distribué sauf à Bujumbura.

Il existe de nombreux programmes de développement de foyers améliorés mais malgré tout leur usage n'est pas systématique.

#### **o Disponibilité**

Le bois de feu est disponible partout, avec les conséquences indiquées précédemment.

Le Burundi dispose de gisements de tourbe exploitables de l'ordre de 50 millions de tonnes. Difficile à utiliser dans son état naturel du fait de son odeur désagréable pour la cuisson et des fumées nocives de combustion, la tourbe est peu utilisée par la population. Les principaux clients de l'Office national de la tourbe (Onatour) sont les collectivités comme les prisons, les casernes, les pensionnats et les hôpitaux.

---

<sup>8</sup> Étude diagnostique du secteur de l'Énergie au Burundi dans le cadre de l'Initiative du Secrétaire Général des Nations Unies sur l'Énergie durable pour tous (Sustainable Energy for All), Juin 2013

○ **Durabilité**

La consommation actuelle en bois contribue à une déforestation qui créera une catastrophe d'ici 20 ans. Il n'y a donc pas de renouvellement de la ressource et sa durabilité n'est pas assurée.

Le projet régional (Congo, Rwanda, Burundi) SEW (Sustainable Energy through Woodlots) d'IFDC semble montrer que la gestion de la ressource forestière associée à des pratiques efficaces de production de charbon de bois et de mise en place de foyer améliorés permettrait une autosuffisance et une régénérescence de la forêt.

## 2.4 Le Fuel-oil Importé sur une Distance de 1400 km

L'utilisateur principal des hydrocarbures au Burundi, est le secteur des transports. L'utilisation du pétrole lampant et des gaz de pétrole liquéfiés pour la cuisson reste marginale en raison des difficultés d'approvisionnement. Le sous-secteur électrique est devenu un consommateur important de gazole comme suite à la remise en service de la centrale électrique de Bujumbura et de groupes diesel supplémentaires.

Pays enclavé, ne disposant de ressources ni pétrolières ni gazières prouvées, éloigné des raffineries et même des installations d'embouteillage de gaz propane liquéfié, le Burundi est totalement dépendant pour son approvisionnement en hydrocarbures du transport des produits raffinés sur des distances de l'ordre de 2000 km qui en renchérissent lourdement les prix<sup>9</sup>.

Le Burundi subit donc de plein fouet :

- les aléas du transport routier et des soubresauts politiques des pays traversés
- les variations erratiques des cours du pétrole sur le marché mondial
- les effets d'une situation de concurrence réduite sur le marché intérieur tant en prix qu'en qualité des produits
- les effets environnementaux et les impacts sur la consommation de gaz à effet de serre liés au transport du fuel lors de l'approvisionnement.

## 2.5 Que Peut Faire l'Efficacité Énergétique pour le Burundi ?

L'expérience passée montre que l'efficacité énergétique a livré des avantages significatifs. Depuis 1973, si les politiques d'efficacité énergétique n'avaient pas été mis en place, la consommation d'énergie dans le monde serait de 50% plus élevée. On estime que d'ici 2030 jusqu'à 23 million GWh plus d'énergie pourrait être économisée si un éventail de mesures d'efficacité énergétique les plus rentables ont été mis en œuvre<sup>10</sup>.

Lorsque nous parlons d'efficacité énergétique, nous introduisons la notion de "négawatt". Le négawatt quantifie une puissance « en moins », c'est-à-dire la puissance économisée par un changement de technologie ou de comportement sans que l'utilisateur ait à modifier ses pratiques. Par exemple, en améliorant l'isolation thermique des bâtiments, la régulation des systèmes de climatisation, l'aérodynamisme des véhicules, etc.

Pourtant, quelques pays dont le Burundi n'ont pas entamé le pas pour réduire l'écart entre ses indicateurs en efficacité énergétique et ceux des pays à économie similaire. Une proportion significative du potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique au Burundi ne se réalise pas - en raison

---

<sup>9</sup> Extrait de la Lettre de la politique énergétique du Ministère de l'Énergie et des Mines, juin 2011 :

<sup>10</sup> Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency, Agence Internationale de l'Énergie, 2008

d'obstacles sur le marché de l'énergie. Ces obstacles du marché inhibent les améliorations de l'efficacité énergétique. Ils prennent de nombreuses formes, allant de l'accès insuffisant au capital, l'isolement des signaux des prix, l'asymétrie d'information, et le manque d'incitatifs. Bien que de nombreuses études aient rapporté l'existence de ces barrières de marché, aucun jusqu'ici n'a tenté de quantifier l'ampleur de leur effet sur le marché de l'efficacité énergétique au Burundi.

Parmi les nombreux avantages souvent attribués à investir dans l'efficacité énergétique est le fait qu'il peut aider à la croissance économique et la création d'emplois. Des recherches antérieures menées par l'ACEEE<sup>11</sup> et d'autres a confirmé la création d'emplois qui est souvent utilisé comme une motivation pour stimuler les investissements par les gouvernements. Cependant la vérification de ces prestations de création d'emplois est plus compliquée que cela puisse paraître au premier abord.

La Tunisie par exemple s'est intéressée à l'efficacité énergétique depuis trois décennies. Ce pays récolte encore le fruit des efforts mis de l'avant dans les années quatre-vingt et continues de mettre sur pieds des programmes innovateurs en efficacité énergétique. Récemment, une évaluation des résultats à mener à constater qu'un Dinar (0.65 US\$) dépensé en efficacité énergétique entraîne la mobilisation de 4.5 Dinars (environ 3 US\$) et génère une économie de 7.3 Dinars (4.75 US\$) tel que repris dans la figure 1 ci-après :

*L'efficacité énergétique offre une occasion unique de répondre à quatre défis que vit le Burundi:*

- la sécurité énergétique,
- le développement Économique
- La création d'emploi, et
- le changement climatique.

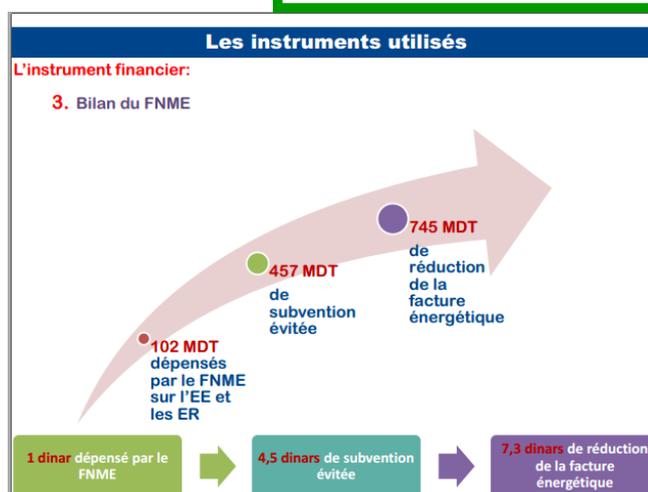


Figure 1- Impact Financiers de la Politique de l'Efficacité Énergétique<sup>12</sup>

## Tordre le cou aux idées reçues...sur l'efficacité énergétique

<sup>11</sup> American Council for an Energy-Efficient Economy

<sup>12</sup> Présentation de la 'Politique de l'Efficacité Énergétique en Tunisie', ANME, Avril 2014

***Idée Reçue No1***

*L'efficacité Énergétique ne permet pas à la REGIDESO de balancer ses revenus et ses dépenses*

***Idée Reçue No2***

*L'efficacité énergétique va coûter des milliards de BIF au Gouvernement*

***Idée Reçue No3***

*Pourquoi le consommateur doit investir pour améliorer l'efficacité énergétique de ses équipements alors qu'il subit des délestages fréquents*

Avant d'évaluer le coût de l'efficacité énergétique, commençons à réfléchir à ce que coûterait la poursuite de la tendance actuelle de consommation pour les 40 prochaines années : Entre l'augmentation inéluctable de la facture énergétique notamment les importations des hydrocarbures fossiles, l'importation de l'électricité depuis les pays voisins, la mise aux normes de sécurité puis le remplacement du parc de production électrique et les effets dévastateurs du dérèglement climatique, **le prix de l'inaction est exorbitant avec une exposition de la précarité énergétique qui affecte aujourd'hui plus de 95% des ménages non raccordés au réseau électrique au Burundi.**

Face à cela, la politique de l'efficacité énergétique a un coût maîtrisé :

- Les "actions de sobriété (dont la mise en place de Système de Management de l'Énergie), relevant plutôt du comportement, des habitudes et des décisions des individus et des organismes ne coûtent presque rien mais rapportent beaucoup,
- Les actions d'efficacité énergétiques sont en réalité un investissement pour la réduction de la facture énergétique pour le consommateur donc elles sont rentable à plus ou moins court terme,
- Le développement des énergies renouvelables et de la valorisation des déchets nécessitent des investissements relativement importants qui se concentrent sur la mise en place de moyen de production énergétique mais qui est compensé par des coûts d'exploitation très faibles (le vent ou le soleil sont gratuits !). De plus à cause des économies d'échelle, les énergies renouvelables sont et deviendront encore plus compétitives que les énergies fossiles dans le monde comme au Burundi.

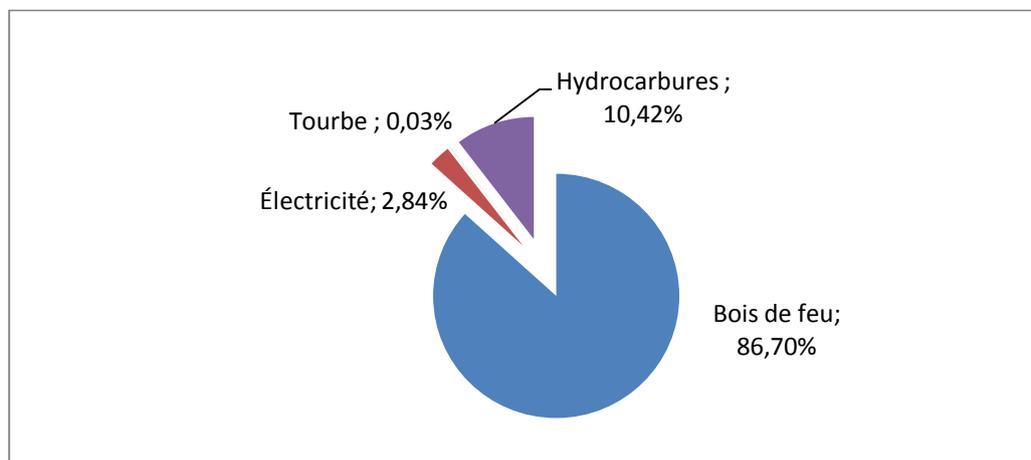
### 3 CONTEXTE ET ENJEUX DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE AU BURUNDI

#### 3.1 Bilan Énergétique

##### 3.1.1 État des lieux

##### a) Bilan Énergétique Total

Tel qu'attendu le bois de feu est la source énergétique la plus utilisée au Burundi avec une consommation qui oscillait entre



**Figure 2- Répartition de l'Énergie Primaire Consommée<sup>13</sup>**

Dans ce qui suit, nous ferons l'état des lieux de chacune de ces formes d'énergie primaire disponible au Burundi.

##### b) L'Électricité

##### Cadre communautaire et régional

La République du Burundi est liée par une convention avec la République du Congo, par laquelle il acquiert auprès de la Société Nationale d'Electricité (SNEL) du Congo une partie de l'énergie distribuée au Burundi.

La République du Burundi est également partie à la Communauté des Etats des Grands Lacs (CEPGL), par une convention internationale en date du 20 septembre 1976. Cette organisation est dotée d'une institution spécialisée nommée SINELAC, sous forme de société de droit international public dont les Etats membres de CEPGL sont parties. SINELAC a été constituée le 17 février 1984 pour l'exploitation de la centrale de RUZIZI II d'une puissance de 43,2 MW. Le siège de SINELAC est en RDC. La production est vendue aux sociétés nationales d'électricité des Etats membres (Burundi, le Rwanda et la République Démocratique du Congo), selon une clé de répartition convenue entre les parties.

Un nouvel accord est intervenu le 25 août 2009 entre SNEL et REGIDESO, sur la base duquel la SNEL fournit et facture à la REGIDESO de l'énergie de la centrale de RUZIZI I, dont SNEL est devenue propriétaire. La durée du contrat d'achat de vente et d'énergie de la SNEL/REGIDESO est

<sup>13</sup> Bilan 2011 selon la Stratégie nationale de développement des énergies nouvelles et renouvelables à l'horizon 2030, PNUD 2013

de deux (2) ans renouvelable d'accord partie, à compter du 25 août 2009. Cette durée est très inhabituellement courte pour un contrat d'achat d'énergie.

La loi 2015 du secteur de l'électricité met fin au monopole de la REGIDESO en ce qui concerne la production, le transport et la distribution d'électricité au Burundi. La nouvelle réglementation en 2015 met en place un cadre dans lequel l'Etat module les obligations et droits exclusifs selon la zone. Sans nommer la REGIDESO, l'Etat pour les centres secondaires et la zone d'exploitation dans une première période fixée pour chaque contrat de délégation, fait assurer la distribution de l'électricité par l'exploitant principal et la production par des exploitants indépendants, qui sont liés à l'exploitant principal par des contrats de vente d'énergie.

### La Production

La production totale d'électricité de l'exercice 2014 est 264,4 kWh y compris les importations, soit une légère augmentation de 0,22% par rapport à la production de l'exercice 2013 (263,9 GWh). L'importation de l'énergie électrique est en baisse de 33,41% et elle représente 34% par rapport à la production totale de 2014 contre 39% en 2013. L'énergie importée en 2014 en provenance de la RUZIZI I a diminué de 8,66% et celle de RUZIZI II de 14,75% par rapport à l'année 2013. Quant à la contribution des centrales thermiques dans la production nationale, elle représente 13% uniquement comme en témoigne la figure de production et importation d'électricité en 2014

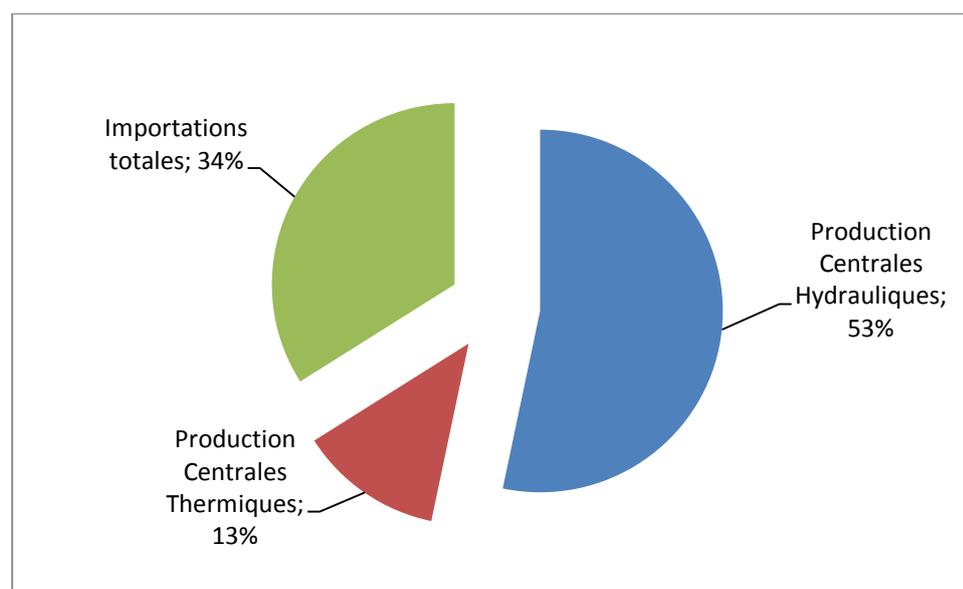


Figure 3- Production et Importation d'Électricité en 2014, in GWh

Les centrales hydro du Burundi sont toutes des centrales au fil de l'eau sans réservoirs, sauf la centrale de Rwegura qui a une retenue utile de 17 million de m<sup>3</sup>. Les centrales de la cascade de la Ruzizi ont le Lac Kivu comme réservoir, mais comme elles ne fournissent pas le Burundi uniquement, elles ne peuvent être utilisées à la discrétion du Burundi. De ce fait, le Burundi a une capacité modérée d'utilisation de ses centrales hydro en back-up d'éventuelles capacités solaires ou éoliennes ou autres capacités intermittentes.

S'agissant de l'état du réseau électrique, il est vétuste comme en témoigne le nombre de défauts qui n'a cessé d'accroître passant de 3162 en 2012 à 4426 en 2013 pour atteindre 5275 en 2014.

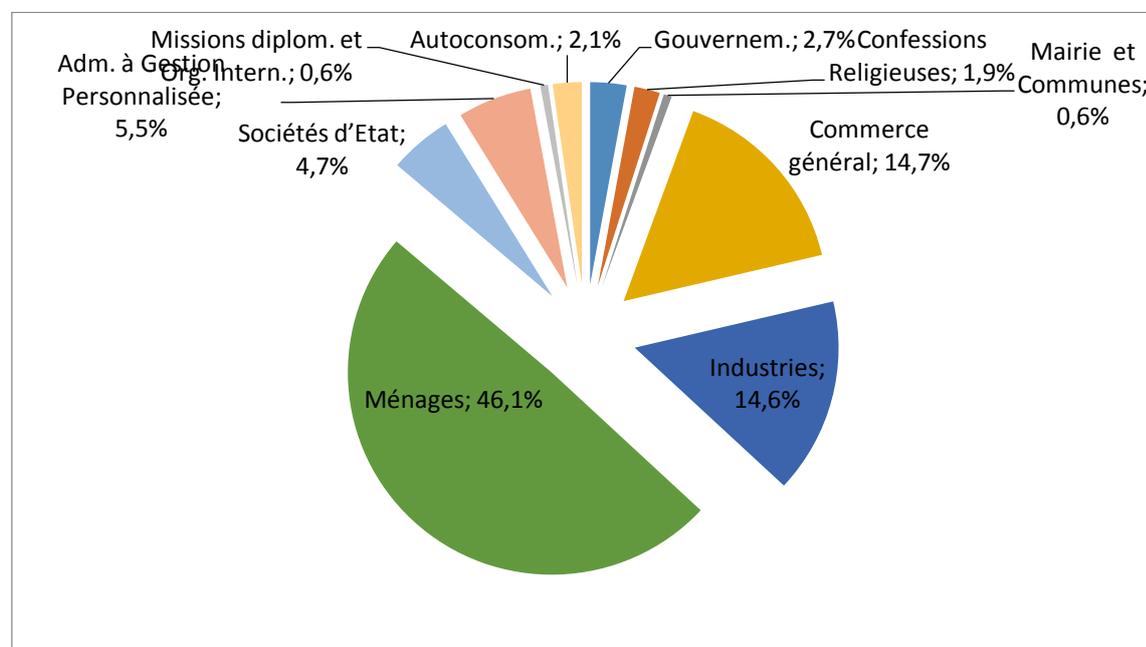
La demande électrique du Burundi sans cesse croissante a conduit à la saturation des unités de production nationales. C'est ainsi que la demande en 2014 a été couverte d'une part, par une importation de l'électricité en provenance des sociétés SINELAC (12 MW) et du RDC auprès de la SNEL (Ruzizi I de puissance 3.5MW), et d'autre part, par l'exploitation des centrales thermiques de 5,5MW et 5MW prise en charge par la REGIDESO en plus de la centrale de 10MW en location. La pointe du réseau a été de 57,47 MW et a été enregistrée le 07/05/2014 à 21h du soir. Cette pointe est appelée à croître considérablement pour atteindre 204MW avec une consommation projetée de 925GWh en 2025.<sup>14</sup> Le déficit en 2013 en pointe (sans les centrales thermiques) est estimé par le MEM entre 13 MW pendant la saison des pluies et 25 MW pendant la saison sèche<sup>15</sup>.

De plus, l'ABER (Agence Burundaise de l'Electrification Rurale) exploite sept mini-centrales hydroélectriques pour une puissance totale de 1.52 MW qui alimentent des petits centres isolés. Les organisations religieuses exploitent neuf mini-centrales d'une capacité totale de 0,29 MW et il existe une centrale privée de 0,36 MW exploitée par l'Office du Thé du Burundi<sup>16</sup>.

### Les Ventes

Dans le secteur de l'électricité, les ventes en valeur ont augmenté de 2,9 % entre 2013 et 2014 passant de 33,633 milliards BIF en 2013 à 34,664 milliards BIF en 2014. En quantités, elles ont accru de 11.3% passant de 205,45 GWh à 228,67 GWh. Par rapport à la production, le taux de perte électrique est de 13,53% en 2014 contre 22,14% en 2013.

Le réseau électrique ne dessert que Bujumbura, Gitega et quelques villes. En 2014, 46.1% de l'électricité a été vendue aux ménages alors que les commerces n'ont été approvisionnés qu'à hauteur de 14.7% suivis des industries qui ont bénéficié de seulement 14.6% comme en témoigne la figure ci-après :



**Figure 4- Consommation Énergétique des Principaux Secteurs Economiques (2014)**

<sup>14</sup> REGIDESO, Financial Assessment of Electricity Operations 2010 – 2025, Octobre 2013

<sup>15</sup> Note d'orientation sectorielle "énergie", Conférence sectorielle, MEM, 28-29 octobre 2013

<sup>16</sup> Note d'orientation sectorielle "énergie", Conférence sectorielle, MEM, 28-29 octobre 2013

Le nombre de nouveaux raccordements en électricité en 2014 a été de 4866, soit une hausse de 62% par rapport à l'indicateur de performance du contrat de performance entre le Gouvernement du Burundi et la REGIDESO fixé à 3000 raccordements par an. À Bujumbura, les nouveaux raccordements s'élèvent à 2235 en électricité tandis qu'à l'intérieur du pays, 2631 raccordements ont été exécutés dans le secteur de l'électricité. Les connexions électriques sont très majoritairement à Bujumbura (42 000 environ soit 63% en 2011), les autres connexions étant dans les quelques villes desservies dans le pays

**Tableau 1- Analyse des Ventes d'électricité en 2014**

Type de Compteurs	Vente d'électricité en GWh, 2014	Ratio	variation 2014/2013	Vente d'électricité en BIF, 2014	Ratio	Variation 2014/2013	Tarif Moyen en BIF/KWh
Compteurs classiques	146,669,667	64.1%	9,0%	21,502,997,466	62.0%	-0,8%	146.6
Compteurs prépayé	81,999,841	35.9%	15,6%	13,161,370,832	38.0%	10,1%	160.5
<b>Total</b>	<b>228,669,508</b>	<b>100%</b>	<b>11.3%</b>	<b>34,664,368,298</b>	<b>100%</b>	<b>3.1%</b>	<b>151.6</b>

Le tarif de l'électricité moyen est donc de 151.6 BIF/KWh ou 10 USCents /kWh. Cependant le MEM estime que le coût de la production thermique d'urgence est de 14.2 USCents ce qui est une des causes des difficultés de la REGIDESO. En mars 2012 le tarif a été porté à 12.5- 13USCents/kWh mais cette augmentation a été mal perçue par les consommateurs dans la mesure où ces derniers ont dans leur grande majorité un très faible pouvoir d'achat et la qualité du service fourni reste médiocre<sup>14</sup>.

Le taux d'accès à l'électricité est mal connu car d'une part, une seule connexion peut servir plusieurs ménages, et d'autre part, seul le nombre de branchements de REGIDESO est connu alors que le nombre de consommateurs qui utilisent des générateurs individuels ou qui sont desservis par des mini-réseaux n'est pas connu.

### **c) La biomasse**

Le bois est la ressource principale en énergie pour la cuisson. Cependant, la demande annuelle (3.3 -4.5 millions de tonnes) est supérieure à la production nationale (1.3-2.9 millions de tonnes). Avec une réserve forestière estimée à 200 000 ha en 2010 pour une population supérieure à 8 millions d'habitant dont entre 96 et 99% (selon les sources) utilisent le bois comme combustible (sous les deux formes de bois ou charbon de bois), les perspectives futures sont alarmantes pour les 15 à 20 années à venir si des mesures radicales ne sont pas prises dans les prochaines années.

La demande en bois de chauffages et en charbon de bois ont été estimée en 2011 comme suit :

Tableau 2- Evaluation de la demande en bois de feu et charbon de bois, 2011<sup>17</sup>

Tonnes	2010
<b>Bois de chauffage/ domestique</b>	5 984 810
<b>Commerce &amp; institution</b>	106 028
<b>Pêche &amp; agriculture</b>	13 277
<b>Industrie manufacturière &amp; construction</b>	2 833
<b>Bois de chauffage (total)</b>	<b>6 106 948</b>
<b>Charbon de bois (total)</b>	<b>125 675</b>
<b>Bois à usage bois de feu et charbon<sup>18</sup></b>	<b>7 677 888</b>

Le Burundi dispose de gisements de tourbe estimés à 600 millions de tonnes. Le gisement exploitable serait de l'ordre de 47 à 58 millions de tonnes. Actuellement, la tourbe est utilisée comme combustible pour le chauffage ou la cuisson.

Une centrale électrique alimentée par de la biomasse existe à la SOSUMO (Société Sucrière du Moso). Il s'agit d'une unité de cogénération de 2 x 2 MW alimentée à partir de la bagasse (déchet de la canne à sucre) et fonctionnant durant toute la campagne sucrière de 6 mois. Malheureusement, cette turbine n'est raccordée qu'à l'usine de la SOSUMO (et aux bâtiments administratifs). Aussi, ses excédents éventuels ne sont pas valorisés par une injection sur le réseau de la REGIDESO.

Une soixantaine de projets collectifs (écoles, camps,...) ont été réalisés dans les années 90 à partir des déjections animales ou humaines qui produisent du biogaz pour lesquelles, suite aux événements, une réhabilitation est nécessaire. Cette ressource énergétique reste pertinente à exploiter.

#### d) Les hydrocarbures

Il n'y a pas de raffinerie au Burundi. Au Burundi, l'importation et la distribution des produits pétroliers sont effectuées par une dizaine de sociétés dont les principales sont : EngenPetroleum Burundi, Sicopp, Petrobu, Ercoil, BOC, Petrofina, Interpetrol, etc. Ces sociétés exploitent environ 70 stations-services dont la plupart sont localisées à Bujumbura.

Trois corridors de transport sont utilisés pour les produits pétroliers : Le corridor Nord (Mombasa-Eldoret par canalisation puis la voie routière), Le corridor Sud (Dar es Salam puis la voie routière) et la voie lacustre très utilisée autrefois à partir de Kigoma en Tanzanie dont le port est lui-même desservi

<sup>17</sup> « Stratégie sectorielle » IED janvier 2011 et « Second inventaire national des gaz à effet de serre » PNUD/MEEATU - Août 2009 - Évariste RUFUGUTA

<sup>18</sup>Avec un rendement de carbonisation traditionnelle de 8%

par chemin de fer depuis Dar es Salam. Cette voie est la moins coûteuse mais il y a pénurie de wagons-citernes.

La capacité de transport a été limitée à 35.000 litres par chargement pour protéger les infrastructures routières. Le fioul lourd en provenance de Mombasa à destination de la Brasserie doit être transporté intégralement par voie routière car il est impropre au transport par canalisation. Le cout de transport entraine donc un supplément de cout de l'ordre de 30% par rapport au prix CIF<sup>19</sup>.

En 2011, plus de 79 000 tonnes de fuel ont été importés. Il existe deux centres de stockages d'hydrocarbures, l'un à Bujumbura (14 000 m3), l'autre à Gitega (25 000 m3).

Les hydrocarbures sont essentiellement utilisés dans le transport (super, gasoil et Jet A-1), la production électrique thermique (Gasoil), les usages thermiques industriels (gasoil et pétrole) et les ménages (pétrole). Les importations par type de fuel-oil sont décrites ci-après :

**Tableau 3- Importation de Fuel-oil par Catégorie<sup>20</sup>**

(en litre)	2011	%
<b>SUPER</b>	36 290 416	46%
<b>GASOIL</b>	34 766 177	44%
<b>PETROLE</b>	3 260 568	4%
<b>JETA-1</b>	5 307 292	7%
<b>Fuel Lourd importé par les industriels</b>	N/A	N/A
<b>Total</b>	79 624 453	100%

Les industriels importants disposent tous de groupes thermiques pouvant atteindre quelques MW pour les plus gros (BRARUDI : 2.6 MW en 2012), de nature à pallier les déficiences de production du réseau électrique national.

Le parc automobile du Burundi dispose d'un peu plus de 55,000 véhicules roulants de toute catégorie. Environ 55% des automobiles ont plus de 10 ans d'âge. Tout véhicule importé d'âge supérieur à 10 ans paie des taxes additionnelles de l'ordre de 1000 US\$. Cette stratégie permet de garder le parc jeune et ainsi simuler l'application des recommandations en efficacité énergétique.

De très nombreux particuliers ou privés, tant dans le monde rural non électrifié que dans les zones urbaines, disposent de petits groupes électrogènes soit pour leur alimentation complète (monde rural) soit pour pallier aux coupures d'électricité (monde urbain).

Le Burundi importe du GPL en petite quantité (ENGEN et INTERPETROL), faute de véhicules de transport en nombre suffisant. Le prix de détail s'établit à 45 000 FBU pour une bouteille de propane de 12 kg. Il n'y a pas de station d'embouteillage de GPL au Burundi<sup>21</sup>.

### **e) Solaire Photovoltaïques**

<sup>19</sup> Note d'orientation sectorielle "énergie", Conférence sectorielle, MEM, 28-29 octobre 2013

<sup>20</sup> Bilan 2011 selon Stratégie nationale de développement des énergies nouvelles et renouvelables à l'horizon 2030, PNUD 2013

<sup>21</sup> Note d'orientation sectorielle "énergie", Conférence sectorielle, MEM, 28-29 octobre 2013

De nombreuses installations solaires ont été installées sur des dispensaires ou des écoles dans le cadre de programmes d'aides. Il n'existe pas de recensement.

### **3.1.2 Les Perspectives**

#### **a) l'Électricité**

Les principaux facteurs qui affecteront la demande à long terme de l'électricité sont le taux de croissance du PIB, le taux d'augmentation de l'accès à l'électricité en réseau et la mise en oeuvre de la Politique de l'Efficacité Énergétique

Le développement d'activités minières affectera sensiblement la demande qui devra être satisfaite par REGIDESO. Compte tenu des tarifs bas pratiqués au Burundi, les industries de type minier seront enclin à ne pas investir dans leurs propres sources d'énergie affectées puisque celle-ci sera à des coûts de génération bien plus élevé que les tarifs de la REGIDESO.

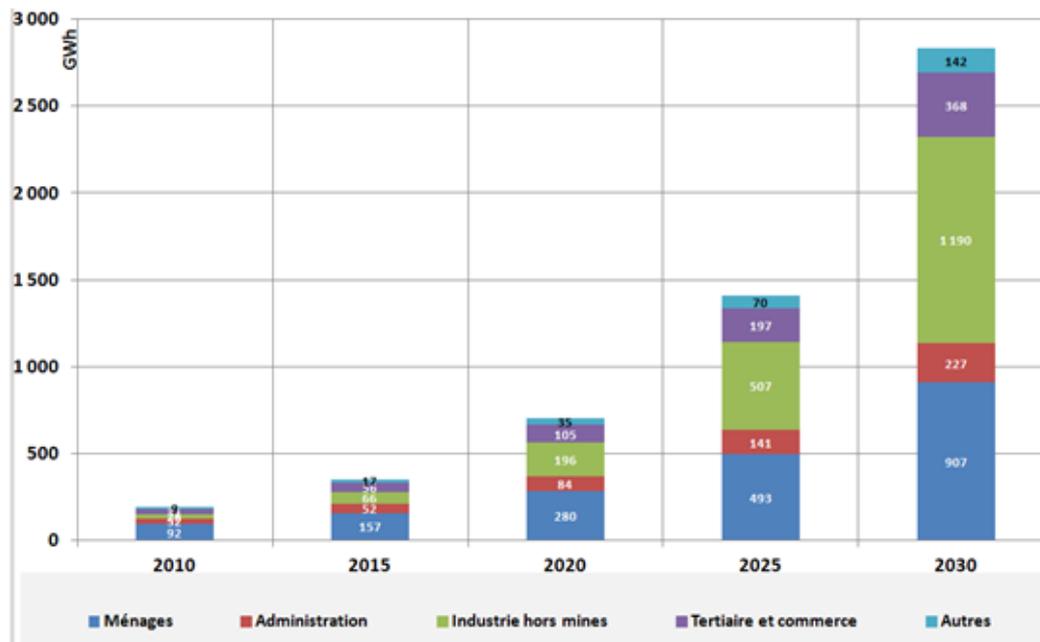
La vision 2025 du gouvernement<sup>22</sup> prévoit que 25% de la population du pays auront accès à l'électricité. Le présent taux d'accès est estimé à environ 4,5%. L'objectif du gouvernement à l'horizon 2025 est considéré comme optimiste car il faudra 572.000 nouvelles connexions plus de douze ans entre 2014 et 2025 (c.-à-d un nombre de connexions annuelles moyennes de 47 667) et impliquant des investissements de 277 M \$ US environ. La REGIDESO estime qu'un programme d'électrification qui impliquera 326.000 nouvelles connexions à partir de 2014 à 2025 serait réalisable. Le programme d'électrification, comme supposé dans cette analyse, est accéléré au fil des ans, à partir de 8000 nouvelles connexions en 2016 et atteindra 53 000 en 2025. L'histoire récente montre que la REGIDESO a relié 4866 nouveaux clients en 2014. Le programme conservateur ci-dessus de 326 000 nouvelles connexions projetée nécessitera des investissements de 158 millions environ et le taux d'accès devrait atteindre 15,6% d'ici 2025.

Les projections de la demande d'énergie correspondent à une augmentation de la demande de 224 GWh en 2012 à 2 500 GWh en 2035, soit un taux de croissance de l'ordre de 11.2% par an en moyenne. La demande de la pointe augmenterait de 57 MW en 2014 à 650 MW en 2035, soit une croissance de l'ordre de 11% par an en moyenne. L'investissement en distribution nécessaire pour réaliser l'augmentation du taux d'accès envisagé est de US\$ 14 million par an à compter de 2014 jusqu'à US\$ 40 million en 2035<sup>23</sup>. La situation financière de la Regideso met en doute la possibilité de poursuite d'un tel programme sans une intervention active du Gouvernement du Burundi.

---

<sup>22</sup> Financial Assessment of Electricity Operations, 2010 – 2025, REGIDESO, octobre 2013

<sup>23</sup> Note d'orientation sectorielle "énergie", Conférence sectorielle, MEM, 28-29 octobre 2013



**Figure 5- Perspectives de Développement de l'Électricité au Burundi**

Une particularité du système burundais de génération d'électricité est qu'il est principalement hydro. En outre, les investissements prévus sont uniquement hydro, ce qui conduirait à un système en grande majorité hydraulique en termes de capacités installées à l'horizon 2025 et dans les années suivantes. Ce mode de production pose un problème sérieux dans la mesure où (i) la quasi-totalité des centrales existantes et des centrales prévues sont du type centrales au fil de l'eau, pratiquement sans réservoir (excepté pour quelques heures dans la journée) ; et (ii) le régime hydrographique des rivières au Burundi présente des variations importantes entre la saison sèche et la saison humide, qui sont de l'ordre de 30% en moyenne. Par conséquent, il y a un écart de l'ordre de 30% entre la capacité de production de pointe en saison sèche et en saison humide. Le Burundi devra prendre des mesures pour compenser la variation hydrologique entre saison sèche et saison humide.

Ainsi, Sur le plan de la production et du transport HT, l'intervention du Gouvernement est primordiale avec les bailleurs de fonds traditionnels. Cependant, le Gouvernement pourrait aussi compléter la réforme du secteur entamé après la mise en place d'un cadre de partenariat-public-privé dans le cadre de la loi No1/13 du 23 avril 2015 portant réorganisation du secteur de l'électricité. L'objectif sera de donner aux investisseurs privés une part de plus en plus grande dans la production et dans la distribution à court terme (moins de 3 ans) dès que la situation du secteur le permettra. La présente Politique de l'Éfficacité Énergétique étant un maillon important de cette réforme car il permet de mettre l'accent sur l'amélioration de l'efficacité à tous les niveaux y compris la production=transport-distribution de l'électricité au Burundi.

#### **b) La Biomasse**

Le bilan offre /demande en bois énergie (bois et charbon de bois) présente un déficit estimé d'un rapport de 1 à 3 : Offre: 1,3 - 2,9 Millions tonnes / Demande: 3,3 - 4,5 Millions tonnes. Cet écart important entre l'offre et la demande signifie s'il est vérifié, la disparition très rapide de la ressource au niveau national, par contre La tourbe est disponible au Burundi mais elle reste sous exploitée, cependant, un certains nombre de programmes essentiellement bi-latéraux sont en cours d'exécution et peuvent changer les perspectives de cette filière. Citons:

- Programme « Energizing Development » de promotion des Energies renouvelables et des foyers améliorés (cookstoves) d'un budget de 1,5 M€ en plus d'un financement régional IFDC non précisé, en cours de réalisation par « Appui à la Décentralisation et à la Lutte contre la Pauvreté (ADLP)
- Programme de Combustible domestique (« Household Fuel ») pour l'arrangements institutionnels pour la production et le marketing des foyers améliorés basé sur les travaux de GIZ entamé en mars 2014

### **c) Les Hydrocarbures**

La demande de diesel et d'essence est dépendante de la croissance de la flotte de véhicules à moteur et d'une consommation accrue par habitant pour le transport qui devrait croître de 79.6 m<sup>3</sup> en 2011 à 266.6 m<sup>3</sup> d'ici 2020, et à 612.2 m<sup>3</sup> d'ici 2030<sup>24</sup>.

La consommation de carburant pour réacteurs d'avion pour l'usage civil est susceptible de se développer sous l'influence de la croissance économique. De 5.3 m<sup>3</sup> en 2011, soit 7% du total, la consommation civile pour le transport aérien pourrait s'élever à 5.964 m<sup>3</sup> en 2020, et à 9.033 m<sup>3</sup> en 2030.

L'industrie burundaise emploie le fioul lourd (HFO) et de l'électricité. L'Etude de SAIC s'attend à ce que cette tendance persiste même si l'on peut envisager une disponibilité accrue du gazole du fait du futur Pipeline Kigali-Bujumbura car le fioul lourd, même transporté par camion, restera meilleur marché que le gazole<sup>20</sup>.

### **d) Les Énergies Renouvelables**

La demande en électricité des ménages ne cesse d'augmenter du fait de la croissance démographique galopante du pays. Le Burundi est ainsi le deuxième pays le plus densément peuplé d'Afrique et, sur la base de ce taux de croissance élevé, les prévisions montrent que la demande en électricité, 70 000 abonnés en 2011, va plus que doubler d'ici 2020 (150 000 abonnés). Mais dans un contexte où la production nationale est inférieure à la consommation, une conséquence du sous-investissement dans le secteur de l'énergie depuis près de 20 ans, le Burundi se retrouve dans l'obligation d'importer de plus en plus d'énergie,

Les énergies renouvelables, judicieusement exploitées, peuvent être la réponse au problème de carence énergétique au Burundi. Dans ce domaine, l'étude du PNUD de 2012 sur les opportunités dans le secteur des énergies renouvelables au Burundi<sup>25</sup> révèle que le Burundi est doté de nombreux atouts :

- potentiel hydroélectrique important,
- ensoleillement abondant,
- ressource géothermique à valoriser,
- ressource en tourbe très importante, et
- Ressources en biomasse (déchets et bagasse).

Le Burundi, également bordé d'un des plus grand lacs du monde, dispose d'un potentiel hydroélectrique important évalué à 1700 MW et dont seuls 32 MW sont exploités, comme le mentionne le Rapport de 2012.

Dans le cadre de l'Initiative énergie durable pour tous (SE4ALL), un concours, financé tri latéralement par le PNUD, le gouvernement du Burundi et le gouvernement de la République populaire de Chine,

---

<sup>24</sup> Note d'orientation sectorielle "énergie", Conférence sectorielle, MEM, 28-29 octobre 2013

<sup>25</sup> Stratégie Nationale de Développement des Énergies Nouvelles et Renouvelables au Burundi à L'Horizon 2030, PNUD, Octobre 2013

va bientôt être lancé dans le cadre de la recherche de solutions aux problèmes énergétique du Burundi. Son objectif sera de proposer à la population burundaise un accès à l'énergie via des alternatives innovantes pour substituer ou réduire l'utilisation du charbon de bois. En effet, plus de 90 % la population burundaise utilise cette ressource pour subvenir aux besoins de cuisson alimentaire, entraînant une forte déforestation. Cette pratique s'explique entre autres par la pauvreté de la population.

Suite à une volonté politique pour le développement du secteur de l'énergie et des industries extractives d'une manière générale, le ministère de l'Énergie et des Mines du Burundi envisage de mettre en application le cadre du partenariat public-privé pour développer ce secteur de l'énergie. Ces textes réglementaires sont d'une grande importance pour que le pays ait non seulement une vision de la gestion de l'énergie à court et à moyen terme, mais également pour attirer les investisseurs étrangers et notamment pour exploiter les ressources renouvelables disponibles au Burundi.

## **3.2 Enjeux Environnementaux**

### **3.2.1 Contexte International**

2015 sera pour la communauté internationale une année de tous les défis, au cours de laquelle plusieurs échéances majeures vont ouvrir la voie à un nouveau modèle de développement, plus équitable et plus respectueux de l'environnement. Trois grands rendez-vous se succèdent dans une séquence décisive pour notre avenir : la conférence sur le financement du développement d'Addis-Abeba, tenue en juillet 2015 ; l'Assemblée générale des Nations Unies marquant l'adoption des objectifs de développement durable, en septembre 2015 ; et enfin en décembre à Paris, la 21<sup>ème</sup> Conférence des Nations unies sur le climat – la CdP21. La responsabilité est immense, car l'urgence n'a jamais été aussi forte, et la mobilisation internationale pour la préservation de notre climat jamais aussi importante.

La tâche est complexe, car il s'agit de mettre d'accord 196 parties sur un sujet qui touche au cœur même des modèles de développement. Pour rassembler tous ces pays autour de la même table, le caractère stratégique de l'enjeu climatique est un atout : plus personne ne peut prétendre que c'est un sujet mineur, qui ne le concerne pas. Le changement de ton créé par l'accord entre la Chine et les États-Unis en 2014 en témoigne. Quand les deux principaux émetteurs s'accordent sur le sujet, cela a un effet d'entraînement. Les multiples rapports et analyses, en particulier ceux du GIEC, sont sans équivoque. Le dérèglement climatique est l'un des défis majeurs du 21<sup>ème</sup> siècle. Il peut en effet avoir pour conséquence de ramener à zéro les progrès de nombreux pays dans leur lutte contre la pauvreté. Il peut aussi entraîner des changements profonds dans la géopolitique mondiale, pouvant conduire au déplacement de millions de personnes, et aller jusqu'à provoquer la disparition même de certains États.

Certains pays comme le Burundi alors qu'ils n'ont pas ou très peu contribué aux émissions polluantes, en sont les premières victimes. Le défi du 21<sup>e</sup> siècle sera de construire un monde sans carbone et sans pauvreté. Zéro pauvreté parce que l'objectif, c'est le développement durable. Et zéro carbone, parce qu'il faudra, comme l'ont rappelé les leaders du G7 lors du dernier sommet d'Elmau (Allemagne), que le monde atteigne pour cela la neutralité carbone avant la fin du 21<sup>ème</sup> siècle.

Le bilan de 20 années de négociations sur le climat est en demi-teinte. Des avancées évidentes, comme le Protocole de Kyoto, ne suffisent pas à cacher des échecs importants, comme celui de la conférence de Copenhague. En effet, alors que le monde a changé en profondeur, et que la structure des émissions mondiales a été totalement bouleversée en 20 ans par le dynamisme économique des

émergents, la conférence de Copenhague en 2009 avait échoué, même si pour la première fois, les États-Unis et un certain nombre de pays émergents avaient pris des engagements chiffrés. À Cancún en 2010, les négociations ont pu reprendre sur la base des jalons posés à Copenhague, notamment l'objectif des 1,5 ou 2 degrés Celsius comme limite de réchauffement global, ainsi que l'engagement des pays développés à mobiliser 100 milliards de dollars par an d'ici à 2020, de sources publiques et privées, pour aider les pays en développement à lutter contre le dérèglement climatique.

L'objectif des négociations est désormais de parvenir d'ici la CdP21 à un accord universel et juridiquement contraignant qui entrera en vigueur en 2020. Mais ce ne sera pas le seul enjeu de la conférence de Paris, car les pays n'y viendront pas les mains vides : ils doivent en effet préparer, selon les décisions prises à Varsovie fin 2013 puis à Lima en décembre 2014, une contribution nationale.

Ainsi, ce que nous visons en décembre, c'est une « Alliance de Paris pour le climat », reposant sur quatre piliers :

- Un accord juridique pour le régime climatique post-2020 qui devra être applicable à tous, équitable et ambitieux. Cet accord, ce sera le cadre de l'action internationale face au dérèglement climatique. Il fixera des grandes règles sur l'engagement des États, qui seront essentielles pour que chacun se sente en confiance.
- Des contributions nationales qui doivent démontrer une volonté forte de réaliser notre objectif commun. C'est une grande nouveauté, dans ces négociations, de connaître à l'avance les grands objectifs des pays pour l'adaptation comme pour l'atténuation.
- Un volet financier qui repose sur des sources financières aussi bien publiques que privées.

L'objectif est bien sûr d'atteindre les 100 milliards de dollars par an pour les pays en développement à partir de 2020. Plus largement, nous savons aussi que des milliers de milliards vont être investis dans les prochaines années sur des projets d'infrastructures, notamment en matière d'énergie. Il faut donc créer l'environnement réglementaire, économique, juridique pour que ces sommes considérables soient redirigées vers des alternatives favorables au climat.

### **3.2.2 Le Contexte du Burundi**

Le Burundi a ratifié la Convention du Protocole de Kyoto le 18 octobre 2001. Celle-ci est entrée en force le 16 février 2005.

D'emblée nous voudrions lever la réserve relative à certaines réflexions qui veulent que les Politiques relatives à la lutte contre les changements climatiques - dont la politique de l'efficacité énergétique en est un pilier fort- auraient une incidence sur les efforts de réduction de la pauvreté à la fois par des impacts directs sur les pauvres, tels que ceux causés par les catastrophes naturelles, et par des facteurs indirects sur la réduction de l'état de la pauvreté, tels que la croissance économique.

Bien que l'ampleur du changement climatique soit susceptible d'être relativement limitée en 2030, les impacts localisés peuvent encore être important, par exemple dans les zones déjà marginales (par exemple, les zones semi-arides) ou dans les régions où l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes liés au climat est en augmentation. Et comme le but n'est pas tout simplement d'éliminer la pauvreté d'ici à 2030, mais de l'éliminer une fois pour toutes, nous devons nous assurer que les stratégies à court et à moyen terme de réduction de la pauvreté tiennent compte de ces menaces à long terme pour l'élimination de la pauvreté.

En Septembre 2015, la République du Burundi a soumis à L'UNFCCC un document intitulé "Contribution Prévue Déterminée au Niveau National (CPND). Ce document fait état des programmes que le Burundi envisage de réaliser durant la période 2015-2025 dans une perspective de croissance écologique durable à travers la Vision du Burundi 2025.

Tout d'abord, le document liste les impacts sur le secteur énergétique du Burundi des suites du changement climatique vers les horizons 2050<sup>26</sup> comme suit :

- L'arrêt plus fréquent de certaines centrales hydroélectriques en service suite au dépassement des seuils de fonctionnement pour cause de déficit pluviométrique et de la sécheresse prolongée ;
- L'envasement total de certains barrages suite à une érosion plus forte à cause des précipitations plus abondantes entraînant l'arrêt total de quelques centrales hydroélectriques dont les plus menacées seraient les centrales de Marangara, de Buhiga et de Kayenzi ;
- Des inondations plus fréquentes dans les infrastructures de production électrique comme celles de Mugere entraînant l'arrêt de la production pendant des périodes plus longues ;
- L'accroissement de ruissellement en provenance de la dégradation des terres dans les bassins versants des centrales hydroélectriques;
- Une fluctuation importante dans la production électrique suite aux agressions contre le système d'alimentation en eau et aux modifications des schémas de pluies ;
- Un déficit plus important dans le secteur de l'électricité entraînant des problèmes réels d'approvisionnement en électricité dans les différents domaines socio-économiques du pays;
- Un problème généralisé de manque du bois de feu et du charbon de bois suite à une pression plus grande et combinée de l'activité de l'homme et des températures en accroissement et une modification dans les taux de croissance de la biomasse.

En termes d'atténuation, les objectifs suivants ont été définis :

**Tableau 4- Prévisions d'Atténuation des GES aux Horizons 2030<sup>25</sup>**

		<b>Taux de réduction escompté</b>
<b>Type de contribution</b>	<b>Contribution inconditionnelle</b>	Réduction de 3% des émissions de gaz à effet de serre par rapport au scénario de référence (BaU) à l'horizon 2030
	<b>Contribution conditionnelle</b>	Réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre à partir de 2016 par rapport au scénario de référence à l'horizon 2030
<b>Année de référence</b>		2005
<b>Année cible</b>		2030
<b>Réduction cumulée des émissions d'ici 2030</b>		1958 Gg ECO2 pour l'objectif inconditionnel et 14897.Gg ECO2 pour l'objectif conditionnel

Cette stratégie d'atténuation se traduirait par le fléchissement de la courbe d'accroissement des émissions de GES comme suit :

<sup>26</sup> Contribution Prévue Déterminée au Niveau National (CPND), Gov. Du Burundi. Septembre 2015

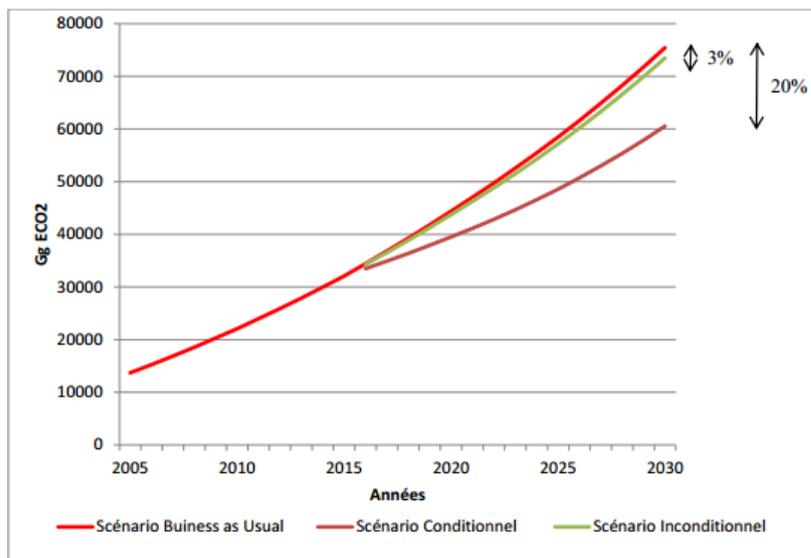


Figure 6- Projection des Emissions de GES avec les Scenarios Conditionnels et Inconditionnels<sup>27</sup>

Les projets qui sont engagés (Objectifs Inconditionnels) sont les suivants :

- Dans le cadre du Programme National de Reboisement, le Burundi s'engage à augmenter les puits du gaz carbonique par le reboisement de 4 000 hectares par an pendant 15 ans à partir de 2016.
- Au niveau du secteur de l'énergie, le Burundi est en train de construire trois centrales hydroélectriques. Ce programme permettra de porter le taux d'électrification à 35%,

D'autres programmes sont planifiés mais leur réalisation reste tributaire de conditions non encore remplies (Objectif conditionnel) :

- secteurs forêts: (i) reboiser 8 000 ha /an, pendant 15 ans à partir de 2016, (ii) remplacer à 100%, à l'échéance 2030, tous les fours de carbonisation traditionnels, et tous les foyers (cuisinières domestiques) traditionnel.

En particuliers, les axes de développement suivants ont été fixés pour l'horizon 2025 pour les secteurs de l'énergie et des forêts :

<sup>27</sup> Contribution Prévue Déterminée au Niveau National (CPND), Gov. Du Burundi. Septembre 2015

**Tableau 5- Objectifs d'Atténuation des GES vers 2025<sup>28</sup>**

<b>Intitulé du programme</b>	<b>Composantes</b>	<b>Cout(x1000 US\$)</b>
Atténuation des émissions de gaz à effet de serre et développement sobre en carbone	Développement de l'hydroélectricité	1 466 118
	Électrification rurale décentralisé par système photovoltaïque	
	Efficiéce énergétique dans la production, le transport, la distribution et la consommation (réduction des pertes, lampes économiques équipements économes en énergie)	
	Carbonisation de la tourbe, densification et carbonisation de la parche de café, balle de riz et sciure de bois	
	Diffusion et vulgarisation des foyers améliorés	
	Drainage intermittent dans la riziculture	
	Compostage des déchets issus de la défoliation dans les plantations de cannes à sucre	
	Valorisation de la fraction fermentescible des déchets urbains avec la production du compost et du biogaz	
	Programme pilote REDD	
Promotion de la recherche développement et transfert technologique	Développement de la petite hydroélectricité (pico centrales, roues hydrauliques, etc.)	25 787
	Relance de la recherche développement, la diffusion et la vulgarisation des énergies renouvelables (biogaz, énergie éolienne, gazéification)	
	Techniques de valorisation des déchets urbains	
	Transport urbain à faibles émissions de GES	
	Adaptation de l'agriculture au changement climatique	
	Techniques de valorisation des déchets de l'agriculture, de la sylviculture et d'élevage	

### 3.3 Situation Économique du Burundi

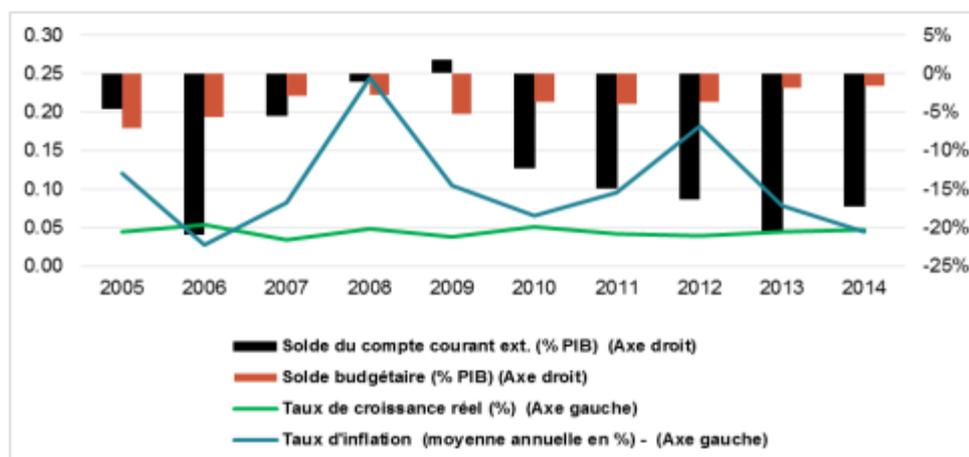
La structure de l'économie burundaise met en évidence sa faible diversification avec un secteur rural prépondérant ainsi qu'une forte dépendance vis-à-vis de l'aide internationale. L'économie reste vulnérable

aux chocs externes et aux aléas liés aux changements climatiques.

Depuis 2005, en rythme annuel, la croissance économique oscille autour de 4,4% (cf. figure 8), alors que la plupart des autres pays de l'Afrique de l'Est affiche des taux variant entre 6% à 8%. Le faible niveau des investissements observé au cours de cette période, est sans doute l'un des principaux facteurs qui ont limité les possibilités du Burundi à atteindre un nouveau palier de croissance<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Contribution Prévue Déterminée au Niveau National (CPND), Gov. Du Burundi. Septembre 2015

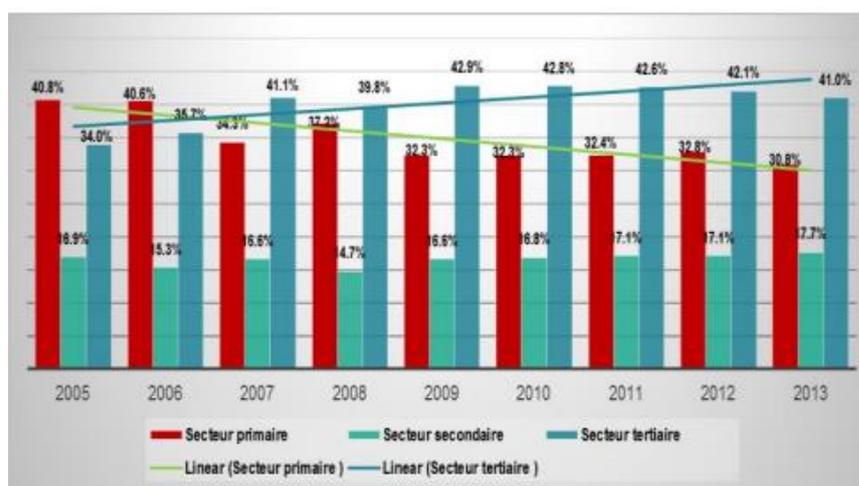
<sup>29</sup> Rapport de l'enquête modulaire sur les conditions de vie des ménages 2013/2014, BAD Mai 2015



**Figure 7- Principaux Facteurs Macro-économiques**

La part du secteur primaire dans le PIB a baissé de façon tendancielle depuis 2007, au profit principalement du secteur des services. Le poids du secteur primaire, bien qu'en diminution, reste important dans le PIB avec une contribution de l'ordre de 35% en 2013. Il contribue à plus de 80% aux recettes d'exportation à travers principalement le café et le thé.

Le secteur secondaire reste marginal alors que le pays dispose d'importantes ressources naturelles, notamment des gisements miniers, un potentiel hydro-électrique, etc. Le secteur tertiaire représente environ 40% du PIB en 2013 (avec un taux de croissance de l'ordre de 5% depuis 2010). Ce secteur est composé principalement des transports et des télécommunications, des banques et des assurances qui ont connu un développement important depuis 2010. Quant au secteur industriel, il reste sous-développé et ne contribue que pour 15% au PIB. Il est dominé par l'industrie agroalimentaire caractérisée par un niveau d'équipements insuffisant et son expansion est fortement handicapée par les contraintes énergétiques auxquelles le Burundi fait face.



**Figure 8-Evolution des Parts Sectorielles dans le PIB**

Le Burundi affiche une faible performance économique par rapport aux autres pays de la sous-région. Le secteur privé, fortement dominé par l'informel, ne compte qu'environ 2300 entreprises déclarées, dont plus de 80 % localisées à Bujumbura, employant moins de 2 %. Le pays dispose d'un potentiel minier (sous-exploité) qui offrirait de réelles opportunités à moyen et long terme avec des réserves importantes de minerais. A titre d'exemple, il détient la 2<sup>ème</sup> plus grande réserve mondiale du coltan

(colombite-tantalite), 6% des réserves mondiales de Nickel avec près de 200 millions de tonnes. Le secteur minier représente, pour le moment, moins de 1% du PIB.

L'environnement des affaires s'améliore progressivement grâce au renforcement du cadre légal (loi sur la faillite, code des sociétés, code des investissements, loi sur le concordat, etc.), l'allègement des formalités administratives dans la création des entreprises à travers la mise en place de plusieurs guichets uniques. En dépit de ces avancées, le niveau des investissements directs étrangers (IDE) est estimé à moins de 5% du PIB en 2014.

Le cadre macro-économique, en dépit d'un contexte international difficile est resté relativement stable grâce notamment aux réformes structurelles engagées au cours des dernières années. Cependant, en raison de sa forte dépendance vis-à-vis de l'aide extérieure (près de 50% du budget) et d'une mobilisation insuffisante des ressources intérieures, le Burundi fait face, de manière récurrente, à des tensions budgétaires importantes. Le solde budgétaire connaît ainsi un déficit structurel bien que maîtrisé à hauteur de 2% du PIB, depuis 2010. Quant à la position extérieure, elle reste fragile en raison de l'étroitesse de la base des exportations associées à des niveaux élevés d'importations, sur la même période. En conséquence, le Burundi demeure vulnérable au plan de la dette avec un risque élevé en raison de la fragilité extérieure de la balance de paiements.

Avec une population estimée à 8 053 574 habitants, une densité de la population de 310 habitants au km<sup>2</sup> au niveau national et un taux de croissance annuel de 4.4%<sup>30</sup>, le Burundi est classé parmi les pays africains les plus densément peuplés. Cette population vit essentiellement en milieu rural, soit 9 habitants sur 10. La population est majoritairement jeune avec 56,1% de moins de 20 ans dont 44,1% de moins de 15 ans.

La vision nationale « Burundi 2025 » prévoit une croissance annuelle moyenne de la population urbaine de 8% au cours du quinquennat 2005-2010, de 9% au cours du quinquennat suivant et de 10% par la suite. La population urbaine passera de 10% en 2008 à plus de 38 % en 2025<sup>31</sup>.

Depuis la relance de la démocratie avec l'organisation des élections démocratiques de 2005, la croissance du PIB réel oscille en moyenne autour de 4% et ne parvient pas à atteindre les 7% souhaités pour réduire de manière significative la pauvreté.

---

<sup>30</sup> Rapport de l'enquête modulaire sur les conditions de vie des ménages 2013/2014, BAD Mai 2015

<sup>31</sup> Stratégie nationale de développement des énergies nouvelles et renouvelables à l'horizon 2030, PNUD 2013

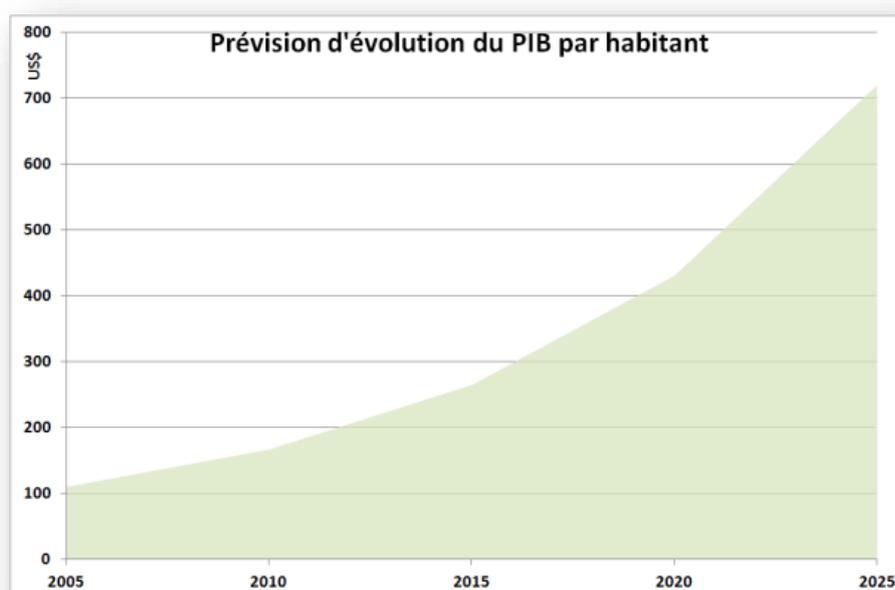


Figure 9- Prévision d'évolution du PIB par habitant en US\$ <sup>32</sup>

La contribution de l'électricité, du gaz et de l'eau dans le PIB stagne depuis quelques années autour de 0.5%(en RDC aux environ de 1%, mais contre 6% pour l'Ouganda et 4,8% pour le Rwanda).

Tableau 6 Contribution de l'énergie dans le PIB 2007 - 2015<sup>33</sup>

Mds BIF (aux prix de 2005)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013*	2014*	2015*
PIB	1317,6	1381,7	1434,4	1507,9	1568,7	1638,4	1715,6	1796,5	1858,6
Electricité, gaz et eau	12,4	12,7	11,1	8,1	6,3	7,3	8,1	8,2	8,6
Contribution de l'Electricité, du gaz et de l'eau	0,9%	0,9%	0,8%	0,5%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%

\* Estimation du Ministère des finances

Selon le rapport d'activité 2011 de la REGIDESO, le « poids écrasant de la facture énergétique (il s'agit des importations à partir de la SNEL et de la SINELAC ainsi que les frais de location de la Centrale Thermique INTERPETROL) » impactait lourdement les comptes de la société.

### 3.4 État des Lieux de la Réglementation Énergétique au Burundi

<sup>32</sup> Vision Burundi 2025 / Plaidoyer des énergies renouvelables

<sup>33</sup> Documents du Ministère des Finances, 2015

### 3.4.1 Le traité de la Communauté d'Afrique de l'Est

Le Burundi a rejoint le Traité de la Communauté de l'Afrique de l'Est (CAE) (modifié en date du 14 décembre 2006 et du 20 août 2007) le 6 juillet 2009. Ce traité qui lie en particulier les cinq pays de la région des Grands lacs et qui prévoit l'établissement d'un marché commun, d'une harmonisation des tarifs douaniers et des procédures douanières entre les pays membres, constitue le cadre général pour les échanges énergétiques dans la région et pour l'harmonisation des équipements électro-ménagers disponibles sur les marchés locaux. Ce traité stipule à l'Article 101 relatif à l'Énergie :

1. Les États membres doivent adopter des politiques et des mécanismes visant à promouvoir une exploitation efficace, le développement ainsi que la recherche et l'utilisation communes des différentes sources d'énergie disponibles dans la région.
2. Aux fins de l'application du paragraphe 1 du présent article, les États membres doivent notamment promouvoir au sein de la Communauté :
  - a) le développement au moindre coût et la transmission de courant électrique ainsi que l'exploitation des carburants fossiles et des sources d'énergie nouvelles et renouvelables ;
  - b) la planification conjointe, la formation, la recherche et l'échange d'informations sur l'exploration, l'exploitation, le développement et l'utilisation des ressources énergétiques disponibles ;
  - c) le développement d'une politique intégrée d'électrification rurale ;
  - d) le développement d'un réseau d'interconnexions électriques entre États membres ;
  - e) la construction de gazoducs et d'oléoducs ; et
  - f) toute autre mesure visant à fournir de l'énergie à un prix abordable aux populations des États membres en ne perdant pas de vue la protection de l'environnement telle qu'elle est prévue par le présent traité.

Selon l'étude réalisée en Mai 2011 par la CAE, le Burundi dégagera des surplus énergétique autant depuis les capacités installées de production énergétique (53 MW) que de l'énergie consommée, ceci peut influencer la Politique d'Efficacité Énergétique dans la mesure où le programme sera mis en exécution. Cependant, cette étude n'a pas été actualisée pour l'ensemble des 5 pays membres. Nous retiendrons que le Burundi a pris du retard dans la mise en application de cette stratégie et les impératifs du marché burundais future de l'efficacité énergétique telle que défini ci-après primeront donc sur les impacts des puissances disponibles depuis les autres pays membres. Celle-ci restera tributaire de la réalisation des lignes d'interconnexions et des surplus énergétique que le RDC et le Rwanda dans un 1er state et tous les pays membres de la COMESA dans un 2ème stade auront dans les horizons 2015-2020 et 2020-2025.

**Tableau 7- Projection de la Capacité de Production Énergétique (2013-2038)<sup>34</sup>**

Year	Installed Capacity (MW) by category			Total Installed Capacity		Load(MW)	Reserve	
	Renewable	Clean	Conventional				(MW)	%
<b>BURUNDI</b>								
2013	43	0	6	49	56	-8	-13,70%	
2018	63	0	106	169	116	53	45,80%	
2023	63	0	206	269	204	64	31,50%	
2028	207	0	306	512	327	186	56,90%	
2033	233	67	506	805	481	324	67,40%	
2038	233	67	606	905	667	238	35,60%	

<sup>34</sup> Regional Power System Master Plan and Grid Code Study, Communauté Africaine de l'Est Mai 2011

**Tableau 8- Projection du Surplus Moyen en Énergie (2013-2038)<sup>29</sup>**

Country	Load(GWh)	Surplus (GWh)	Surplus/load %
Uganda	7,768	2,636	34%
Tanzania	18,455	5,059	27%
Burundi,Rwanda,Eastem DRC	3,369	0,84	25%
Kenya	39,975	6,003	15%

Ainsi non obstat des ententes du Burundi dans le cadre de la Stratégie Régionale de l'Énergie des pays de la CAE, le Burundi a intérêt à mettre sur pieds sa Politique de l'Efficacité Énergétique comme étant un pilier de la stratégie mondiale de réduction de la pauvreté et de lutte contre les changements climatiques et aussi pour les raisons propres au Burundi qui sont exposés ci-dessus au Chapitre suivant.

### **3.4.2 États des Lieux de la Réglementation sur l'Efficacité Énergétique du Burundi**

Jusqu'à présent, il n'y a pas une réglementation spécifique à l'efficacité énergétique, par contre il existe une loi portant sur la réorganisation du secteur d'électricité au Burundi qui cadre essentiellement la production de l'électricité par la Production Indépendante Privée (IPP), les décrets d'application de cette loi ne sont pas encore élaborés.

Par ailleurs, il n'y a pas eu de projets liés à l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Les enjeux portent principalement sur une conception ou un usage des bâtiments de nature à réduire ou supprimer la consommation de climatisation.

Il n'y a pas eu non plus de projets liés à l'efficacité énergétique dans les procédés industriels. Si des actions ont eu lieu, elles ont été le fait des industriels eux-mêmes. Il est certain qu'un potentiel d'efficacité énergétique existe dans beaucoup d'entreprises ou ateliers.

Dans les transports, il n'existe pas d'initiative de nature à favoriser des comportements économes.

### **3.4.3 Équipements et Appareillages Économes au Burundi**

#### **L'éclairage<sup>35</sup>**

Le marché de l'éclairage n'est pas structuré et les produits ainsi que les marques sont importés de différents pays. Au Burundi, les ménages-raccordés au réseau électrique- installent 10 ampoules en moyenne par logement, environ 53 % du genre incandescent de 40 W, 60 W et 100 W, et 45% des Lampes fluorescentes en tube de 40 W et 60 W ; ces dernières sont généralement utilisées pour des mesures sécuritaires et pour l'éclairage des chambres. Les ampoules efficaces, si disponible, sont perçues comme de mauvaise qualité car elles ne peuvent supporter les fluctuations de la haute tension dont le réseau électrique burundais fait l'objet.

Avec l'appui de la Banque Mondiale, le présent projet d'EE inclut une première campagne de sensibilisation en termes d'efficacité énergétique associée à une acquisition en gros et la distribution de 200.000 LBC36 a été initiée depuis 2011 et continue en 2015.

- **Les appareillages<sup>19</sup>**

<sup>35</sup> Source : Document d'évaluation de projet d'efficacité énergétique réalisé par la REGIDESO sur financement GEF – Banque Mondiale – Décembre 2011

<sup>36</sup> LBC : Lampe Basse Consommation

Des récentes études de marché indiquent que le secteur résidentiel est principalement responsable de la pointe du soir (51% de la consommation énergétique totale), suivi du secteur tertiaire (hôtels, hôpitaux, administration, PME, etc.)<sup>37</sup>.

Les appareils électroménagers au Burundi sont généralement de mauvaise qualité et les normes d'efficacité énergétique limitées, y compris la climatisation, la réfrigération, le chauffage d'eau et les appareils d'éclairage.

Les climatiseurs ne font pas l'objet de réglage et l'acquisition des équipements est guidée par les aspects du coût faible sans égard aux caractéristiques de la qualité.

L'usage des chauffe-eau électriques conventionnels est largement répandu dans les ménages et les petites centrales (par exemple les hôtels). Les fournisseurs et les abonnés ne maîtrisent pas les stratégies et les appareils de chauffage d'eau énergétiques efficaces (y compris les chauffe-eau solaires).

L'institut de normalisation national du pays, le Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité (BBNCQ) œuvre dans le cadre de l'établissement des normes nationales de plusieurs appareils électrotechniques et prend activement part aux initiatives de la Communauté d'Afrique de l'Est (CAE) en ce qui concerne la **normalisation et l'étiquetage des produits énergétiques efficaces**.

Le projet GEF PNUD sur "Le Développement et la Mise œuvre d'un Programme d'Etiquetage et de Normes au Kenya avec reproduction en Afrique de l'Est " (2009-2013) constitue une initiative importante pour l'élaboration et la coordination conjointes des normes, politiques et règlements ainsi que le renforcement de capacités.

### **3.5 L'Efficacité Énergétique et la Tarification**

La tarification des énergies présente actuellement des distorsions importantes :

- le prix de l'électricité ne permet de couvrir ni les coûts d'exploitation, ni les coûts d'investissement. Ils sont même compétitifs pour la cuisson avec ceux du bois de feu ce qui est un non-sens économique.
- les coûts de pérennisation de la filière biomasse ne sont pas pris en compte dans le prix du bois de feu ou du charbon de bois ;
- le prix de la tourbe et de ses dérivés ne permettent pas qu'ils deviennent compétitifs en zone urbaine avec ceux du bois de feu malgré l'intérêt économique et environnemental que cela présenterait.
- Les prix des produits pétroliers sont élevés et volatils pour tous les types de consommations sans privilégier de façon particulière les usages les plus utiles à l'économie et à la société (GPL en zone urbaine, gazole pour les transports collectifs ou la production d'électricité).

L'UPDEA a élaboré une étude des tarifs électriques appliqués dans les pays d'Afrique. Elle a examiné 6 catégories de consommateurs :

1) les consommateurs basse tension sociale - Consommation : 100 kWh / mois - La puissance souscrite : 1 kW

---

<sup>37</sup> Une étude d'efficacité énergétique au niveau de 489 ménages dans la ville de Bujumbura en 2007 a révélé que l'éclairage constitue 51 % de l'électricité utilisée dans les ménages. Le ménage moyen au Bujumbura investit 10% de son revenu dans l'électricité et 3% dans l'eau. Selon les données de l'échantillon de l'étude, la REGIDESO contrôle de façon continue la consommation d'électricité dans les ménages et le secteur tertiaire à travers son programme de compteurs prépayés.

- 2) Les tarifs des ménages basse tension monophasé - Consommation : 200kWh / mois - La puissance souscrite : 2 kW (1<sup>er</sup> cas) et de 4 kW (2<sup>ème</sup> cas)  
 3) Les tarifs des ménages triphasé - Consommation : 600 kWh / mois - La puissance souscrite : 6 kW (1<sup>er</sup> cas) 10 kW (2<sup>ème</sup> cas)  
 4) Le tarif basse tension Commercial - Consommation : 1800 kWh / mois - La puissance souscrite : 12 kW (1<sup>er</sup> cas) 15 kW (2<sup>ème</sup> cas)  
 5) Le tarif semi-industriel et la force motrice basse tension - Consommation : 2500 kWh / (1<sup>er</sup> cas) - La puissance souscrite: 20 kW / (2<sup>ème</sup> cas) 25 kW (2<sup>ème</sup> cas)  
 6) Le tarif Moyenne Tension - Consommation : 35 000 kWh / mois - La puissance souscrite : 250 kW.  
 Le tableau suivant indique les résultats de cette étude :

**Tableau 9- Comparaison des Tarifs de l'Électricité à la CAE, en UScents/KWh, 2009<sup>38</sup>**

		REGIDESO	ELECTROGAZ	NEC	KPLC	EPCO	UEGCL	CEB
		(BURUNDI)	(RWANDA)	(SUDAN)	(KENYA)	(ETHIOPIA)	(UGANDA)	(MAURITUS)
<b>Social tariff(E=100Kwh/month)</b>	<b>1 KW</b>	3,7	13,99	3,04	9,7	4,25	23,74	8,42
<b>Single phase domestic usage (E=200Kwh/month)</b>	<b>2 KW</b>	3,82	13,99	9,88	13,5	5,09	24,79	10,04
	<b>4KW</b>	3,82	13,99	9,88	13,5	5,09	24,79	10,04
<b>Triphase domestic usage (E=600Kwh/month)</b>	<b>6KW</b>	5,84	13,99	9,88	15,4	6,26	25,49	14,04
	<b>10KW</b>	5,84	13,99	9,88	15,4	6,26	25,49	14,04
<b>Commercial usage (E=1800Kwh/month)</b>	<b>12KW</b>	11,79	13,99	12,29	15,9	7,69	24,25	12,45
	<b>15KW</b>	11,79	13,99	12,29	15,9	7,69	24,25	12,94
<b>Semi-Industrial and motive power (E=2500Kwh/month)</b>	<b>20 KW</b>	11,79	13,99	12,25	8,45	6,42	25,5	8,03
	<b>25KW</b>	11,79	13,99	12,25	8,45	6,42	25,5	8,53
<b>Medium voltage (E=35000Kwh/month)</b>	<b>250 KW</b>	17,4	13,99	4,97	7,25	4,54	12,83	7,05

### 3.6 Principales réalisations en Efficacité Énergétique au Burundi

Les réalisations du Burundi dans le domaine de la maîtrise de l'énergie se sont limitées essentiellement à des actions conduites par la REGIDESO dont certaines sont en cours de finalisation, à savoir :

- Audit énergétique de la REGIDESO : Cet audit visait essentiellement la réduction des pertes techniques et commerciales liées au transport et distribution de l'électricité.

Cet audit a fait l'objet d'un plan d'actions dont les résultats escomptés sont les suivants :

- Puissance réduite : 7 MW ;
- Electricité produite économisée : 11 GWh /an ;
- Electricité non livrée (évitée) : 38 MWh /an ;
- Electricité additionnelle facturée : 9,4 GWh ;
- Recette additionnelle de la REGIDESO : 521 Millions FIB (recette additionnelle relative à la révision de la tarification).

<sup>38</sup> Comparative Study of Electricity Tariffs Used in Africa, UPDEA, decembre 2009

La mise en œuvre du plan d'actions d'économie d'énergie de la REGIDESO nécessite la mobilisation d'un financement de 4,3 Millions USD pour l'investissement matériel et de 590 000 USD pour l'investissement immatériel.

L'investissement immatériel (590 000 USD ) couvre essentiellement les prestations d'un bureau spécialisé pour accompagner la REGIDESO dans la mise en place des actions d'économie d'énergie découlées de l'audit énergétique qui ne nécessitent pas un investissement et également l'accompagnement et le renforcement des capacités de la cellule d'économie d'énergie au sein de la REGIDESO selon le programme détaillé dans le tableau suivant

**Tableau 10 : Programme d'accompagnement de la cellule d'économie d'énergie à la REGIDESO**

Actions	Délai	Indicateur suivi performance	Budget
Programme de formation et de renforcement des capacités de l'unité d'économie d'énergie (Les grandes lignes du programme sont présentées au chapitre suivant 5.4.6	2016	L'équipe de l'unité formée sur les différents aspects d'efficacité énergétique et environnementaux liés aux activités et les champs d'intervention de la REGIDESO	100 000 USD
Assistance technique et Accompagnement de la REGIDESO dans la mise en place de son plan d'actions proposé par l'audit énergétique et dans la mobilisation d'un financement à travers le secteur privé	2016	80% des actions retenues seront mises en place	150 000 USD
Accompagnement de l'unité d'économie d'énergie dans l'élaboration de son plan stratégique	2016-2017	Identification des actions portant sur l'amélioration de la performance énergétique de ses installations, la gestion de la demande, le mix-énergétique et sur l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre liées à ses activités et élaboration d'un plan d'investissement	90 000 USD
Mise en place d'un Système de Management de l'Energie selon l'ISO 50001 dans les principaux processus de la REGIDESO	2016 - 2017	Mise en place du Système de Management de l'Energie pour la gestion de la consommation énergétique de : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Centrales et réseaux de distribution d'électricité</li> <li>○ Réseau de distribution et stations de pompage</li> </ul>	

Actions	Délai	Indicateur suivi performance	Budget
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bâtiments de la REGIDESO</li> <li>○ Parc roulant</li> </ul> Pour chaque sous-secteur, les objectifs, les indicateurs de performance seront définis et les processus de suivi, d'évaluation et d'amélioration seront mis en place	100 000 USD
Audits énergétiques des centrales électriques, des réseaux de distribution d'eau, des bâtiments administratifs et accompagnement à la mise en place des actions qui seront découlées de ces audits	2017 - 2018	Evaluation de la performance énergétique des installations et bâtiments de la REGIDESO, identification des actions d'amélioration et la mise en place de ces actions	250 000 USD <sup>39</sup>
Contribution dans la mise en place du plan d'actions national d'Efficacité Energétique proposé par le volume 3 de la présente étude	2016-2018	Atteindre les objectifs du plan d'actions national d'Efficacité Energétique (voir volume 3 de cette étude)	Budget prévu par le plan d'actions national d'Efficacité Energétique (voir volume 3 de la présente étude)

- Diffusion des 400 000 LBC auprès des ménages permettant une réduction de la demande de la demande d'environ 5 MW et une énergie électrique économisée de 10 000 MWh/an.
- Campagne de communication sur l'efficacité énergétique, la promotion des lampes à basse consommation et tous les équipements économes en énergies au niveau des ménages et le reste des usagers
- Acquisition d'équipements modèles pour la REGIDESO et les grands consommateurs d'électricité aux fins de la campagne de promotion d'efficacité énergétique .
- Audit énergétique des moyens et grands consommateurs et formation en matière d'efficacité énergétique, cet audit a été réalisé pour les sept établissements suivants :

**Tableau 11 : Etablissements bénéficiaires de l'audit énergétique PEE<sup>40</sup>**

Entreprises	Secteur
Hôpital Militaire	Hôpital
Hôpital Prince Charles	Hôpital
Campus Mutanga	Université
BRB	Banque
Hôtel Club du Lac	Hotél
SAVONOR	Industrie - Savonnerie

<sup>39</sup> Ce budget ne tient pas en considération les investissements requis pour la mise en place des actions d'économies d'énergie découlées des audits énergétiques proposés dans le cadre du plan d'actions à court terme de l'Unité d'Economie d'Energie de la REGIDESO

<sup>40</sup> L'analyse de cet audit sont analysés dans les chapitres suivants

Entreprises	Secteur
BRARUDI	Industrie - Brasserie

- Services de Conseil en EE pour moyens et grands consommateurs
- Services de conseils juridiques et institutionnels pour la mise en œuvre de la politique d'EE, cette étude a proposé un cadre réglementaire et institutionnel favorable pour une politique d'Efficacité Energétique au Burundi en tenant compte des barrières identifiées et des axes stratégiques prioritaires, elle a proposé l'adoption d'une loi régissant la politique d'Efficacité Energétique ( plus de détails sont fournis dans le rapport d'Enerplus Group relative à cette étude ).

## **4 AXES STRATEGIQUES LA POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE AU BURUNDI**

### **4.1 Stratégie sectorielle**

Pour la définition des axes stratégiques de la politique d'Efficacité Energétique au Burundi, nous avons procédé tout d'abord à l'identification des secteurs prioritaires en tenant compte de leur poids dans le bilan énergétique, de leur typologie et des formes d'énergie consommées. Cette caractérisation a permis, par la suite, d'identifier les axes d'intervention prioritaires en prenant en considération les principaux éléments suivants :

- La maîtrise de la demande énergétique en considérant les secteurs prioritaires ;
- L'optimisation de l'offre énergétique en agissant sur les pertes et en favorisant le développement des énergies renouvelables pour la production d'électricité connectée au réseau ;
- Les capacités de mise en œuvre des axes d'interventions en tenant compte de la typologie des mesures préconisées et des possibilités de leur financement à court et moyen termes.

### **4.2 Secteurs prioritaires**

L'analyse de la situation énergétique du Burundi permet de dégager quelques orientations importantes de la politique d'Efficacité Energétique, la matrice suivante synthétise les priorités sectorielles préconisées pour la politique d'Efficacité Energétique.

**Tableau 12 : Secteurs prioritaires de la politique d'Efficacité Energétique au Burundi**

Secteur	Économie des produits pétroliers	Maitrise de la demande d'électricité	Économie de bois énergie	Technologies durables /Electricité renouvelable	Réduction des pertes électriques
<b>Demande</b>					
Batiments( Résidentiel et tertiaire)					
Industrie					
Transport					
<b>Offre d'électricité</b>					
Production					
Transport et distribution					

### **4.3 Axes d'interventions prioritaires**

#### **4.3.1 Maitrise de la demande d'électricité**

La maîtrise de la demande d'électricité vise plusieurs objectifs à la fois :

- Reporter les investissements dans le parc de production électrique ;

- Alléger la facture énergétique nationale en réduisant la consommation d'énergie primaire pour la production d'électricité ;
- Réduire les subventions accordées par l'état au secteur à la REGIDESO (en 2013, la subvention accordée était de 6,3 Millions USD, elle représentait environ 20% de la recette de la REGIDESO)
- Alléger la pression sur le budget des ménages et contribuer à la lutte contre la pauvreté ;
- Améliorer la compétitivité et la viabilité des activités économiques dans le pays ;
- Enfin, contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et par conséquent lutter contre les changements climatiques.

Cet axe comprend deux types de mesures :

- **Mesures à impacts immédiats :**  
Il s'agit essentiellement de la diffusion à grande échelle des lampes à basses consommation (LBC) dans les bâtiments et l'éclairage public. La REGIDESO a déjà diffusé à ce jour 400 000 lampes LBC auprès des ménages, en réduisant la demande de 5MW et réduisant la consommation d'électricité d'environ 10 000 MWh ( Source : selon les données publiées par la REGIDESO ).  
La généralisation de l'éclairage efficace dans le secteur résidentiel, les bâtiments administratifs ainsi que l'éclairage public constitue une composante importante de la Maitrise de la demande d'électricité au Burundi.
- **Mesures à impacts à moyen et long termes :**  
Les impacts de ces mesures se font sentir à moyen et long termes, cette catégorie comprend essentiellement les mesures suivantes :
  - Les codes du bâtiment
  - L'étiquetage énergétique des appareils électroménagers (Transformation du marché des appareils électroménagers (climatiseurs, réfrigérateurs, lampes, etc.) vers un parc économe en énergie
  - Les audits énergétiques qui visent essentiellement les grands consommateurs de l'énergie entre autres les centrales thermiques et les bâtiments de la REGIDESO.

#### 4.3.2 Economie de bois énergie

L'économie de bois d'énergie est d'ores et déjà un axe prioritaire pour le Burundi, en effet 96% de la population utilise le charbon de bois comme moyen de cuisson principal. Cependant, la demande annuelle (3.3 -4.5 millions de tonnes) est supérieure à la production nationale (1.3-2.9 millions de tonnes). Les perspectives futures sont alarmantes pour les 15 à 20 années à venir si des mesures radicales ne sont pas prises dans les prochaines années.

Pour faire face à cette situation et lutter contre la déforestation, il est indispensable de promouvoir :

- Les cuiseurs économes d'énergie ;
- Les cuiseurs solaires (solaire thermique et/ou PV ),
- Les briquettes de biodéchets, parmi les déchets qui peuvent être utilisés, nous citons les déchets municipaux solides et la tourbe charbon.
- Les bio-digesteurs familiaux dans les zones rurales en utilisant la bouse de vache, pour couvrir les besoins énergétiques d'une famille (cuisson, éclairage, réfrigérateur) un espèce de 8 bœufs est requis<sup>41</sup>.

#### 4.3.3 Economie de produits pétroliers

Les produits pétroliers sont consommés essentiellement par le secteur des transports, la consommation des centrales thermiques de la REGIDESO et des groupes électrogènes installés principalement dans les secteurs industriel et tertiaire sera rationalisée par les autres axes proposés pour cette politique d'Efficacité Énergétique au Burundi.

#### **Efficacité Énergétique dans le Secteur du Transport**

<sup>41</sup> <http://www.lequotidien.sn/index.php/economie/installation-de-bio-digesteurs-a-l-echelle-nationale-le-gouvernement-met-10-milliards-sur-la-table>

Le parc automobile du Burundi dispose d'un peu plus de 55,000 véhicules roulants de toute catégorie. Environ 55% des automobiles ont plus de 10 ans d'âge<sup>42</sup>.

Cet axe stratégique comporte principalement :

- L'élaboration des plans des déplacements urbains et du transport urbain fluvial ;
- La mise en place d'action de substitution des hydrocarbures par le biocarburant notamment par la valorisation de l'huile de Jatropha pour produire le biodiesel et/ou la production d'éthanol par la mélasse de canne à sucre et la pulpe de café (Le café est le principal produit d'exportation au Burundi, 10 000 T/an )<sup>43</sup> . Le secteur biocarburant pourrait être une source de revenu additionnelle pour les burundais et semble pouvoir contribuer à court, moyen et long terme à la réduction de la pauvreté s'il est bien conçu de manière à ne pas concurrencer l'alimentation déjà insuffisante.
- La création de centrales pour la gestion des marchandises transportées
- L'utilisation de technologies spatiales (GPS) pour optimiser les déplacements des camions,
- Rajeunissement du parc automobile
- Optimisation du nombre de passagers par véhicule
- Développement du transport en commun, etc.

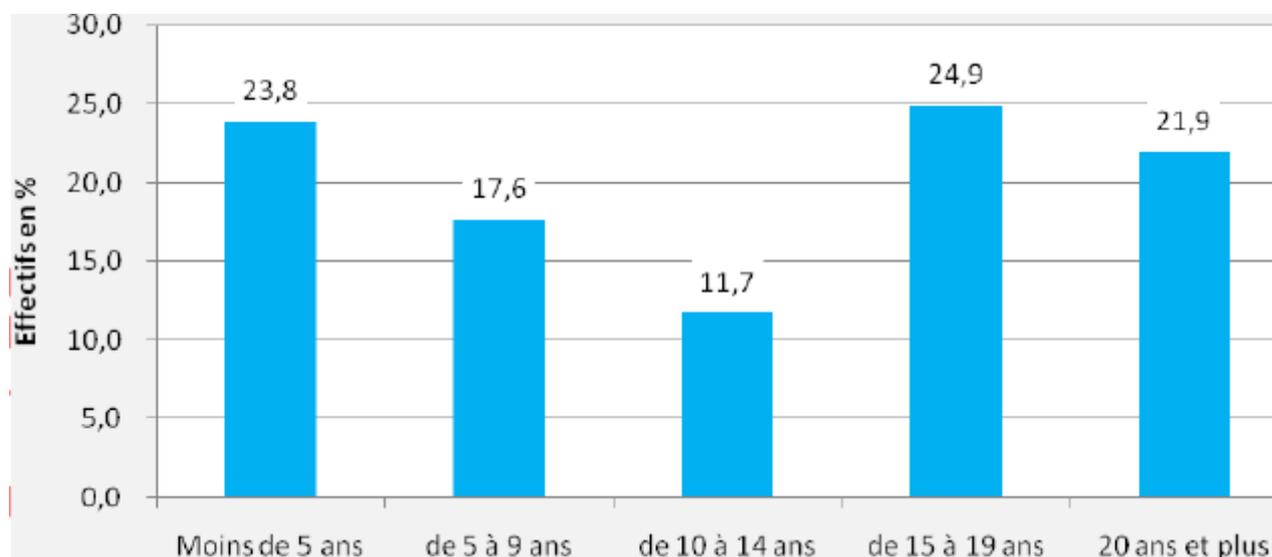


Figure 10 Répartition du parc d'automobile selon les tranches d'âges des véhicules<sup>44</sup>

#### 4.3.4 Amélioration de la performance énergétique du secteur électrique

Cet axe vise essentiellement à améliorer la consommation spécifique du secteur électrique à travers deux types d'actions :

- L'efficacité du parc de production et la réduction des pertes dans le système de transport et de distribution. Cet axe constitue d'ores et déjà une orientation stratégique prioritaire pour le Burundi. Dans le cadre de son projet PEE, la REGIDESO a déjà initié l'élaboration d'un plan d'actions d'efficacité énergétique visant principalement la réduction des pertes électriques liées au transport et la distribution d'électricité (les résultats sont présentés au rapport 2 de la présente mission),

<sup>42</sup> Enquête réalisée par l'ISTEEBU sur le parc automobile au Burundi, édition 31 décembre 2013

<sup>43</sup> Rapport de l'Atelier régional à l'intention de l'Afrique sur les moyens de promouvoir la production et l'utilisation durables des biocarburants, décembre 2009

<sup>44</sup> Enquête réalisée par l'ISTEEBU sur le parc automobile au Burundi, édition 31 décembre 2013

Il est recommandé de prévoir une action complémentaire visant l'accompagnement de la cellule d'Efficacité Énergétique de la REGIDESO dans la mise en place de son système de Management de l'Énergie dont sa mission est l'optimisation de son autoconsommation liée à ses activités (production et distribution d'électricité et de l'eau)

- Le mix énergétique visant la diversification des sources de production électrique, l'intégration des énergies renouvelables de grande puissance et la valorisation des ressources locales.

#### **4.3.5 Développement de Technologies Durables :**

Ce programme est entamé déjà au Burundi à plusieurs niveaux : Solaires PV, petite hydraulique, etc. Cependant, certaines technologies innovantes n'ont pas encore pris la place qui doit leur être réservée telles que la cogénération à la biomasse, la carbonisation et la densification de la tourbe, la climatisation solaire, le développement de la chaîne de froid alimentaire en utilisant le solaire, le développement de la production du biogaz depuis les déchets agricoles et urbains, etc.

#### **4.3.6 Système d'information énergétique**

L'objectif de cet axe stratégique de la politique d'Efficacité Énergétique au Burundi est de mesurer mensuellement et même quotidiennement les énergies consommées par le Burundi afin de procéder à des ajustements immédiats sans attendre les résultats globaux annuels. Le principe de ce projet est de pouvoir économiser ce que nous pouvons mesurer. L'Agence Nationale d'Efficacité Énergétique Burundaise proposée par l'étude sur le cadre réglementaire et institutionnel est appelée à se doter dès le départ des moyens de suivi et d'évaluation permettant d'apprécier les impacts des activités du programme et de disséminer les résultats obtenus afin de créer une dynamique de boule de neige permettant ainsi d'accélérer la mise en œuvre des autres actions.

Plus précisément, cette mesure consiste à :

- Elaborer les indicateurs énergétiques pertinents ;
- Développer le système d'information approprié ;
- Disséminer les informations et communiquer en vue de capitaliser et valoriser les résultats.
- Développer les Systèmes de Management de l'Énergie dans les différents ministères et les grands consommateurs comme processus d'amélioration continue de l'Efficacité Énergétique et outil d'enrichissement du système d'information énergétique au Burundi.

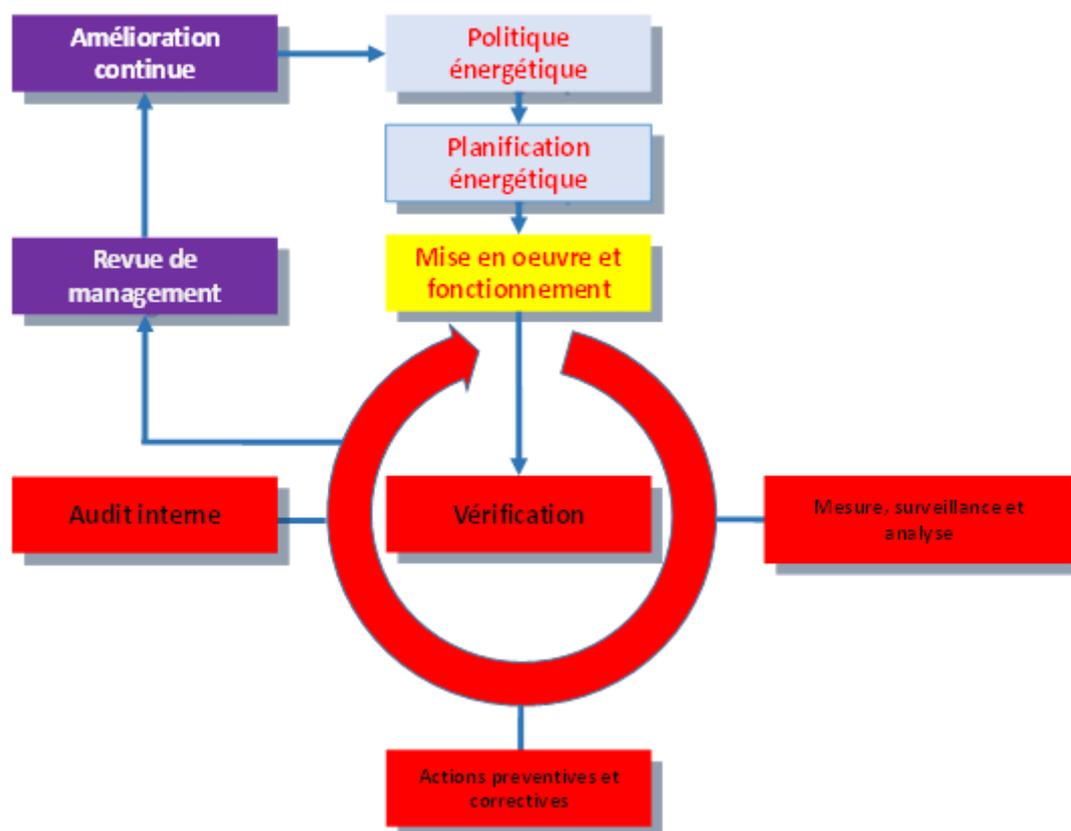


Figure 11 Processus du Système de Management de l'Énergie selon la norme ISO 50001

## 5 PLAN D' ACTIONS NATIONAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE

### 5.1 Programme : Audit énergétique et étude d'impact énergétique

Paramètre du programme	Description / détails
<b>Description du programme</b>	
Ce Programme comporte deux composantes : 1- Audits énergétiques obligatoires et périodiques des établissements grands consommateurs d'énergie permettront d'identifier les gisements rentables d'amélioration de l'efficacité énergétique et de les réaliser. 2- Etudes d'impact énergétique des nouveaux projets consommateurs de l'énergie : Les Etudes d'Impact énergétique (EIE) ont pour objectif d'évaluer de manière méthodique et préalable, les consommations énergétiques prévisionnelles d'un projet en vue de déterminer les potentiels d'efficacité énergétique que présente le projet et d'identifier les ressources énergétiques locales mobilisables pour le projet et leur potentiel .	
<b>Année de démarrage du programme</b>	2016
<b>Secteurs visés (1)</b>	<p><b>Audit énergétique:</b> Industrie : Consommation supérieure à 500 tep/an Tertiaire : Consommation supérieure à 200 tep/an Transport : Consommation supérieure à 300 tep/an</p> <p><b>Etude d'impact énergétique</b> L'étude d'impact énergétique est obligatoire pour les établissements suivants : - Puissance électrique installée des équipements est égale ou supérieure à 500 KW - Puissance thermique installée des équipements est égale ou supérieure à 1500 th/h - Consommation totale prévisionnelle d'énergie : est égale ou supérieure à 500 tep/an pour le secteur industriel ou 200 tep/an pour les secteurs tertiaire et résidentiel ou 300 tep/an pour le secteur du transport</p> <p>Nombre d'établissements : (08) huit, selon leurs consommation d'Electricité, en tenant compte de la consommation des carburants, le nombre sera plus important, l'enquête proposée à l'activité A3 permettra de déterminer le nombre des établissements assujettis à l'audit énergétique</p> <p>Consommation d'électricité visée par le programme : 27 500 MWh qui représente 55% de la consommation des clients MT en 2014</p>
<b>Périodicité de l'audit énergétique pour les établissements assujettis</b>	5 ans

**REPUBLIQUE DU BURUNDI – REGIDESO**  
**Programme d'action national d'efficacité énergétique-Rapport 3**

Paramètre du programme	Description / détails
<b>Planification des activités</b>	
<b>A1: Formation théorique et pratique des acteurs</b> 1-1: Equipe de l'Agence chargée d'EE 1-2: Futur responsables énergie 1-2: Formation et certification des experts auditeurs et des entreprises de services Eco-énergétiques (ESE/ESCO) (Formation pendant 2 semaines et accompagnement des futurs des experts dans la réalisation de leurs projets de certifications )	2016
<b>A2: Elaboration d'un Guide sur l'EE</b> Elaboration d'un cahier des charges pour les audits et les études d'impact énergétique et d'un guide sur l'EE dans les principaux secteurs économiques	2016
<b>A3: Réalisation d'une enquête</b> Réalisation d'une enquête auprès des industriel, tertiaire & transport dont le principal objectif est d'évaluer le niveau de la consommation énergétique des différents établissements ( toutes formes d'énergie confonues ) et d'identifier les établissements assujettis à l'audit énergétique obligatoire et périodique	2016
<b>A4: Projets pilotes</b> <b>5-1:</b> 3 Projets pilotes (Audits énergétiques dans les trois secteurs concernés, Accompagnement à la mise en place des actions, monitoring ) <b>5-2:</b> 2 Projets pilotes ( Etudes d'impact énergétique pour 1 bâtiment et une industrie avec accompagnement à la mise en œuvre des actions d'EE qui seront proposées )	2017
<b>A5: Adoption du cadre réglementaire</b> 4-1 : Décret portant le processus de suivi et contrôle des audits énergétiques obligatoires et périodiques 4-2: Aretée portant sur le cahier des charges relatif à l'audit et étude d'impact énergétique 4-3 : Ateliers de dissemination	2017
<b>A6: Mise en oeuvre du programme</b> 6-1: Réalisation des (08) audits énergétiques et mise en oeuvre des actions d'EE qui seront proposées 6-2 : Ateliers de dissémination et information du public	2018 -2025

<b>Impacts escomptés</b>				
Electricité économisée (MWh/an)		13 000		
Puissance moyenne réduite (MW)		1,5		
Electricité économisée (MWh ) - Cumul 2016-2025		91 000		
Carburants économisés (T/an) - Transport + Industrie		5 000		
Carburants économisés (T) - Cumul 2016-2015		35 000		
Electricité économisée (tep ) - Cumul 2016-2025		58 000		
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)		50 000		
Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025		27		
Réduction de la recette fiscale Millions USD - Cumul 2016-2025 (0,4USD/litre )		2,4		
Investissements reportés - Millions USD				
Réduction de l'importation Millions USD - Cumul 2016-2025 (0,8 USD/litre )		5		
NB: Ce programme aura des retombées à partir de 2018				
<b>Coût du programme (USD)</b>				
Activité A1		350 000		
Activité A2		90 000		
Activité A3		270 000		
Activité A4		2 500 000		
Activité A5		60 000		
Activité A6		4 000 000		
Coût global du programme ( période 2016-2025)		7 270 000		
<b>Coût moyen de kWh économisé sur la période 2016-2025 (USD )</b>		<b>0,080</b>		
<b>Financement du programme</b>				
	<b>Montant à mobiliser</b>	<b>Bailleurs de fonds</b>	<b>FNEE</b>	<b>Secteur privé</b>
Total	7 270 000	2 020 000	1 000 000	4 250 000

## 5.2 Promotion de l'Eclairage efficace

Paramètre du programme	Description / détails
<b>Description du programme</b>	<p>Ce programme comporte deux composantes :</p> <p>1- Diffusion des lampes à basses consommation (LBC) dans les ménages( diffusion de 200 000 LBC complémentaires dans les ménages, 40 000 par an pendant les 5 prochaines années, jusqu'à la mise en place du programme d'étiquetage énergétique des appareils électroménagers )</p> <p>2- Diffusion des lampes T5/Led dans les bâtiments publics ( diffusion de 30 000 lampes dans les bâtiments publics )</p>
<b>Année de démarrage du programme</b>	2016
<b>Secteurs visés (1)</b>	<p>Consommation d'électricité visée par le programme :</p> <p>Ménages : 83 143 MWh/an, Consommation globale en 2014 qui représente 55% de la consommation des clients BT et 44% de la consommation globale d'Electricité</p> <p>Administration : 23 264 MWh/an, cette consommation représente 12 % de la consommation globale d'électricité</p>
<b>Planification des activités</b>	
<p><b>A1: Réalisation d'une étude de marché de l'éclairage efficace dans les ménages, l'administration et l'éclairage public</b></p> <p>1-1: Evaluation de la situation actuelle à travers une enquête ( type de lampes utilisées, leurs performances, heures d'utilisation, la consommation d'électricité relative, la satisfaction à la première phase de diffusion de LBC ) et collecte de toutes les informations pertinentes pour assurer un programme réussi de diffusion de lampes économiques</p> <p>1-2 Identification des barrières, des risques et proposition des solutions adéquates</p> <p>1-3 Elaboration des spécifications techniques des équipements ( lampes, régulateur de puissance, réflecteurs, etc ) adaptés aux installations existantes</p> <p>1-4 Evaluation du réseau de distribution et proposer une démarche à suivre dans le mesurage et la vérification des résultats et élaborer les documents utiles pour le suivi et l'évaluation</p> <p>1- 5 Evaluation des impacts du programme</p>	2016
<p><b>A2: Diffusion de 200 000 LBC dans les ménages:</b> 40 000 par an pendant les 5 prochaines années, jusqu'à la mise en place du programme d'étiquetage énergétique des appareils électroménagers et interdire la distribution des lampes incandescentes</p>	2017-2022
<p><b>A3: Diffusion de 30 000 T5/Led dans les bâtiments publics:</b> 10 000 par an pendant les 3 prochaines années</p>	2017-2020
<p><b>A4: Evaluation des impacts à mi-parcours ( 2 ans après le lancement du programme )</b></p> <p>6-1: Mesurage et vérification des résultats</p> <p>6-2: Proposition des actions complémentaires pour la promotion de l'éclairage efficace</p> <p>6-3 : Atelier sur l'Efficacité Energétique de l'Eclairage</p>	2019

Impacts escomptés				
Electricité économisée (MWh/an)				12 500
Puissance moyenne réduite (MW)				5,0
Electricité économisée (MWh) - Cumul 2016-2025				112 000
Electricité économisée (tep) - Cumul 2016-2025				29 000
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)				50 000
Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025				34
Investissements reportés - Millions USD				5,0
Financement du programme	Montant à mobiliser	Bailleurs de fonds	FNEE	Secteur privé
Total	1 790 000	280 000	1 510 000	

### 5.3 Programme d'étiquetage et de norme minimale de performance énergétique des appareils électroménagers des lampes

Paramètre du programme	Description / détails
<b>Description du programme</b>	
<p>Lancer un Programme d'étiquetage énergétique des appareils électroménagers ( Réfrigérateur, climatiseur, fer à repasser ) et des lampes, ce programme comporte deux composantes :</p> <p>1- Instauration d'étiquetage énergétique afin d'informer les acheteurs potentiels de l'efficacité de chaque produit sur le marché et les sensibiliser à l'achat des appareils efficaces.</p> <p>2- Elaboration des normes minimales de performance énergétique de ces appareils, en interdisant la production, l'importation et la vente d'appareils neufs ne respectant pas l'exigence d'efficacité fixée par la norme</p> <p>L'étiquetage et les normes minimales de performance énergétique</p> <p>Les NMPE et l'étiquetage énergétique des équipements sont deux stratégies complémentaires permettant à un gouvernement d'influencer une transformation positive du marché vers l'utilisation d'appareils plus efficaces.</p> <p>Ce programme permettra d'éliminer les équipements de faible efficacité sur le marché et permet de créer une demande pour les appareils plus efficace, il sera harmonisé avec les programmes similaires dans l'espace CAE</p>	
<b>Année de démarrage du programme</b>	2016
<b>Secteurs visés</b>	<p>Ce programme vise essentiellement les ménages qui représentent en 2014 près 41% de la consommation globale d'Electricité, la consommation de ce secteur augmenterait de 83 GWh en 2014 à 150 GWh en 2020 selon les prévisions de la REGIDESO :</p> <p>Selon les premières estimations, le nombre annuel d'équipements visés est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réfrigérateur : Nouveaux 900, anciens : 35600</li> <li>- Climatiseur: Nouveaux 400, anciens : 8000</li> <li>- Fer à repasser : 2600 ( à confirmer la pertinence de viser cet équipement par l'étude de marché )</li> <li>- Lampes: 100 000 lampes</li> </ul> <p>Le programme pourrait être étendu dans le futur pour inclure les moteurs efficaces et tout autre</p>
<b>Planification des activités</b>	
<b>A1: Formation des gestionnaires du programme et acteurs du marché</b>	
<p>1-1: Expériences internationales et de la sous région</p> <p>1-2 Implantation du programme</p> <p>1-3: Normes de performance énergétique</p> <p>1-4 Etiquetage</p>	2016
<b>A2: Etude de marché des appareils électroménagers</b>	
<p>2-1 Evaluation de la pénétration des différents appareils électroménagers et lampes dans le marché</p> <p>2-2 Evaluation de l'efficacité des appareils disponibles sur le marché</p> <p>2-3 Identification des différents circuits de commercialisation, les intervenants et évaluation des processus de contrôle existants</p> <p>2-4 Identification des barrières à l'introduction d'électroménagers usagés et des lampes incandescentes</p> <p>2-5 Evaluation technico-économique des différentes classes énergétiques, afin de choisir les classes énergétiques les mieux adaptées au contexte du Burundi</p> <p>2-6 Atelier de restitution</p>	2017
<b>A3: Préparation du programme</b>	
<p>3-1 Mise en place de la norme;</p> <p>3-2: Phase d'étiquetage pilote pour tester le marché et apporter les ajustements nécessaires ;</p> <p>3-3 Mise en place d'un laboratoire pour tester la performance des équipements mis sur le marché;</p> <p>3-4 :Adoption du cadre réglementaire</p> <p>3-4-1: Decret cadre relatif à l'étiquetage des appareils électroménagers (etiquetage et normes )</p> <p>3-4-2: Arrêtées portant sur la définition des classes des classes énergétiques et des normes minimales de performance énergétique</p> <p>3-5 Formation des intervenants dans le circuit de commercialisation ( importateurs, producteurs, détaillants )</p>	2018
<b>A4: Lancement du programme</b>	
<p>5-1: Atelier de lancement du programme</p> <p>5-2: Lancement d'une campagne de sensibilisation pour les acheteurs</p> <p>5-3: Suivi et évaluation du programme et interdiction des classes énergétiques les moins performantes en fonction de l'évolution du marché;</p>	A partir de 2018
<b>A5: Remplacement des appareils existants ( climatiseurs et réfrigérateurs)</b>	
<p>Il s'agit de motiver financièrement le remplacement les vieux appareils existants</p>	A partir de 2022

<b>Impacts escomptés</b>				
Electricité économisée (MWh/an )				43 476
Puissance moyenne réduite (MW)				11,0
Electricité économisée (MWh ) - Cumul 2016-2025				459 189
Electricité économisée (tep ) - Cumul 2016-2025				119 638
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)				253 221
Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025				138
Investissements reportés - Millions USD				11,0
<b>Coût moyen de kWh économisé sur la période 2016-2025 (USD )</b>				<b>0,086</b>
<b>Financement du programme</b>	<b>Montant à mobiliser</b>	<b>Bailleurs de fonds</b>	<b>FNEE</b>	<b>Secteur privé</b>
Activité A 1	240 000	240 000		
Activité A 2	320 000	320 000		
Activité A 3 (Péparation du programme et contribution dans la mise en place dans l'espace CEA	350 000	350 000		
Activité A 4	150 000	150 000		
Activité A5	36 000 000		36 000 000	
Total	37 060 000	1 060 000	36 000 000	

## 5.4 Code de bâtiment

<b>Paramètre du programme</b>	<b>Description / détails</b>
<b>Description du programme</b>	<p>Ce Programme consiste à lancer un programme qui assistera le gouvernement du Burundi dans le lancement de l'initiative nationale EE et stimulera les partenariats publics/privés pour intégrer les considérations EE dans les programmes de construction/ réhabilitation des bâtiments publics et privés</p> <p>La mise en place de codes d'efficacité énergétique pour les bâtiments s'est avérée une stratégie très efficace dans de nombreux pays, car ils permettent de transformer l'industrie de la construction et d'exiger la mise en place de mesures rentables en efficacité énergétique lors de la construction de nouveaux immeubles Ce programme comporte les deux composantes suivantes :</p> <p>1- Institutionnaliser l'adoption des normes et pratiques de l'EE dans les bâtiments gouvernementaux : administration, santé, enseignement, etc.</p> <p>2- Mettre en place des exigences minimales obligatoires de performance en termes d'EE dans les bâtiments résidentiels, commerciaux (hôtels, banques, gares, etc.) et industriels au Burundi.</p>
<b>Année de démarrage du programme</b>	2016
<b>Secteurs visés</b>	<p><b>Période 2016-2025:</b> Approche obligatoire : Nouveaux bâtiments publics Approche volontaire : Nouveaux bâtiments privés</p> <p><b>Période 2025-2035:</b> Approche obligatoire pour tous les batiments tertiaires</p> <p>L'objectif du programme 2016-2025 est de construire deux bâtiments publics performants ( projets pilotes ), selon les données de la REGIDESO, la consommation moyenne es bâtiments adiministratifs alimentés en MT est de 1,5 GWh/an</p>
<b>Planification des activités</b>	
<p><b>A1: Evaluation des impacts de codes</b></p> <p>1-1: Réalisation d'une enquêtes auprès du secteur bâtiments dont l'objectif est de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluer les caractéristiques architecturales des bâtiments existants, les matériaux de construction utilisés et leurs coûts</li> <li>- Analyser leurs profils d'occupation, d'utilisation des équipements et leurs caractéristiques</li> <li>- Identifier les différentes intervenants dans le secteur et évaluer leurs niveaux de formation et de compétence;</li> </ul> <p>1-2: Evaluer le potentiel d'EE dans les différents batiments pour les différentes zones climatiques</p> <p>1-3 Evaluer la rentabilité économique de chaque action d'amélioration de l'enveloppe ( pour les différents batiments et les différentes zones climatiques )</p> <p>1-4 Identifier les actions d'EE les plus pertinentes pour les différents bâtiments selon leurs emplacement;</p> <p>1-5 Proposer des classes énergétiques et définir le niveau de performance minimal par secteurs et par zones climatiques</p> <p>4-6 Ateliers de restitution</p>	2016
<p><b>A2: Renforcement des capacités des acteurs</b></p> <p>1-1: Formation spécifique pour les Gestionnaires du programme, les Architectes, ingénieurs, les promoteurs, les centres techniques, l'institut chargée de la normalisation, le ministère chargé des travaux publics, etc</p> <p>1-3 Elaboration d'un guide sur la réglementation thermique des bâtiments qui servira comme un outil d'appui aux intervenants dans la conception et construction de bâtiments</p>	2016

<b>A3: Deux Projets de demonstration</b>	2017-2018			
<b>A4: Adoption du cadre réglementaire</b> 4-1 : Décret portant les réglementations thermiques de bâtiments 4-2: Aretée portant sur les niveaux minimaux de la performance énergétique dans les bâtiments 4-3 : Ateliers de dissemination	2019			
<b>A5: Mise en oeuvre du programme</b> Objectif 2016-2025 : construction d'un bâtiment efficace tous les deux ans ( 3 bâtiments sur la période 2020-2025)	A partir de 2020			
<b>Impacts escomptés</b>				
Electricité économisée (MWh/an )	38 000			
Puissance moyenne réduite (MW)	4,3			
Electricité économisée (MWh ) - Cumul 2016-2025	764 000			
Electricité économisée (tep ) - Cumul 2016-2025	199 000			
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)	421 000			
Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025	229			
Investissements reportés - Millions USD	4,3			
Coût global du programme ( période 2016-2025)	5 160 000			
<b>Financement du programme</b>	<b>Montant à mobiliser</b>	<b>Bailleurs de fonds</b>	<b>FNEE</b>	<b>Secteur privé</b>
Activité A1 : Evaluation des impacts de codes	320 000	320 000		
Activité A2 : Renforcement des capacités des acteurs:	230 000	230 000		
Activité A3 : Deux Projets de demonstration	1 820 000		1 820 000	
Activité A4 : Adoption du cadre réglementaire	60 000	60 000		
Activité A5 ; Mise en oeuvre du programme	2 730 000		546 000	2 184 000
Total	5 160 000	610 000	2 366 000	2 184 000

## 5.5 Programme d'économie bois énergie

PRINCIPALES COMPOSANTES	MARCHE VISE
<p>Ce programme comporte trois composantes :</p> <p>P1- Le développement de la filière de bio-digesteurs familiaux dans les zones rurales en utilisant la bouse de vache, pour couvrir les besoins énergétiques d'une famille (cuisson, éclairage, réfrigérateur)</p> <p>P2- Le développement de la filière des briquettes de biodéchets, parmi les déchets qui peuvent être utilisés, nous citons les déchets municipaux solides et la tourbe charbon</p> <p>P3 - Les cuiseurs solaires,</p>	<p><b>P1- Bio digesteurs familiaux :</b></p> <p>Diffusion de bio-digesteurs auprès de 166 000 Ménages qui ont entre 1 et 9 tête de gros bétail</p> <p><b>P2 – Briquettes de biodéchets</b></p> <p>Accompagner le secteur privé pour le développement de cette filière ), Environ 1 685 553 ménages peuvent bénéficier de développement de cette filière</p> <p><b>P3 – Cuiseurs solaires</b></p> <p>Lancement d'une phase pilote auprès des ménages urbains utilisant l'électricité et les bois / charbon de bois pour le cuisson ( le marché visé est d'environ 100 000 ménages )</p>

### Activités prévues par le programme

Activités du programme	Planification
A1: Etude de marché pour les trois technologies visés	2016
A2: Elaboration des spécifications techniques	2018
A3: Lancement du programme	2019
A4: Evaluation des résultats	2022

Résultat envisagé : réduction de la consommation de bois de 850 000 T/an, soit une réduction de 4,15 millions Tonnes entre 2019 et 2025, le coût global du programme est de 34 Millions USD

## 5.6 Efficacité énergétique dans le transport

### ACTIONS POTENTIELLES

- L'élaboration des plans des déplacements urbains et du transport urbain fluvial ;
- La mise en place d'action de substitution des hydrocarbures par le biocarburant notamment par la valorisation de l'huile de Jatropha pour produire le biodiesel et/ou la production d'éthanol par la mélasse de canne à sucre et la pulpe de café (Le café est le principal produit d'exportation au Burundi, 10 000 T/an) .
- La création de centrales pour la gestion des marchandises transportées
- L'utilisation de technologies spatiales (GPS) pour optimiser les déplacements des camions,
- Rajeunissement du parc automobile
- Optimisation du nombre de passagers par véhicule
- Développement du transport en commun, etc.

### ACTIONS PROPOSEES POUR LA PERIODE 2016-2020

ACTION POTENTIELLE	OBJECTIFS DU PROGRAMME D'EE 2016-2025
Déplacements urbains et du transport urbain fluvial ;	Etude stratégique
Substitution des hydrocarbures par le biocarburant	Mise en place d'un projet pilote permettant de substituer 5%
La création de centrales pour la gestion des marchandises transportées	A planifier après la réalisation de l'étude stratégique
L'utilisation de technologies spatiales (GPS) pour optimiser les déplacements des camions,	Mise en place d'un projet pilote en partenariat avec le secteur privé
Rajeunissement du parc automobile	Négociation d'un mécanisme de financement encourageant
Développement du transport en commun	Etude d'évaluation du potentiel d'EE dans le transport commun

**IMPACTS DU PROGRAMME 2016-2025**

Hydrocarbures économisés	T/an	3950
	tep/an	3874
	tCO2/an	14371
Réduction de l'importation	MUSD/an	3,2
Amélioration pouvoir achat	MUSD/an	1,2

**5.7 Programme de biogaz**

**PROGRAMME PROPOSE POUR 2016-2025 :**

Activités du programme	Planification
A1: Etude d'évaluation du marché potentiel de biogaz	2016-2017
A2: Réalisation des trois projets pilotes en partenariat avec le secteur privé (Déchets industriels, d'agriculture et municipaux ) de puissance globale 1,5 MW elec	2018-2020
A3: Conception d'un programme à une échelle plus large	2021
A4 : Lancement du programme	2022

**IMPACT DU PROGRAMME PROPOSE POUR 2016-2025 :**

Réduction de la demande MW	<b>1,875</b>
Electricité économisée (MWh/an )	<b>16425</b>
Electricité économisée (MWh ) - Cumul 2016-2025	<b>65700</b>
Energie primaire évitée (tep) - Cumul 2016-2025	<b>17118</b>
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)	<b>36230</b>

Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025	19,7
---	------

Investissement et mode de financement :

Financement du programme	Montant à mobiliser	Bailleurs de fonds	FNEE	Secteur privé
Montant USD	3 750 000	550 000	1 600 000	1 600 000

## 5.8 Système d'Information énergétique et de Management de l'énergie

PROGRAMME PROPOSE POUR 2016-2025 :

Activités du programme	Planification
A1: Mise en place un système d'information énergétique permettant de suivre et évaluer la consommation énergétique par secteur économique ainsi que les potentiels d'EE et d'EnRs	2016-2018
A2: Lancement d'un programme d'accompagnement des établissements publics et privés ( grands consommateurs de mettre en place un SME conformément avec la norme ISO 50001 )	2018-2020

IMPACTS ESCOMPTEES PROGRAMME 2016-2025

Réduction de la demande MW	1,875
Electricité économisée (MWh/an )	4920
Electricité économisée (MWh ) - Cumul 2016-2025	24598
Carburants économisés (T/an)	1796
Carburants économisés (T) - Cumul 2016-2015	8982
Energie primaire évitée (tep) - Cumul 2016-2025	15219
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)	46244
Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025	7,4
Réduction de la recette fiscale Millions USD - Cumul 2016-2025 (0,4USD/litre )	3,59
Investissements reportés - Millions USD	1,9
Réduction de l'importation Millions USD - Cumul 2016-2025 (0,8 USD/litre )	7,2

**INVESTISSEMENTS ET FINANCEMENT**

Financement du programme	Montant à mobiliser	Bailleurs de fonds	FNEE	Secteur privé
Montant USD	1 300 000	800 000	350 000	150 000

## 5.9 Développement de la filière solaire

**PROGRAMME PEOPOSE POUR 2016-2025**

Activités du programme	Planification
A1: Etude sur le potentiel solaire dans, les bâtiments, l'industrie et les ménages	2017
A2: Elaboration d'un cahier de charge pour les intervenants ( consultants, installateurs, spécifications techniques minimales)	2017
A3: Formation et renforcement des capacités	2017
A4: Installation d'un projet pilote par secteur ( ménages, bâtiments administratifs, industries ) avec une puissance globale de 1,5 MW	2018-2022
A5: Evaluation de cette phase de démonstration et proposition d'un plan solaire pour 2025-2035	2023

**IMPACTS DU PROGRAMME 2016-2025**

Réduction de la demande MW	1,5
Electricité économisée (MWh/an )	16425
Electricité économisée (MWh ) - Cumul 2016-2025	246375
Energie primaire évitée (tep) - Cumul 2016-2025	64191
Réduction des émissions GES - Cumul 2016-2025 (TCO2)	135864
Gains macroéconomiques Millions USD - Cumul 2016-2025	19,7

**INVESTISSEMENTS ET FINANCEMENT**

Financement du programme	Montant à mobiliser	Bailleurs de fonds	FNEE /Etat	Secteur privé
Montant MUSD	6,9	0,6	2	4,3

### **5.10 Accompagnement de la REGIDESO dans la mise en place de son plan d'action d'Efficacité Énergétique**

La REGIDESO avait réalisé un audit énergétique en 2014 dont l'objectif était de réduire les pertes techniques et commerciales dans le réseau de distribution, cet audit avait montré un gisement important d'économie d'énergie et de la réduction de la demande :

- Puissance réduite : 7 MW ;
- Electricité produite économisée : 11 GWh /an ;
- Electricité additionnelle livrée : 38 MWh /an ;
- Electricité additionnelle facturée : 9,4 GWh ;
- Recette additionnelle de la REGIDESO : 0,35 Million USD  
(Recette additionnelle relative à la révision de la tarification).
- Recette additionnelle de la REGIDESO : 1,4 Millions USD  
(Recette additionnelle relative à l'économie d'énergie)
- Recette additionnelle Globale : 1,8 Millions USD
- Financement requis :
  - Investissement matériel : 4,3 Millions USD
  - Investissement immatériel : 0,6 Million USD
  - Total ; 4 ,9 Millions USD
  - PRI : 2,7 ans .

La mise en œuvre du plan d'actions d'économie d'énergie de la REGIDESO nécessite la mobilisation d'un financement de 4,3 Millions USD (6 880 Millions BIF) pour l'investissement matériel et de 590 000 USD (944 Millions BIF) pour l'investissement immatériel.

L'investissement immatériel (590 000 USD) couvre essentiellement les prestations d'un bureau spécialisé pour accompagner la REGIDESO dans la mise en place des actions d'économie d'énergie découlant de l'audit énergétique qui ne nécessitent pas un investissement et également pour l'accompagnement et le renforcement des capacités de la cellule d'économie d'énergie au sein de la REGIDESO selon le programme détaillé dans le tableau suivant

**Tableau 13 : Programme d'accompagnement de la cellule d'économie d'énergie à la REGIDESO**

Actions	Délai	Indicateur suivi performance	Budget
Programme de formation et de renforcement des capacités de l'unité d'économie d'énergie (Les grandes lignes du programme sont présentées au chapitre suivant 5.4.6)	2016	L'équipe de l'unité formée sur les différents aspects d'efficacité énergétique et environnementaux liés aux activités et aux champs d'intervention de la REGIDESO	100 000 USD
Assistance technique et Accompagnement de la REGIDESO dans la mise en place de son plan d'actions proposé par l'audit énergétique et dans la mobilisation d'un financement à travers le secteur privé	2016	80% des actions retenues seront mises en place	150 000 USD

**REPUBLIQUE DU BURUNDI – REGIDESO**  
**Programme d'action national d'efficacité énergétique-Rapport 3**

Actions	Délai	Indicateur suivi performance	Budget
Accompagnement de l'unité d'économie d'énergie dans l'élaboration de son plan stratégique	2016-2017	Identification des actions portant sur l'amélioration de la performance énergétique de ses installations, la gestion de la demande, le mixte énergétique et sur l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre liées à ses activités et élaboration d'un plan d'investissement	90 000 USD
Mise en place d'un Système de Management de l'Energie selon l'ISO 50001 dans les principaux processus de la REGIDESO	2016 - 2017	Mise en place du Système de Management de l'Energie pour la gestion de la consommation énergétique des : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Centrales et réseaux de distribution d'électricité</li> <li>○ Réseaux de distribution et stations de pompage</li> <li>○ Bâtiments de la REGIDESO</li> <li>○ Parc roulant</li> </ul> Pour chaque sous-secteur, les objectifs, les indicateurs de performance seront définis et les processus de suivi, d'évaluation et d'amélioration seront mis en place	100 000 USD
Audits énergétiques des centrales électriques, des réseaux de distribution d'eau, des bâtiments administratifs et accompagnement à la mise en place des actions qui seront découlées de ces audits	2017 - 2018	Evaluation de la performance énergétique des installations et bâtiments de la REGIDESO, identification des actions d'amélioration et la mise en place de ces actions	250 000 USD <sup>45</sup>
Contribution dans la mise en place du plan d'actions national d'Efficacité Energétique proposé par le volume 3 de la présente étude	2016-2018	Atteinte des objectifs du plan d'actions national d'Efficacité Energétique (voir volume 3 de cette étude)	Budget prévu par le plan d'actions national d'Efficacité Energétique (voir volume 3 de la présente étude)

<sup>45</sup> Ce budget ne tient pas en considération les investissements requis pour la mise en place des actions d'économies d'énergie découlées des audits énergétiques proposés dans le cadre du plan d'actions à court terme de l'Unité d'Economie d'Energie de la REGIDESO

## 6 MODE DE FINANCEMENT DU PLAN D'ACTION NATIONAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE

Le développement. Cette barrière qui empêche souvent d'atteindre les objectifs de changement d'échelle trouve ses origines dans :

- Le coût initial des investissements élevé dans le contexte des consommateurs Burundais (Ménages et entreprises privées) ;
- Le temps de retour sur investissement souvent haut empêchant ainsi le consommateur de prendre des décisions en faveur d'un investissement à moyen terme ;
- Le faible accès aux financements bancaires qui pourraient constituer une solution pour éviter l'investissement initial.

Pour cela, et au-delà des aspects importants liés à la mise en place des conditions cadres de la promotion et de la programmation des activités de maîtrise de l'énergie, nous pensons que la question du financement représenterait l'élément crucial du développement massif de la maîtrise de l'énergie au Burundi.

Trois aspects essentiels doivent être pris en considération :

- La mobilisation des financements auprès des bailleurs de fonds et à travers des ressources locales.
- La conception et la mise en place de mécanismes de financement appropriés permettant de faciliter la diffusion des technologies d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables
- La prise en compte des opportunités offertes par le marché carbone dans le cadre du mécanisme pour le développement propre (MDP).

### MODES DE FINANCEMENT POUR LES PROGRAMMES GOUVERNEMENTAUX

Pour le Burundi, l'étude sur le cadre réglementaire et institutionnel pour une politique d'efficacité énergétique élaboré par Enerplus Group, a proposé comme un mécanisme de financement des programmes d'Efficacité Energétique, la mise en place d'un fonds d'Efficacité Energétique, afin de proposer les ressources les mieux adaptées à ce fonds, une analyse de l'expérience internationale est présentée ci-après.

#### **M 1 : Surcharge sur le tarif pour financer un fonds de gestion de la demande d'énergie**

Un des instruments de financement les plus populaires sur la planète est la constitution d'un fonds de gestion de la maîtrise d'énergie. Il consiste habituellement à permettre une légère augmentation de la tarification de l'énergie qui permet de prélever un montant supplémentaire sur la facture d'énergie, afin de financer une partie ou l'ensemble des actions de gestion de la demande d'énergie. Ce montant peut être le même pour tous les consommateurs ou encore être différencié selon la catégorie de clients (résidentiel, commercial ou industriel). Les distributeurs d'énergie ont l'obligation, dans cette approche, de remettre le montant des recettes additionnelles à un fonds spécial créé par le gouvernement.

#### **M2: Redevance ajouté aux ventes d'électricité pour financer l'efficacité énergétique**

Une augmentation de tarif va inclure plusieurs composantes. Il est alors difficile voire impossible au payeur des factures de savoir quelle portion de l'augmentation sert à financer l'efficacité énergétique par rapport aux autres facteurs d'influence sur les prix. Une redevance est clairement visible sur la facture, et tous les payeurs d'électricité savent immédiatement qu'un montant est prélevé pour l'efficacité énergétique.

Au Québec, par exemple, l'approche d'une légère augmentation sur les tarifs de l'électricité a été adoptée pour assurer le financement d'un groupe de programmes géré par la compagnie d'électricité provinciale, alors que l'approche d'une redevance sur les produits pétroliers a été utilisée pour créer un fonds d'appui à des programmes transversaux.

### **M3 : Taxes ou tarifs douaniers pour financer l'efficacité énergétique**

Une autre approche utilisée dans certains pays, notamment la Tunisie, consiste à créer une nouvelle taxe spéciale, dont l'objectif est la création d'un fonds destiné au financement des programmes d'efficacité énergétique. Cette taxe est habituellement ajoutée à certains équipements énergivores ciblés. Dans le cas de la Tunisie, une telle taxe a été établie sur la vente d'automobile et sur la vente d'appareils tels les climatiseurs d'air.

#### **Sources de financement proposées pour le fonds d'Efficacité Energétique au Burundi**

**L'application d'une redevance sur les ventes d'électricité** est particulièrement recommandée pour la constitution des fonds de fonctionnement des différents programmes d'efficacité énergétique. Notamment, dans le secteur résidentiel et entreprises, ainsi que pour les activités d'information, de renforcement des capacités. Cette redevance peut être la même pour chaque kWh, peu importe la clientèle (résidentielle, commerciale, institutionnelle ou industrielle), ou encore être modulée selon les clientèles (redevance moins chère au secteur résidentiel et plus chère aux autres secteurs).

**L'application d'une taxe sur les véhicules** agés de plus de 10 ans et sur la certains équipements énergivores ciblés, exemple (climatiseurs, moteurs, lampes incandescentes).

#### Autres sources :

Le fonds d'Efficacité Energétique proposé pour le Burundi pourrait être alimenté par d'autres sources de financement, tels que :

- Le gouvernement, qui pourrait verser des montants additionnels pour des initiatives particulières, en particulier pour le programme de gestion de l'efficacité énergétique du secteur public, car il serait difficile de défendre une position ou des redevances appliquées aux acteurs privés sur le marché qui servent à financer des programmes pour le secteur public ;
- Les donateurs internationaux, qui financent des initiatives visant la réduction de la consommation d'énergie ou la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

### **MODES DE FINANCEMENT POUR LES PROJETS PRIVES**

Pour les projets privés, il y a quatre modes de financement possibles, à savoir :

- Financements traditionnels : financement sur fonds propres et prêts classiques des banques commerciales ;
- Financements novateurs : financement de projets de type économies partagées par des ESE ou ESCO;
- Programmes ou lignes de crédit : pour le financement de l'efficacité énergétique, offerts par des bailleurs de fonds multilatéraux, telles des agences de crédit à l'exportation, banques de développement, agences de coopération ;
- Programme de garantie de prêt : qui viennent sécuriser les institutions financières prêtant à une ESE ou à un propriétaire de site ;

## 7 DETERMINATION DES STANDARDS

### 7.1 Equipements économes d'énergie

Les équipements et les matériaux utilisés selon les standards internationaux dans les projets d'efficacité énergétiques et d'énergies renouvelables sont présentés à l'annexe 1.

**Tableau 14 : Liste des équipements économes d'énergie**

Ref.	Équipements Économes	Provenance		Utilisation		
		Fabrication Locale	Importé	Eff. Energ.	Energ. Renouv.	Substit. Energ.
	<b>Eclairage</b>					
E1	Tube Fluorescent T5					
E2	Lampes Basse Consommation (LBC)					
E3	Lampes à diodes émettrices de lumière (LED)					
E4	Lampes Solaires					
E5	Gradateurs ou variateurs de lumière et interrupteurs électriques pour systèmes photovoltaïques					
E6	Régulateurs variateurs de tension pour réseaux d'éclairage					
E7	Réflecteurs pour lampes					
	<b>Réfrigération- Climatisation</b>					
RC1	Réfrigérateur efficace					
RC2	Isolation en Laine de verre, laine de roche, polystyrene, polyurthane, etc.					
RC3	Pompe à chaleur					
RC4	Refrigerateurs solaires					
RC5	Films de protection solaire pour fenestration					
RC6	Pompes à chaleur à absorption					
RC7	Climatiseur solaire					
	<b>Eau Chaude Sanitaire- Cuisson</b>					
ECS1	Chauffe-eau Solaire					
ECS2	Economiseurs d'eau pour lavabo et douche					
ECS3	Cuiseur solaire					
ECS4	Couvercle de four à bois					
	<b>Production Électricité</b>					
PE1	Panneaux Solaires photovoltaïques					
PE2	Eoliennes de pompage					
PE3	Aerogenerateurs complets					
PE4	Gradateurs ou variateurs, interrupteurs électriques pour systèmes photovoltaïques					
PE5	Digesteur anaerobique (Biogas)					
PE6	Valorisation des déchets					
PE7	Cogénération					
	<b>Équipements Industriels/Commerciaux</b>					
EIC1	Moteurs à Haut Rendement					
EIC2	Batteries de Condensateurs					
EIC3	Variateur de vitesse à fréquence variable					
EIC4	Récupérateur de chaudière					

## **7.2 Normes et protocoles relatives aux services exo-énergétiques**

Ce chapitre présente les normes et les protocoles internationaux appliqués dans le service éco-énergétique :

### **7.2.1 La norme ISO 50001 relative au Système de Management de l'Énergie**

L'objet de la présente Norme internationale est de permettre aux organismes d'établir les systèmes et processus nécessaires à l'amélioration de la performance énergétique, y compris l'efficacité, l'usage et la consommation énergétiques. La mise en œuvre de la présente Norme internationale a pour intention de conduire à une diminution des émissions de gaz à effet de serre et autres impacts environnementaux associés et des coûts liés à l'énergie par la mise en œuvre méthodique du management de l'énergie. La présente Norme internationale s'adresse aux organismes de tout type et de toute taille, quelles que soient les conditions géographiques, culturelles et sociales. Le succès de sa mise en œuvre dépend de l'engagement de chaque niveau hiérarchique et fonction de l'organisme et, en particulier, de la direction.

La présente Norme internationale spécifie les exigences qui s'appliquent à un système de management de l'énergie (SMÉ) permettant à un organisme d'élaborer et d'appliquer une politique énergétique, et d'établir des objectifs, des cibles et des plans d'actions qui tiennent compte des exigences légales et des informations afférentes aux usages énergétiques significatifs. Un SMÉ permet à un organisme de tenir ses engagements de politique, de prendre les mesures nécessaires pour améliorer sa performance énergétique et de démontrer la conformité du système par rapport aux exigences de la présente Norme internationale. La présente Norme internationale est applicable aux activités dont l'organisme a la maîtrise, et sa mise en œuvre peut être adaptée aux exigences spécifiques de l'organisme, y compris le degré de complexité du système, le niveau de documentation et les ressources.

L'adoption de la présente Norme internationale au niveau mondial contribue à un usage plus efficace des sources d'énergie disponibles, à une meilleure compétitivité et à une réduction des émissions de gaz à effet de serre et autres impacts environnementaux associés. La présente Norme internationale est applicable quels que soient les types d'énergie utilisés.

La présente Norme internationale peut servir à la certification, à l'enregistrement et à l'autodéclaration du SMÉ d'un organisme. Elle n'établit pas d'exigences absolues en matière de performance énergétique au-delà des engagements de la politique énergétique de l'organisme et de son obligation de respecter les exigences légales et autres exigences. Ainsi, deux organismes ayant des activités similaires, mais une performance énergétique différente, peuvent tous deux être conformes à ses exigences.

La présente Norme internationale se fonde sur la méthodologie d'amélioration continue dite PDCA (*Plan-Do-Check-Act*, Planifier-Faire-Vérifier-Agir) et intègre le management de l'énergie dans les pratiques quotidiennes de l'organisme, comme illustré à la figure suivante

- Planifier: procéder à la revue énergétique et définir la consommation de référence, les indicateurs de performance énergétique (IPÉ), les objectifs, les cibles et les plans d'actions nécessaires pour obtenir des résultats qui permettront d'améliorer la performance énergétique en cohérence avec la politique énergétique de l'organisme.
- Faire : appliquer les plans d'actions de management de l'énergie.
- Vérifier : surveiller et mesurer les processus et les caractéristiques essentielles des opérations qui déterminent la performance énergétique au regard de la politique et des objectifs énergétiques, et rendre compte des résultats.

- Agir : mener à bien des actions pour améliorer en permanence la performance énergétique et le SMÉ.

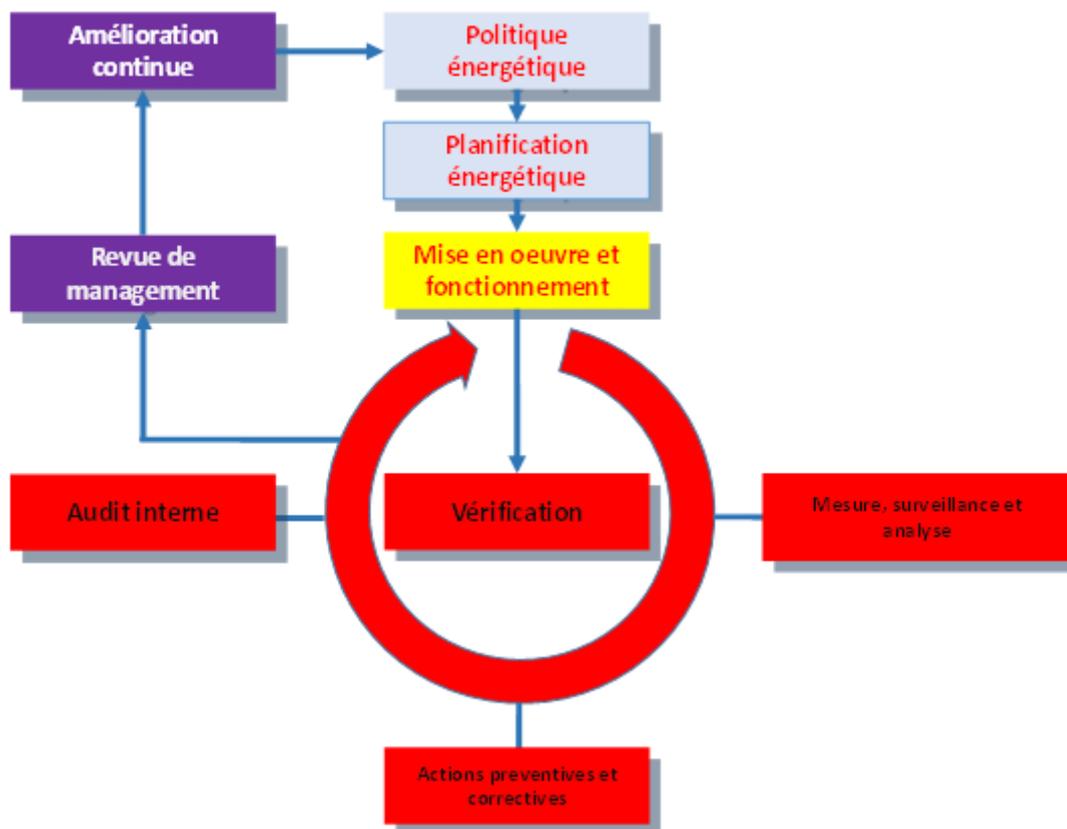


Figure 12 : processus du Système de Management de l'Energie

### 7.2.2 La norme NF 16247 relative aux méthodes de référence d'audit énergétique:

Les normes NF EN 16247-2 à 4, méthodes de référence d'audit énergétique pour les domaines du bâtiment, de l'industrie et du transport sont mises à disposition par AFNOR. Elles viennent en appui à la réglementation qui rend obligatoires les audits énergétiques pour les grandes entreprises dans les plusieurs pays.

Comment réaliser des audits énergétiques dans les bâtiments ? Dans l'industrie ? Dans les transports ? Toutes les réponses avec les normes sectorielles, réalisées par et pour les professionnels sous l'égide d'AFNOR !

Qu'est-ce qu'un audit énergétique ? Selon la norme NF EN 16247-1 publiée en 2012, c'est un examen et une analyse méthodiques de l'usage et des consommations énergétiques d'un site, d'un bâtiment ou d'un organisme.

Il vise à identifier les flux énergétiques et les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique, puis d'en rendre compte. La norme NF EN 16247-1 délivre les exigences générales pour la réalisation d'un audit énergétique. Elle précise la méthodologie et les actions à mener tout au long des différentes étapes d'un audit énergétique (définition de l'objectif, du périmètre, réalisation d'une visite sur site...).

Les normes NF EN 16247 parties 2, 3 et 4, nouvellement publiées, précisent des exigences spécifiques pour les bâtiments, les procédés industriels et le transport. Elles sont à utiliser en association avec la norme NF EN 16247-1 qu'elles complètent.

La norme NF EN 16247-2 précise les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique dans les bâtiments dans leur ensemble (à l'exclusion des habitations privées individuelles), sur des parties spécifiques ou un système technique.

Sur un site industriel, un audit énergétique est un outil décisif pour aider un organisme à gérer sa consommation d'énergie. Les secteurs industriels présentent une grande diversité de procédés, d'utilités et d'usages énergétiques. La norme NF EN 16247-3 est un nouveau document de référence pour la réalisation d'audits énergétiques dans l'industrie.

Qu'en est-il pour les audits énergétiques dans le secteur du transport ? La norme NF EN 16247-4 harmonise les procédures pour l'audit énergétique des systèmes de transport. Il décrit certains aspects spécifiques à chaque mode de transport. Les exigences s'appliquent au transport routier, ferroviaire, maritime et aérien, et prennent en compte les différences entre transports locaux et à longue distance, ainsi que ce qui est transporté (en somme, des marchandises et des personnes).

Cet ensemble de normes sur l'audit énergétique a été réalisé sur commande de la Commission européenne aux organismes de normalisation européens CEN, CENELEC et ETSI, pour faciliter l'application de la Directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique. Les audits énergétiques réalisés selon ces normes sont conformes aux dispositions de l'annexe VI de cette directive relative aux critères minimaux pour les audits énergétiques.

La présente Norme européenne est applicable aux exigences spécifiques relatives aux audits énergétiques dans les bâtiments. Elle précise les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique dans un bâtiment ou groupe de bâtiments, à l'exclusion des habitations privées individuelles. Elle doit être appliquée conjointement avec l'EN 16247-1, Audits énergétiques - Partie 1 : Exigences générales, qu'elle complète. Elle spécifie des exigences supplémentaires à celles de l'EN 16247-1, qui doivent être appliquées simultanément.

### **7.2.3 La mesure et la vérification de la performance énergétique selon le protocole international de l'IPMVP :**

Les actions d'amélioration de l'efficacité énergétique apportent un gain dont la mesure, dans la plupart des cas, est complexe. En effet, qui peut, d'emblée, expliciter les raisons pour lesquelles une courbe annuelle de consommation d'énergie prend telle forme ?

Garantir un gain en efficacité énergétique impose de comprendre et d'intégrer les causes de ces variations, afin que le résultat après travaux puisse être valablement comparé. Il est impossible de mesurer directement une absence de consommation dans un contexte variable, on ne peut comparer que des choses comparables ! Des procédures de Mesure et de Vérification éprouvées dans la vie réelle sont donc proposées.

The International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP®) est un, ouvrage de référence largement reconnu au plan international, décrit un cadre procédural et quatre options méthodologiques permettant, entre autres, de répondre aux besoins de M&V de la majorité des projets de services d'efficacité énergétique.

L'IPMVP constitue l'ouvrage de référence des meilleures pratiques applicables aux M&V, dans les projets de services d'efficacité énergétique. Il couvre également les aspects d'efficacité dans l'utilisation de l'eau et des énergies renouvelables. Il s'attache à deux dimensions importantes :

- Les techniques de mesure de l'efficacité énergétique par l'utilisation de données d'une qualité adaptée aux objectifs fixés.
- La distinction entre acteur de l'efficacité énergétique et acteur de la vérification, avec la mise à disposition de données et d'analyses appropriées et transparentes. Cette distinction vise à séparer les personnes physiques ou les services ; toutefois, pour les M&V, elle n'impose pas de recourir à une personne morale distincte.

Protocole évolutif, l'IPMVP se compose, dans sa version 2007, de trois parties :

**Le Volume 1** décrit des pratiques courantes en termes de mesure, calcul et suivi des économies engendrées par des Actions d'Amélioration de l'Efficacité Energétique. Il définit la terminologie à employer dans le Plan de M&V, ainsi que les procédures permettant une détermination économiquement viable des gains d'efficacité énergétique.

**Le Volume 2** est consacré à la qualité environnementale interne des bâtiments, plus particulièrement à la qualité de l'air intérieur, dans la mesure où leurs aspects peuvent être influencés par le projet de services d'efficacité énergétique.

**Le Volume 3** détaille les concepts et les pratiques de détermination des gains énergétiques en construction neuve, et apporte des exemples complémentaires de mise en œuvre.

L'IPMVP fournit un cadre procédural et quatre méthodes de M&V dénommées Options de M&V, pour évaluer, de manière transparente, fiable et cohérente, les économies réalisables dans le cadre d'un projet de services d'efficacité énergétique

Le document contractuel qui doit accompagner tout projet d'amélioration de l'efficacité énergétique, décrit la méthodologie à appliquer, pour mesurer et vérifier les gains d'efficacité énergétique attendus.

Chaque Plan de M&V fait directement référence à l'IPMVP et à une, et une seule, des quatre options qui y sont décrites.

Le choix de l'option et de ses modalités constitue une décision commune des parties cocontractantes qui s'engagent, de ce fait, sur une mise en œuvre, sur des paramètres, des estimations, des modes de calcul et de reporting, ainsi que sur le niveau de précision de l'ensemble de ces données, procédures et résultats.

Parmi les options de mesurage et de vérification, Deux options méthodologiques, A et B, concernent les M&V des actions d'amélioration de l'efficacité énergétique dont le périmètre est isolable et dont l'influence sur des systèmes, hors de ce périmètre, peut être négligée. Une option C est destinée à la mesure des gains sur un site, dans sa totalité. Une option D permet, au moyen d'une simulation logicielle, de combler la plupart des situations non couvertes par les trois premières.

ANNEXE 1 : Equipements et matières utilisés dans l'économie de l'énergie selon les standards<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup>Ces matériaux sont utilisés dans la fabrication des équipements économes d'énergie

## E1- Tube Fluorescent T5



### OPTIONS DE LAMPES FLUORESCENTES ET DE BALLASTS

#### DESCRIPTION

Les lampes fluorescentes exigent une surtension à l'allumage. Un dispositif appelé ballast produit cette surtension puis restreint le flux du courant pendant l'utilisation. La présente fiche de renseignements offre un aperçu de certaines technologies actuelles relatives aux lampes et ballasts ainsi qu'un bref résumé de leurs avantages et inconvénients. Les informations fournies portent surtout sur la combinaison d'un ballast et de deux lampes de 122 cm (4 pi) de longueur parce qu'il s'agit du modèle le plus courant au Canada.

Des deux types de ballasts actuellement offerts sur le marché, les ballasts électromagnétiques et les ballasts électroniques, les premiers ne sont pas éconergétiques et font l'objet d'un retrait progressif du marché canadien.

Deux types de ballasts sont actuellement offerts sur le marché : les ballasts électromagnétiques et les ballasts électroniques. Les ballasts électromagnétiques ne sont pas éconergétiques et font l'objet d'un retrait progressif du marché canadien. Les ballasts électroniques sont utilisés avec les lampes T-8, dont le rendement énergétique est supérieur, et accroissent l'efficacité des systèmes d'éclairage.

#### SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

##### Lampes fluorescentes

Les lampes T-8 peuvent être classées dans trois grandes catégories : standard, à faible consommation et à haut rendement.

#### FIGURE 1 - LAMPES T-8



Les lampes T-8 de type STANDARD (figure 1) sont très prisées pour de nombreuses raisons.

Bien que ce type de lampe n'ait commencé à être utilisé à grande échelle que dans les années 1990 au Canada, les fabricants continuent d'améliorer leurs produits. Les nouveaux modèles de lampes T-8 ont une durée de vie plus longue et un indice de rendu des couleurs (IRC) plus élevé, consomment moins d'énergie et offrent un plus grand rendement en lumen.

Par rapport aux lampes T-12 moins récentes, les nouveaux modèles offrent notamment les avantages suivants :

- un IRC plus élevé – une lampe F40T12/ES (éconergétique) « blanc froid » de type courant a un IRC d'environ 62 tandis que celui d'une lampe F32TB, série 800, de type courant varie de 82 à 86 (un indice de 100 étant considéré comme optimal). Cet indice élevé est obtenu de manière économique grâce à l'utilisation d'un revêtement triphosphore, plus coûteux;

### Fiche technique

- un plus petit diamètre, ce qui permet un meilleur contrôle optique et, par conséquent, augmente l'efficacité du luminaire;
- une durée de vie plus longue – 24 000 à 30 000 heures en comparaison de 20 000 heures (en fonction d'une utilisation de trois heures par amorçage);
- un maintien supérieur du flux lumineux : 94 p. 100 par rapport à 86 p. 100 pour les lampes T-12;
- un choix de lampes comprenant des IRC de 70+, 80+ et 90+;
- un choix de couleurs comprenant généralement 3 000 K (Kelvin), semblable au « blanc chaud », 4 100 K, semblable au « blanc froid », et 3 500 K, la couleur la plus appréciée.

La gamme de rendement lumineux des lampes T-8 varie habituellement de 2 800 à 3 100 lumens (le rendement lumineux des lampes F40T12/ES est de 2 650 lumens). La consommation des lampes T-8 STANDARD est de 32 watts. On peut se procurer des lampes À FAIBLE CONSOMMATION de 30, 28, 27 et 25 watts. Ces lampes à faible consommation fournissent également un rendement en lumen relativement moins élevé. Elles peuvent être utilisées pour réaliser des économies d'énergie dans des applications légèrement trop éclairées. Les lampes à faible consommation présentent toutefois quelques inconvénients :

- elles sont plus sensibles aux basses températures;
- leur intensité n'est pas réglable;
- leur utilisation n'est pas recommandée pour les détecteurs de mouvement;
- elles ne peuvent pas être utilisées avec tous les types de ballasts;
- dans certains cas, leur durée de vie est moins longue.

## FIGURE 2 - BALLASTS ÉLECTRONIQUES



Des lampes T-8 À HAUT RENDEMENT (HR) ont récemment été mises en marché par les principaux fabricants de lampes. Leur rendement lumineux nominal peut atteindre 3 100 lumens, leur durée de vie maximale est de 30 000 heures et elles sont offertes dans les températures de couleurs les plus vendues. Un autre nouveau modèle de lampe fluorescente, la lampe

T-5, est de plus en plus utilisé pour des applications spéciales. Son principal avantage est son diamètre moins important, ce qui permet encore un meilleur contrôle optique que dans le cas des lampes T-8. Ces lampes servent surtout à fournir un éclairage indirect. Un luminaire conçu spécialement pour les lampes T-5 peut offrir une plus vaste répartition de la lumière sur le plafond.

Les lampes T-5 conviennent très bien à l'éclairage des salles de grande hauteur. Grâce à leur plus grande efficacité, leur contrôle optique, leur allumage instantané et leur bon maintien du flux lumineux, les systèmes d'éclairage T-5 et T-5 à flux élevé présentent de multiples avantages par rapport aux systèmes à halogénure métallique.

Il est avéré que la réfection des systèmes d'éclairage fluorescent existants constitue une solution économique pour réduire la consommation d'énergie. Bien que les économies pouvant être réalisées au moyen des modèles T-5, T-5 à flux élevé et T-8 soient similaires, les deux premiers sont plus courts et ne peuvent pas être installés directement dans des luminaires T-12 ou T-8 existants lors d'un projet de réfection. Une autre caractéristique à prendre en considération est que les lampes T-5 et T-5 à flux élevé sont conçues pour fournir un rendement lumineux optimal à une température de 35 °C, tandis que les lampes T-8 le font à 25 °C.

## BALLASTS

Deux catégories principales de ballasts de lampes fluorescentes sont actuellement utilisées : les ballasts électromagnétiques et les ballasts électroniques. Les ballasts électromagnétiques exécutent les fonctions essentielles requises pour allumer une lampe et assurer son fonctionnement mais ils ne sont pas aussi efficaces que les ballasts électroniques (figure 2).

En plus d'offrir un rendement moindre, les ballasts électromagnétiques présentent un certain nombre d'inconvénients en comparaison des ballasts électroniques, notamment le clignotement de la lampe, les fuites de goudron et une durée de vie plus courte. Les ballasts électroniques éliminent pratiquement tout clignotement, ne fuient pas et ont une durée de vie moyenne de 20 ans (tableau 1).

Un règlement fédéral adopté en 2005 s'appliquant au rendement des ballasts utilisés avec une ou deux lampes proscrit presque complètement l'utilisation de la plupart des ballasts électromagnétiques dans les nouvelles applications; en 2010, le règlement visera également les ballasts de « remplacement ». Les seules applications qui ne sont pas visées par le règlement sont les ballasts qui doivent fonctionner à basse température, comme les enseignes extérieures, ou les ballasts dont l'intensité peut être réduite d'au moins 50 p. 100. Pour obtenir de plus amples renseignements

sur le nouveau règlement, consultez le site Web de Ressources naturelles Canada à l'adresse [oee.mcan.gc.ca/reglement/modifications?\\_partie1.cfm?Text=Y&PrintView=N](http://oee.mcan.gc.ca/reglement/modifications?_partie1.cfm?Text=Y&PrintView=N). Pour des renseignements généraux à propos de l'éclairage, consultez le Guide de référence de l'éclairage à l'adresse [oee.mcan.gc.ca/publications/equipement/eclairage/](http://oee.mcan.gc.ca/publications/equipement/eclairage/).

Les ballasts électroniques sont regroupés en quatre catégories principales : à allumage instantané, à allumage rapide, à allumage programmé et à intensité réglable. Les ballasts de lampes fluorescentes à intensité réglable coûtent plus cher que les systèmes non réglables et, par conséquent, sont habituellement utilisés pour des applications spéciales telles que les salles de réunion et les zones périphériques avec systèmes de réglage de la lumière du jour. La principale différence entre les ballasts à allumage instantané, les ballasts à allumage rapide et les ballasts à allumage programmé repose sur l'allumage des lampes. Les ballasts à allumage instantané utilisent une tension élevée dans l'ensemble de la lampe sans préchauffer les cathodes tandis que les ballasts à allumage rapide et à allumage programmé appliquent une tension basse aux cathodes afin de les préchauffer avant l'allumage de la lampe. Les ballasts de lampes à allumage programmé fonctionnent à puissance moins élevée que les ballasts à allumage rapide et devraient remplacer ces derniers dans l'avenir.

Un nouveau modèle de ballasts à allumage instantané de haut rendement a récemment été lancé sur le marché.

La différence d'allumage fait en sorte que les ballasts à allumage instantané et à allumage programmé offrent un meilleur rendement énergétique que les ballasts à allumage rapide et consomment en général de 1,5 à 2 watts de moins par lampe, les ballasts à allumage instantané à haut rendement pouvant consommer jusqu'à 4 watts de moins par lampe. Toutefois, sur des cycles d'utilisation relativement courts (p. ex., trois heures ou moins par allumage), les ballasts à allumage instantané diminuent la durée de vie des lampes. Au fur et à mesure que le cycle de travail se rapproche de huit heures ou plus, la différence sur la durée de vie des lampes s'estompe. Les ballasts à allumage rapide sont donc recommandés pour les éclairages comportant des appareils allumés et éteints fréquemment, comme dans des locaux où l'éclairage est commandé par des détecteurs de mouvement.

**TABLEAU 1 - TYPES DE BALLASTS**

Électronique	Électromagnétique
Pas de clignotement (20 000 Hz ou plus)	Clignotement visible (60 Hz)
Pas de goudron	Fuites de goudron possibles
Durée de vie moyenne de 20 ans	Durée de vie moyenne de 10 ans
Modèles à 1, 2, 3 ou 4 lampes	Modèles à 1 ou 2 lampes

## INFORMATION SUR L'ÉNERGIE

Les ballasts sont associés à différents facteurs de ballast. Le facteur de ballast constitue le rendement lumineux par rapport à celui d'un ballast de référence. Par exemple, un facteur de ballast de 0,85 produit 85 p. 100 des lumens nominaux ou du rendement lumineux d'une lampe. Consultez le tableau 2 pour connaître la consommation d'énergie des différents types de ballasts. Les ballasts électroniques sont généralement disponibles en trois catégories de facteurs :

- faible facteur de ballast (FFB) = 70 à 80 p. 100 du rendement lumineux nominal de la lampe;
- facteur de ballast ordinaire (FBO) = 85 à 95 p. 100 du rendement lumineux;
- facteur de ballast élevé (FBE) = 105 à 115 p. 100 du rendement lumineux.

Le tableau 2 illustre les différences de coûts d'utilisation d'un système ordinaire à deux lampes. L'analyse révèle que les lampes T-8 combinées à un ballast électronique génèrent environ 89 lumens par watt, tandis que les lampes T-12 utilisant un ballast électromagnétique standard produisent seulement 54 lumens par watt. Un rendement énergétique optimal peut être obtenu en utilisant des lampes à haut rendement combinées à des ballasts à haut rendement. Une telle combinaison génère près de 100 lumens par watt.

## COMPARAISON

La nature de la combinaison lampe/ballast détermine le type de lumière produite. Pour choisir la combinaison adéquate, il faut d'abord savoir où l'éclairage sera utilisé, et dans quel but. Après avoir déterminé quels sont les niveaux d'éclairage requis et quel est le luminaire approprié, il reste à choisir la lampe et le ballast adéquats. Consultez le tableau 2 pour comparer les rendements lumineux. Il convient de souligner qu'ils sont basés sur les niveaux initiaux. La dépréciation du rendement lumineux à 40 p. 100 de la vie moyenne nominale d'une lampe s'établit à 85 p. 100 du flux lumineux initial pour une lampe T-12, tandis que les lampes T-8, T-5 et T-5 HO offrent un rendement bien supérieur de 95 p. 100.

Dans les endroits comportant un modèle de plafond fixe ou dans les projets de réfection, les options offertes permettent de choisir la combinaison la plus adéquate de lampes et de ballasts pour satisfaire aux exigences d'éclairage de la pièce de la façon la plus rentable et la plus efficace sur le plan énergétique.

TABLEAU 2 - CONSOMMATION D'ÉNERGIE D'UN SYSTÈME À DEUX LAMPES

Système	Watts	Lumens par watt	Rendement lumineux (flux initial)	Coût d'utilisation/an (\$ 5\$/kWh; 0,05 \$/kWh à 4 000 h/an)	kWh/m <sup>2</sup> *	Coût d'utilisation/m <sup>2</sup> *
Lampe T-12 ES (éconergétique) et ballast électromagnétique standard	81	54	4 370	25,92 \$	66,17	5,29 \$
Lampe T-12 ES et ballast électromagnétique ES	74	59	4 370	23,68 \$	60,45	4,84 \$
Lampe T-8 et ballast FFB	51	89	4 543	16,32 \$	40,07	3,21 \$
Lampe T-8 et ballast FBO	59	90	5 310	18,88 \$	39,66	3,17 \$
Lampe T-8 et ballast FBE	78	91	7 080	24,96 \$	39,33	3,15 \$
Lampe T-8 HR et ballast FFB	48	96	4 602	15,36 \$	37,24	2,98 \$
Lampe T-8 HR et ballast FBO	55	96	5 280	17,60 \$	37,19	2,98 \$
Lampe T-8 HR et ballast FBE	72	98	7 125	23,04 \$	36,08	2,89 \$
Lampe T-5 et ballast FBO	62	94	5 800	19,84 \$	38,16	3,05 \$
Lampe T-5 flux élevé et ballast FBO	120	83	10 000	38,40 \$	42,84	3,43 \$

\*Les valeurs ont été normalisées afin de refléter les rendements lumineux correspondants.

## Étude de cas

### FIGURE 3 - IMMEUBLE À BUREAUX

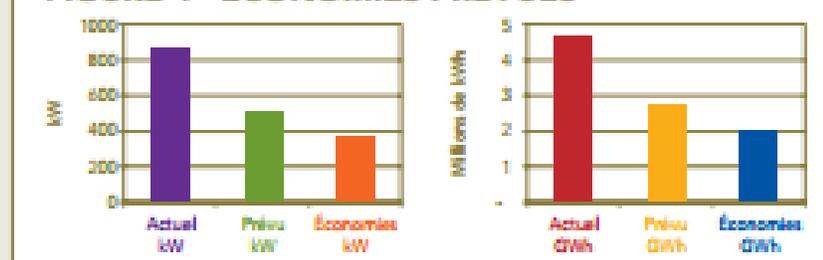


Office de l'efficacité énergétique  
Ressources naturelles Canada  
580, rue Booth, 18<sup>e</sup> étage  
Ottawa (Ontario) K1A 0E4  
Télé: 613-952-8169  
Ou composez le numéro sans  
frais suivant : 1-877-360-5500  
Site Web : [oee.nrcan.gc.ca/batiments](http://oee.nrcan.gc.ca/batiments)

À titre d'exemple d'amélioration d'un système d'éclairage existant, prenons le cas d'un bâtiment de 25 étages doté de 6 500 luminaires (figure 3). L'ancien éclairage utilisait des luminaires à lentilles encastrés et équipés de trois lampes F40T12/ES et de ballasts électromagnétiques standard. Afin d'optimiser ce type de système d'éclairage, les luminaires à trois lampes existants ont été convertis en luminaires à trois lampes F32T8/841 avec ballast FFB. Cette combinaison permet aux locataires de sélectionner trois différents niveaux d'éclairage utilisant une, deux ou trois lampes. Avec ce modèle à trois lampes, il est possible de supprimer des lampes tout en maintenant un éclairage lumineux uniforme sur la surface de la lentille.

Ainsi que le montre la figure 4, les économies d'énergie pour un projet d'immeuble à bureaux de cette envergure s'élèveraient à 100 000 \$ par an, selon un tarif de 5 \$ par kilowatt (kW) et de 0,05 \$ par kilowattheure (kWh). La période de récupération serait alors de cinq ans.

### FIGURE 4 - ÉCONOMIES PRÉVUES



## PE3- Aérogénérateur (Éolienne)

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60050-415**

Première édition  
First edition  
1999-04

**Vocabulaire Electrotechnique International –**

**Partie 415 :  
Aérogénérateurs**

**International Electrotechnical Vocabulary –**

**Part 415:  
Wind turbine generator systems**

© IEC 1999. Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que de soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Téléfax: +41 22 919 0300

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembé - Geneva, Switzerland  
IEC web site: <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

W

Pour plus, voir catalogue de référence  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

	<b>Pages</b>
AVANT-PROPOS .....	IV
INTRODUCTION .....	VI
<b>Section</b>	
415-01 Eoliennes et aérogénérateurs.....	1
415-02 Paramètres de conception et de sécurité .....	8
415-03 Caractéristiques du vent .....	11
415-04 Interconnexions électriques .....	22
415-05 Techniques de mesure des performances de puissance .....	25
415-06 Techniques de mesures acoustiques .....	33
INDEX en français, anglais, arabe, allemand, espagnol, japonais, polonais, portugais et suédois .....	38

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### VOCABULAIRE ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONAL – PARTIE 415 : AÉROGÉNÉRATEURS

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60050-415 a été établie par un comité de rédaction joint, du comité d'études 1 de la CEI : Terminologie, et du comité d'études 88: Systèmes à turbines éoliennes. Elle constitue la partie 415 du Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants :

FDIS	Rapport de vote
1/1669/FDIS	1/1669/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Dans la présente partie du VEI les termes et définitions sont donnés en français et en anglais : de plus, les termes sont indiqués en arabe (ar), allemand (de), espagnol (es), japonais (ja), polonais (pl), portugais (pt) et suédois (sv).

## INTRODUCTION

### Généralités

Ce document contient les définitions qui sont utilisées dans les documents actuels du CE 88 de la CEI. Le contenu de ce document est limité aux concepts qui sont spécifiques aux aérogénérateurs. Par conséquent, les notions utilisées dans les documents existants du CE 88 et qui sont définies à d'autres endroits du VEI, comme par exemple les définitions de caractère général et les définitions relatives à des sujets électrotechniques, ne sont pas incluses.

Il peut arriver que certains termes d'usage général déjà définis dans le VEI aient une signification spéciale pour le CE 88, avec une définition – en général légèrement – différente de la définition existante : dans ce cas l'attribut « (pour les aérogénérateurs) » est ajouté après le terme.

### Proposition pour le remplacement de définitions existantes

Un autre cas est celui où une notion appartenant au domaine des aérogénérateurs, où le CE 88 fait autorité, a déjà été définie dans le VEI, et où cette définition a été considérée comme inadéquate par le CE 88 : dans ce cas, le CE 88 doit demander au CE 1 de prendre les mesures nécessaires pour modifier la définition de la notion déjà existante dans le VEI.

Exemple :

602-01-30

centrale éolienne

centrale produisant de l'énergie électrique à partir de l'énergie cinétique du vent

Définition proposée par le CE 88 en 415-01-03 :

centrale électrique constituée d'un ou de plusieurs groupes d'aérogénérateurs

PE7- Cogeneration

Production combinée de chaleur et d'électricité

Fiche produit pour les marchés publics écologiques (MPE)- Cogeneration

Les marchés publics écologiques (MPE) constituent un instrument non contraignant. La présente fiche récapitule les critères MPE mis au point pour le groupe de produits «Production combinée de chaleur et d'électricité». Pour un exposé complet des motifs ayant conduit au choix de ces critères et pour de plus amples informations, veuillez consulter le rapport de référence.

Les recommandations relatives à la passation de marchés pour l'acquisition des produits concernés se présentent sous la forme de deux séries de critères:

- les critères essentiels, qui sont destinés à être utilisés par les pouvoirs adjudicateurs dans tous les États membres et qui couvrent les principales incidences sur l'environnement. Ils sont censés ne demander qu'un faible effort de vérification supplémentaire ou n'entraîner qu'une légère augmentation des coûts;
- les critères complets s'adressent aux autorités qui souhaitent acheter les meilleurs produits disponibles sur le marché. Ils peuvent nécessiter un effort de vérification supplémentaire ou entraîner une légère augmentation des coûts par rapport à d'autres produits remplissant la même fonction.

Au sein des critères essentiels et des critères complets, les instructions suivent les différentes étapes d'une procédure de marché public et expliquent la marche à suivre pour intégrer de façon optimale les critères environnementaux à chaque étape:

- **Objet:** il s'agit de l'intitulé de l'appel d'offres, c'est-à-dire d'une brève description du produit, des travaux ou des prestations à fournir.
- **Spécifications techniques:** il s'agit de décrire de façon claire, précise et complète les exigences et les normes que les marchandises, travaux ou prestations doivent respecter, de décrire les spécifications techniques minimales auxquelles toutes les offres doivent satisfaire, et de fixer des critères environnementaux spécifiques, dont les obstacles que certains produits doivent franchir et les niveaux qu'ils doivent atteindre.
- **Critères de sélection:** ils reposent sur la capacité et l'aptitude des soumissionnaires à exécuter le marché. Il s'agit d'une aide à la sélection des fournisseurs ou des prestataires appropriés, qui vise notamment à garantir que du personnel dûment formé est prévu ou que des stratégies et procédures pour la protection de l'environnement sont en place.
- **Critères d'attribution:** il s'agit des critères sur la base desquels le pouvoir adjudicateur comparera les offres et sélectionnera l'attributaire. Les critères d'attribution ne sont pas des critères d'exclusion; en d'autres termes, les offres qui ne satisfont pas à certains critères peuvent toujours être retenues pour la décision finale en fonction des notes qu'elles obtiennent pour les autres critères.
- **Clause d'exécution du contrat:** il s'agit de préciser les conditions à respecter lors de l'exécution du contrat – par exemple la façon dont les marchandises ou les prestations doivent être fournies – et de fournir des informations ou des instructions sur les produits que le fournisseur doit livrer.

On notera que le contractant est tenu de respecter le cadre législatif en vigueur.

Lorsqu'il est précisé que d'autres moyens de preuve sont autorisés pour la vérification des critères, ceux-ci peuvent consister en un dossier technique établi par le fabricant, un rapport d'essai émis par un organisme agréé ou d'autres preuves appropriées. Le pouvoir adjudicateur devra déterminer au cas par cas si, d'un point de vue technique et juridique, les preuves présentées peuvent être jugées appropriées.

## 1. Définition et champ d'application

Le champ d'application aux fins de la présente spécification MPE est défini sur la base de «la directive relative à la cogénération. Aux fins de la présente spécification MPE, la cogénération est définie comme «la production simultanée d'énergie thermique et électrique et/ou mécanique». Les critères sont applicables aux «unités de cogénération», à savoir des unités pouvant fonctionner en mode de cogénération.

Lorsque les critères font référence à différentes tailles d'unités de cogénération, c'est-à-dire lorsqu'il est question de petites unités de cogénération ou d'unités de microcogénération, on entend par:

- «unité de microcogénération», une unité de cogénération d'une capacité maximale inférieure à 50 kW<sub>e</sub>;
- «petite unité de cogénération», une unité de cogénération d'une puissance installée inférieure à 1 MW<sub>e</sub>.

Toute la gamme de production combinée de chaleur et d'électricité est concernée car les organismes publics sont susceptibles de faire l'acquisition, dans le cadre de MPE, d'installations de cogénération pour les types d'applications qui sont mentionnés dans le rapport de référence. Non seulement la production combinée de chaleur et d'électricité peut être destinée à des bâtiments du secteur public, comme des écoles et des hôpitaux, mais elle peut également faire l'objet de marchés publics portant sur des bâtiments plus petits, tels que des logements sociaux individuels ou des plans de chauffage urbain à diverses échelles.

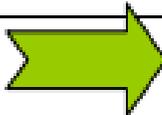
Avant de choisir de faire appel, ou non, à la production combinée de chaleur et d'électricité, il importe de tenir compte de la demande de chaleur économiquement justifiable ainsi que de la demande d'électricité. Le pouvoir adjudicateur devrait apprécier si la demande de chaleur est suffisante pour justifier le choix de la production combinée de chaleur et d'électricité et devrait analyser les avantages et inconvénients des autres possibilités (connexion au réseau électrique, par exemple) avant de prendre une telle décision.

L'électricité et la chaleur produites peuvent également être utilisées à des fins de refroidissement, mais le refroidissement en tant que tel n'étant pas un résultat direct de la production combinée de chaleur et d'électricité, il n'est pas inclus ou pris en considération dans les critères du présent MPE. Par exemple, la chaleur produite par une centrale de production combinée de chaleur et d'électricité peut être utilisée pour alimenter une unité de refroidissement à absorption ou une unité de conditionnement d'air; toutefois, l'efficacité de ce refroidissement sera un facteur relatif à l'unité de refroidissement proprement dite et non à la centrale. Des critères MPE ont été mis au point pour le conditionnement d'air dans le contexte d'un groupe de produits distinct.

## 2. Principales incidences sur l'environnement

En règle générale, le principal avantage de la production combinée de chaleur et d'électricité pour l'environnement est une réduction de la consommation de combustible par rapport à la situation conventionnelle de la production séparée d'électricité et de chaleur, bien qu'il soit impossible d'éviter les émissions de gaz à effet de serre.

- Les critères essentiels sont donc centrés sur l'efficacité énergétique globale et sur les économies d'énergie primaire en résultant.
- Les critères complets, critères d'attribution inclus, encouragent la réalisation d'économies d'énergie primaire allant au-delà des exigences minimales et d'une centrale allant au-delà des exigences minimales en matière d'émissions atmosphériques.

Principales incidences sur l'environnement	Approche MPE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidences liées à l'extraction des combustibles fossiles</li> <li>• Consommation énergétique plus élevée pour la production séparée d'électricité et de chaleur</li> <li>• Émission de dioxyde de carbone causée par la production d'électricité et de chaleur</li> <li>• Pollution atmosphérique par d'autres émissions: monoxyde de carbone, oxydes d'azote, oxydes de soufre, poussières</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotion de l'utilisation d'unités de production combinée de chaleur et d'électricité qui transforment le combustible en chaleur et en électricité avec une efficacité optimale dans le but d'économiser les ressources et de réduire les émissions de gaz à effet de serre</li> <li>• Promotion de la production combinée de chaleur et d'électricité, qui émet moins de polluants atmosphériques</li> <li>• Promotion de la production combinée de chaleur et d'électricité, qui consomme moins de combustibles fossiles que la production séparée d'électricité et de chaleur</li> <li>• Utilisation de la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement, afin de contribuer à la réduction des émissions de dioxyde de carbone</li> <li>• Promotion de la production combinée de chaleur et d'électricité, qui émet moins de polluants atmosphériques</li> <li>• Promotion de l'utilisation de la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement au-delà des exigences législatives</li> </ul>

Remarque: l'ordre de présentation des incidences ne traduit pas nécessairement leur ordre d'importance.

### 3. Critères MPE pour la production combinée de chaleur et d'électricité

#### 3.1. Critères MPE essentiels pour la production combinée de chaleur et d'électricité

<b>OBJET</b>
Achat d'équipements ou d'installations efficaces de production combinée de chaleur et d'électricité
<b>SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES</b>
<p>1. Pour assurer une conversion efficace de l'énergie en chaleur ou en électricité, l'unité doit avoir un rendement global<sup>1</sup> de 75 % au minimum, conformément à l'annexe II, point a) i), ou de 80 % au minimum, conformément à l'annexe II, point a) ii), si les économies d'énergie primaire sont calculées selon l'annexe III, point b), ou supérieur à 70 %, si les économies d'énergie primaire sont calculées selon l'annexe III, point c), pour les centrales de production combinée de chaleur et d'électricité dont la capacité électrique est supérieure à 25 MW (article 12, paragraphe 2)<sup>2</sup>.</p> <p>Vérification: le soumissionnaire<sup>3</sup> devra prouver par écrit que la centrale respecte les critères requis pour la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement.</p>
<p>2. La centrale de production combinée de chaleur et d'électricité doit répondre aux exigences applicables à la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement telles que définies dans la directive sur la cogénération (2004/8/CE) et rappelées succinctement comme suit:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• les unités de production combinée de chaleur et d'électricité d'une puissance installée inférieure à 1 MW<sub>e</sub> doivent démontrer des économies d'énergie positives par rapport à la production séparée d'électricité et de chaleur sur la base des valeurs harmonisées de référence. En ce qui concerne les unités de microcogénération d'une capacité inférieure à 50 kW<sub>e</sub>, le calcul des économies d'énergie primaire peut reposer sur des valeurs certifiées;</li><li>• les unités de production combinée de chaleur et d'électricité d'une puissance installée supérieure à 1 MW<sub>e</sub> doivent démontrer des économies d'énergie primaire d'au moins 10 % par rapport à la production séparée d'électricité et de chaleur sur la base des valeurs harmonisées de référence<sup>4</sup>.</li></ul> <p>Vérification: les économies d'énergie primaire seront démontrées par la méthode présentée dans l'annexe III de la directive sur la cogénération. Le soumissionnaire confirmera par écrit le respect de ce critère, et les conditions d'exploitation spécifiques y afférentes. En ce qui concerne les unités de microcogénération, des données</p>

<sup>1</sup> On entend par «rendement global», la somme annuelle de la production d'électricité et d'énergie mécanique et de la production de chaleur utile divisée par la consommation de combustible aux fins de la production de chaleur dans un processus de cogénération et de la production brute d'électricité et d'énergie mécanique.

<sup>2</sup> Toutes les références aux annexes et aux articles contenues dans ce critère renvoient à la directive sur la cogénération.

<sup>3</sup> On entend par «soumissionnaire», soit le fournisseur d'équipements dans le cas d'un produit fourni clés en main, soit le promoteur du projet lorsque le fournisseur de l'unité de combustion n'est pas responsable du rendement de l'installation finale. La vérification doit être obtenue auprès de l'entité la plus appropriée en fonction des circonstances du cas spécifique.

<sup>4</sup> Les valeurs harmonisées de référence permettent de comparer la cogénération aux techniques les plus efficaces de production séparée de chaleur et d'électricité utilisant les mêmes combustibles.

certifiées peuvent être utilisées.

### 3.2. Critères MPE complets pour la production combinée de chaleur et d'électricité

<b>OBJET</b>
Achat d'équipements ou d'installations efficaces de production combinée de chaleur et d'électricité
<b>SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES</b>
<p>1. Pour assurer une conversion efficace de l'énergie en chaleur ou en électricité, l'unité doit avoir un rendement global de 75 % au minimum, conformément à l'annexe II, point a) i), ou de 80 % au minimum, conformément à l'annexe II, point a) ii)<sup>5</sup>, si les économies d'énergie primaire sont calculées selon l'annexe III, point b), ou supérieur à 70 %, si les économies d'énergie primaire sont calculées selon l'annexe III, point c), pour les centrales de production combinée de chaleur et d'électricité dont la capacité électrique est supérieure à 25 MW (article 12, paragraphe 2)<sup>6</sup>.</p> <p>Vérification: le soumissionnaire devra prouver par écrit que la centrale respecte les critères requis pour la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement.</p>
<p>2. La centrale de production combinée de chaleur et d'électricité doit répondre aux exigences applicables à la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement telles que définies dans la directive sur la cogénération (2004/8/CE) et rappelées succinctement comme suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les unités de production combinée de chaleur et d'électricité d'une puissance installée inférieure à 1 MW<sub>e</sub> doivent démontrer des économies d'énergie positives par rapport à la production séparée d'électricité et de chaleur sur la base des valeurs harmonisées de référence. En ce qui concerne les unités de microcogénération d'une capacité inférieure à 50 kW<sub>e</sub>, le calcul des économies d'énergie primaire peut reposer sur des valeurs certifiées;</li> <li>• les unités de production combinée de chaleur et d'électricité d'une puissance installée supérieure à 1 MW<sub>e</sub> doivent démontrer des économies d'énergie primaire d'au moins 10 % par rapport à la production séparée d'électricité et de chaleur sur la base des valeurs harmonisées de référence.</li> </ul> <p>Vérification: les économies d'énergie primaire seront démontrées par la méthode présentée dans l'annexe III de la directive sur la cogénération. Le soumissionnaire confirmera par écrit le respect de ce critère, et les conditions opérationnelles spécifiques y afférentes. En ce qui concerne les unités de microcogénération d'une capacité inférieure à 50 kW<sub>e</sub>, des valeurs certifiées peuvent être utilisées.</p>
<b>CRITÈRES D'ATTRIBUTION</b>
<p>1. Des points supplémentaires seront attribués proportionnellement à la mesure dans laquelle la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité dépasse les critères en matière d'économies d'énergie primaire présentés au point 2 des spécifications techniques.</p>

<sup>5</sup> Toutes les références aux annexes et aux articles contenus dans ce critère renvoient à la directive sur la cogénération.  
<sup>6</sup> On entend par «rendement global», la somme annuelle de la production d'électricité et d'énergie mécanique et de la production de chaleur utile divisée par la consommation de combustible aux fins de la production de chaleur dans un processus de cogénération et de la production brute d'électricité et d'énergie mécanique.

<p><b>Vérification:</b> des déclarations seront transmises en tant que preuve écrite par le soumissionnaire au pouvoir adjudicateur.</p>
<p>2. Des points supplémentaires seront attribués proportionnellement à la mesure dans laquelle la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité dépasse les exigences minimales applicables aux émissions atmosphériques de gaz d'échappement.</p> <p><b>Vérification:</b> le soumissionnaire transmettra un dossier technique constitué par le fabricant ou un rapport d'essai émis par un organisme agréé<sup>7</sup> afin de démontrer le respect de ce critère d'attribution.</p>
<p>3. Des points supplémentaires seront attribués proportionnellement à la mesure dans laquelle la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité dépasse les critères de rendement global présentés au point 1 des spécifications techniques.</p> <p><b>Vérification:</b> des déclarations seront transmises en tant que preuve écrite par le soumissionnaire au pouvoir adjudicateur.</p>

### 3.3. Notes explicatives

1. Le pouvoir adjudicateur doit tenir compte des circonstances locales (types et taille des bâtiments, demande de chaleur et d'électricité, sources de combustible potentielles, etc.) et réaliser une étude de marché afin de déterminer quelle est la meilleure technologie disponible pour répondre à ses besoins. La centrale de production combinée de chaleur et d'électricité doit au minimum satisfaire aux exigences de la directive sur la cogénération en matière d'efficacité et d'économies d'énergie primaire et doit avoir été sélectionnée pour répondre à la majeure partie, sinon à l'ensemble, de la demande de chaleur et d'électricité du site. Avant de choisir de faire appel, ou non, à la production combinée de chaleur et d'électricité, il importe de tenir compte de la demande de chaleur économiquement justifiable ainsi que de la demande d'électricité. Le pouvoir adjudicateur devrait apprécier si la demande de chaleur est suffisante pour justifier le choix de la production combinée de chaleur et d'électricité et devrait analyser les avantages et inconvénients des autres possibilités (connexion au réseau électrique) avant de prendre une telle décision.
2. Le pouvoir adjudicateur doit veiller à ce que, lorsque les économies d'énergie primaire respectent les critères essentiels, les conditions d'exploitation de la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité correspondent à celles utilisées par le fournisseur pour calculer ces économies d'énergie primaire. Il importe donc de garantir que le fournisseur apporte tous les détails relatifs aux conditions d'exploitation et à la quantité d'électricité produite par la production combinée de chaleur et d'électricité à haut rendement utilisés dans le calcul des économies d'énergie primaire. Ce calcul doit respecter les orientations de mise en œuvre pour le calcul de la quantité d'électricité établies par la décision 2008/952/CE de la Commission<sup>8</sup>.
3. Afin d'optimiser les avantages de la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité, le pouvoir adjudicateur devrait s'assurer que des mesures visant à accroître l'efficacité énergétique (isolation thermique, par exemple) sont appliquées.
4. Critères d'attribution: le pouvoir adjudicateur devra indiquer dans l'avis de marché et dans les documents relatifs à l'appel d'offres le nombre de points supplémentaires qui seront attribués pour chaque critère d'attribution. Les critères d'attribution relatifs à

<sup>7</sup> Un organisme agréé pourrait être un centre d'essais approprié, disposant du savoir-faire et des agréments requis pour procéder aux analyses d'émissions nécessaires.

<sup>8</sup> Décision de la Commission établissant des orientations détaillées pour la mise en œuvre et l'application de l'annexe II de la directive 2004/8/CE.

l'environnement devraient au total représenter au moins 10 à 15 % du total de points disponibles.

5. Le pouvoir adjudicateur devra garantir que la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité respecte les exigences requises par la législation européenne et la législation nationale applicable en matière d'émissions atmosphériques. La législation européenne directement applicable selon la taille et le type de la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité achetée peut inclure la directive IPPC, la directive sur les grandes installations de combustion et la directive sur l'incinération des déchets; toutefois, d'autres textes législatifs et d'autres directives peuvent également s'appliquer en fonction des circonstances du cas spécifique et de la localisation de la centrale.
6. Le cas échéant, le pouvoir adjudicateur doit veiller à la prise en considération des nuisances sonores de la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité et au respect des éventuelles normes locales.
7. Parmi les preuves acceptables figurent des rapports d'essai, des rapports ou dossiers techniques ainsi que des spécifications.

#### **4. Considérations relatives au coût**

L'investissement initial pour la production combinée de chaleur et d'électricité peut être conséquent et l'amortissement peut prendre plusieurs années. Il est donc nécessaire de pleinement évaluer la faisabilité de la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité afin d'optimiser les réductions des coûts résultant de l'accroissement de l'efficacité énergétique dû à la production simultanée d'électricité et de chaleur. Pour comparer le coût de la production combinée de chaleur et d'électricité avec celui d'autres possibilités technologiques, il est essentiel d'examiner les coûts de la production combinée de chaleur et d'électricité tout au long du cycle de vie et ceux des options de substitution. Non seulement il convient de tenir compte des coûts d'investissement mais aussi des coûts opérationnels, de maintenance et de démantèlement/d'élimination.

La viabilité économique d'une centrale de production combinée de chaleur et d'électricité dépendra de la demande de chaleur et d'électricité. Ces deux facteurs doivent être évalués avec précision lors de l'examen de la faisabilité de la production combinée de chaleur et d'électricité afin de garantir que la taille de la centrale est correcte et donc d'assurer sa viabilité à long terme. Si la taille de la centrale est incorrecte, par exemple lorsque toute la chaleur produite n'est pas consommée, la viabilité économique de la production combinée de chaleur et d'électricité en sera négativement affectée.

Le principal coût de fonctionnement d'une centrale de production combinée de chaleur et d'électricité sera l'alimentation en combustible; dès lors, les bénéfices réalisés à long terme par la centrale seront fortement influencés par le coût du combustible, par exemple le gaz, qui est encore le type de combustible le plus fréquemment employé dans la production combinée de chaleur et d'électricité. Il est donc important de garder cela à l'esprit lors de l'élaboration d'un contrat d'approvisionnement en combustible, et les hausses futures doivent être attentivement analysées afin de garantir que la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité restera économiquement viable à long terme.

Les coûts de maintenance peuvent également avoir leur importance; ils dépendront de la taille et du type de la centrale. Il convient de les prendre en considération étant donné que la centrale de production combinée de chaleur et d'électricité devra être maintenue conformément aux instructions du fournisseur afin de garantir que son rendement restera efficient. Si la centrale n'est pas exploitée dans son état optimal, les autres avantages seront affectés, par exemple les économies d'énergie primaire.

Afin d'optimiser les économies par rapport à l'investissement en capital initial, les heures de fonctionnement (et les heures de fonctionnement d'équivalent plein régime) doivent être les plus longues possibles, d'où l'importance de la taille<sup>9</sup>. Si la centrale n'est pas en activité, les économies potentielles en seront négativement affectées. Une maintenance efficace permettra également de réduire les conséquences des immobilisations.

À titre d'exemple, plusieurs centrales de production combinée de chaleur et d'électricité au Royaume-Uni ont démontré des économies d'énergie majeures. Ces centrales sont de toutes les tailles et sont utilisées pour des types de bâtiments divers et variés.

**Tableau 1: Présentation résumée de centrales de production combinée de chaleur et d'électricité et des économies réalisables<sup>10</sup>**

Nom	Demande/Utilisation	Date d'installation	Taille du moteur	Économies par an <sup>11</sup>	Période/années d'amortissement
Université de York	Bâtiments du campus	1995	Moteur de 1 030 kW <sub>e</sub>	187 500 EUR	4
Quartier d'Enfield à Londres	Centre de loisirs Southbury	2002	Microturbine de 80 kW <sub>e</sub>	15 000 EUR (projection)	6 (projection)
	Hôpital Freeman, Newcastle	Hôpital de court séjour	1997	2 moteurs à allumage commandé de 1,35 MW <sub>e</sub>	337 500 EUR
Conseil municipal de Southampton	Différents grands bâtiments publics et commerciaux = chauffage collectif	1998	Moteur de 5,7 MW <sub>e</sub>	312 500 EUR 11 000 tonnes de CO <sub>2</sub>	n.d.

En plus de ces exemples au Royaume-Uni, COGEN a transmis des détails relatifs à certains projets plus petits. Ceux-ci montrent aussi les économies réalisables et les périodes d'amortissement<sup>12</sup>.

Nom	Demande/utilisation	Date d'installation	Taille du moteur	Économies par an <sup>13</sup>	Période/années d'amortissement
Vlughtwedde (NL)	Logements et espaces de travail	2008	5,5 kW <sub>e</sub>	Réduction des coûts de 3 700 EUR	Période d'amortissement: 4 ans
Aéroport de Schiphol	Hôtel Ibis	2007	130 kW <sub>e</sub>	Réduction des coûts de 75 000 EUR	Période d'amortissement: moins de 3 ans

<sup>9</sup> Production combinée de chaleur et d'électricité pour les bâtiments: choisir, installer et exploiter un système de production combinée de chaleur et d'électricité dans les bâtiments – guide destiné aux ingénieurs-architectes. (<http://files.harc.edu/Sites/Cool/CoolCHP/ProjectDevelopment/UKGoodPracticeGuide.pdf>)

<sup>10</sup> <http://www.lboro.ac.uk/services/energy/pages/downloads/CMC388.pdf>

<sup>11</sup> Les économies ont été converties en euros sur la base d'un taux de change de 1,25 EUR pour 1 GBP.

<sup>12</sup> <http://www.miniiekk.info/referenties/>

<sup>13</sup> Les économies ont été converties en euros sur la base d'un taux de change de 1,25 EUR pour 1 GBP.

## EIC1- Moteurs à Haut Rendement

# Moteurs à rendement supérieur

### Description

Les systèmes de moteurs électriques consomment des quantités d'électricité importantes et présentent un potentiel d'économie d'énergie considérable.

La consommation d'énergie équivaut à plus de 97 p. 100 du coût total de fonctionnement du moteur durant sa vie utile.

Or, c'est souvent le prix qui motive l'achat d'un moteur et non la quantité d'électricité qu'il consommera. Même une mince amélioration du rendement peut se traduire par des économies appréciables en matière d'énergie et de coûts. Le fait d'investir un peu plus au départ dans un moteur plus efficace génère souvent des retombées en matière d'efficacité énergétique. Améliorer l'efficacité énergétique a pour effet de réduire les émissions de gaz à effet de serre qui contribuent aux changements climatiques.

Les organisations devraient adopter des stratégies de remplacement en cas de défaillance des moteurs. Lorsqu'un moteur tombe en panne, c'est souvent l'occasion idéale d'en installer un autre plus performant au lieu de le réparer.

### Caractéristiques techniques

Les moteurs transforment l'électricité en énergie mécanique. Le rendement d'un moteur s'obtient du ratio entre la puissance de sortie mécanique et l'énergie électrique consommée. Autrement dit, le rendement du moteur représente le pourcentage d'énergie absorbée convertie en travail utile.

La valeur nominale du moteur indiquée sur la plaque signalétique est fonction du nombre de chevaux-puissance ou horsepower (HP) produits à partir d'un fonctionnement en continu à plein régime (ou à pleine charge). La quantité d'énergie requise pour générer la puissance nominale varie d'un moteur à l'autre, les plus performants nécessitant moins de puissance d'entrée pour donner le même rendement que les modèles moins efficaces.



Figure 1 – Moteur à rendement supérieur

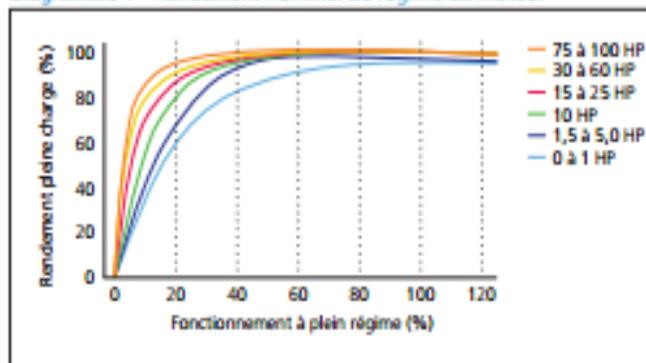
On établit la consommation d'énergie d'un moteur en fonction de trois facteurs, d'après le rapport suivant :

$$\text{Consommation d'énergie} = (\text{Heures de fonctionnement} \times \text{Charge}) \div \text{Rendement du moteur}$$

Comme l'illustre l'équation ci-dessus, un niveau d'efficacité plus élevé équivaut, dans l'ensemble, à une baisse du niveau de consommation.

Le rendement d'un moteur varie selon la charge. L'efficacité atteint normalement son sommet à environ 75 p. 100 de son régime maximal puis s'atténue passablement au point équivalent à 50 p. 100 de sa charge (diagramme 1).

Diagramme 1 – Rendement nominal du régime du moteur



On utilise la plupart des moteurs à des niveaux variant entre 60 et 75 p. 100 de leur puissance nominale.

Les moteurs surdimensionnés affichent un faible taux de rendement lorsqu'ils tournent. Un moteur fonctionnant à un régime de 35 p. 100 sera moins efficace qu'un plus petit moteur auquel on applique une charge identique.

Quand les moteurs fonctionnent à un niveau proche de leur puissance nominale, le facteur de puissance (FP) est élevé. Pour des moteurs fonctionnant à faible régime, le FP diminue considérablement (diagramme 2). En plus de hausser les coûts d'électricité, un FP moins élevé peut abaisser la tension électrique dans le bâtiment, affaiblir le système de distribution et réduire la capacité du système à fournir l'électricité.

Tableau 1 – Rendement nominal à plein régime de moteurs à induction sélectionnés (600 volts ou moins) selon la NEMA

HP		5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	125	150	200
OP*	Normal***			87,3	87,4	88,5	89,4	89,2	90,1	90,7	92,0	92,3	92,6	93,1	94,1
	Éconergétique	87,5	88,5	90,2	90,2	91,0	91,7	92,4	93,0	93,0	93,6	94,1	94,1	94,5	94,5
	Rendement supérieur	89,5	90,2	91,7	91,7	92,4	93,0	93,6	94,1	94,1	94,5	95,0	95,0	95,4	95,4
BAVE*	Normal			87,0	88,2	89,6	90,0	90,6	90,7	91,6	92,2	92,3	92,6	93,3	94,2
	Éconergétique	87,5	89,5	89,5	91,0	91,0	92,4	92,4	93,0	93,0	94,1	94,5	94,5	95,0	95,0
	Rendement supérieur	89,5	91,7	91,7	92,4	93,0	93,6	93,6	94,1	94,5	95,4	95,4	95,4	95,8	96,2

\* Les moteurs ouverts protégés (OP) et les moteurs blindés avec ventilateur extérieur (BAVE) font appel à des méthodes distinctes pour évacuer la chaleur du bobinage. Les moteurs OP sont dotés d'un ventilateur interne qui favorise la poussée d'air directement dans le moteur, ainsi que d'un couvercle qui empêche la pénétration de gouttelettes de liquide (convient à un milieu aéré).

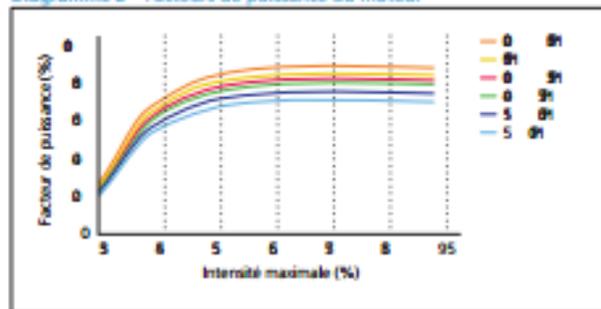
Les moteurs BAVE sont dotés d'un ventilateur fixé à l'extérieur qui souffle l'air tout autour du boîtier pour assurer le refroidissement, et ils sont conçus de manière à prévenir l'entrée d'air à l'intérieur de l'encadrement (ils peuvent fonctionner à l'extérieur et dans des milieux poussiéreux ou contaminés).

\*\* Ces moteurs peuvent avoir des vitesses synchrones nominales établies en fonction du nombre de pôles pour lequel le moteur est bobiné et de la fréquence d'alimentation en électricité. On calcule la vitesse synchrone en utilisant la formule suivante : Tours par minute (t/min) = (120 × Fréquence) ÷ Nombre de pôles du moteur. Pour une fréquence de 60 hertz, les vitesses synchrones sont les suivantes : 2 pôles = 3 600 t/min, 4 pôles = 1 800 t/min, 6 pôles = 1 200 t/min.

\*\*\* Ces valeurs représentent le rendement moyen de moteurs normaux tournant à plein régime et peuvent servir de valeurs estimatives lorsque le fabricant ne peut fournir les valeurs de rendement actuelles des moteurs.

(Source : département de l'Énergie des É.-U.)

Diagramme 2 – Facteurs de puissance du moteur



Bien que les caractéristiques du FP à charges maximale et partielle d'un moteur soient importantes, elles comptent moins que le rendement. Quand vient le temps de choisir un moteur, la pratique actuelle veut que l'on achète pour des motifs d'efficacité et que l'on ajuste par rapport au facteur de puissance.

Dans le cas d'un moteur surdimensionné qui fonctionne à faible régime, le FP sera bas comparativement à un moteur de dimension appropriée. Dans un bâtiment où l'on retrouve plusieurs moteurs à induction et un FP bas, on corrigera la situation en remplaçant ces moteurs par des modèles à rendement supérieur de bonnes dimensions.

On retrouve sur le marché trois expressions pour décrire les moteurs : « rendement élevé », « éconergétique » et « rendement supérieur ». Seules les deux dernières expressions ont des définitions adoptées par la National Electrical Manufacturers Association (NEMA<sup>1</sup>). En 1989, la NEMA a entrepris d'élaborer puis d'adopter des valeurs de rendement en matière d'efficacité énergétique dans sa norme MG-1 (moteurs et génératrices-1), laquelle a été intégrée au Règlement sur l'efficacité énergétique du Canada en 1997 pour fixer les niveaux d'efficacité minimale de certains moteurs de 1 à 200 HP. En 2001, l'organisme a lancé un programme sur les moteurs à rendement supérieur – le « NEMA Premium™ Efficiency Electric Motors Program » –, lequel couvre

un éventail élargi de types et de gabarits de moteurs. L'Association canadienne de normalisation (CSA) a élaboré une norme canadienne en 1993, qu'elle a mise à jour en 1998. La norme CAN/CSA-C390 fixe l'exigence de rendement minimal des nouveaux moteurs fabriqués ou vendus au Canada aux mêmes valeurs que celles de la norme d'efficacité énergétique de la NEMA.

Le tableau 1 présente les niveaux de rendement nominal de certains types et gabarits de moteurs « éconergétiques » et à « rendement supérieur ». (Le tableau complet est disponible auprès de la NEMA.)

### Renseignements énergétiques

Pour calculer la consommation annuelle d'énergie et les économies relatives au remplacement d'un moteur par un autre à rendement supérieur, on peut utiliser la formule apparaissant dans l'encadré ①.

La puissance HP du moteur apparaît sur la plaque signalétique tandis que les valeurs de rendement de moteurs existants et des moteurs de remplacement s'obtiennent des fabricants ou des fournisseurs.

On doit déterminer le facteur de charge de l'équation en utilisant un instrument de mesure de l'électricité lorsque le moteur tourne à sa vitesse de fonctionnement normale. On utilise l'équation apparaissant dans l'encadré ② pour établir le facteur de charge d'un moteur triphasé.

La plupart des instruments de mesure de l'électricité peuvent déterminer la puissance sur-le-champ. Si ce n'est pas possible en mesurant la tension, l'intensité et le FP, on peut, grâce à l'équation de l'encadré ③, mesurer la puissance d'un moteur triphasé. Pour déterminer la puissance d'entrée à pleine charge nominale, on utilise l'équation de l'encadré ④.

**Mise en garde :** L'emploi inapproprié de moteurs éconergétiques risque d'empêcher la réalisation des économies d'énergie escomptées et, dans les faits, peut se traduire par une baisse de performance et une durée de vie réduite du moteur. Tout choix de moteur doit être bien étudié en fonction de l'usage prévu. Dans le cas de pompes et

<sup>1</sup>La NEMA est une association professionnelle qui fixe des normes pour faciliter le choix et l'utilisation des moteurs électriques et d'autres appareils électriques.

**REPUBLIQUE DU BURUNDI – REGIDESO**  
**Programme d'action national d'efficacité énergétique-Rapport 3**

**Tableau 2 – Comparaison de moteurs de puissance différente**

Type de rendement	Donnée	HP							
		5	7,5	10	15	20	25	30	50
Rendement normal	Efficacité – charge de 75 %	84,0	86,0	88,4	89,3	90,8	90,9	91,6	91,8
	Consommation annuelle (kWh)	24 978	36 595	47 469	70 486	92 428	115 408	137 432	228 554
	Coûts annuels (\$)	1 499	2 196	2 848	4 229	5 546	6 925	8 246	13 713
Rendement supérieur selon la NEMA	Efficacité – charge de 75 %	90,7	91,9	92,4	92,6	93,1	93,6	94,4	94,9
	Consommation annuelle (kWh)	23 133	34 246	45 414	67 974	90 145	112 079	133 355	221 088
	Coûts annuels (\$)	1 388	2 055	2 725	4 078	5 409	6 725	8 001	13 265
	Économies annuelles (kWh)	1 845	2 349	2 055	2 512	2 283	3 329	4 077	7 466
	Économies annuelles (\$)	111	141	123	151	137	200	245	448
	Liste de prix (\$)	533	724	814	996	1 294	1 700	1 771	2 751
	Price à l'achat (\$)	426	579	651	797	1 035	1 360	1 417	2 201
	Délai de récupération (années)	3,9	4,1	5,3	5,3	7,6	6,8	5,8	4,9

**Encadrés ① à ④ – Renseignements énergétiques**

Économies en matière de demande (kW) =  $(HP \times 0,746) \times (FC) \times (1 + E_{\text{actuel}} - 1 + E_{\text{remplacement}})$  ①  
 Économies de consommation (kWh) = (Économies en matière de demande) x (heures de fonctionnement)

Économies de coûts annuels = (Économie en kWh x tarif au kWh)

Références :  
 HP = selon la plaque signalétique du moteur  
 0,746 = conversion des HP en kW  
 FC = facteur de charge d'après le pourcentage de la pleine charge nominale (p. ex., 70 p. 100, 80 p. 100)  
 $E_{\text{actuel}}$  et  $E_{\text{remplacement}}$  = efficacité des moteurs actuels et de remplacement (en pourcentage)

$FC = (P_1 + P_{FC})$  ②

Références :  
 $P_1$  = puissance d'entrée mesurée d'un moteur triphasé (en kW)  
 $P_{FC}$  = puissance d'entrée à pleine charge nominale (en kW)

$P_1 = (V \times I \times FP \times 1,732) + 1 000$  ③

Références :  
 $P_1$  = puissance (en kW)  
 V = tension (composée des triphasés)  
 I = intensité moyenne (des triphasés)  
 FP = facteur de puissance (en pourcentage)

$P_{FC} = (HP \times 0,746) + EPC$  ④

Références :  
 $P_{FC}$  = puissance d'entrée à pleine charge nominale (en kW)  
 HP = selon la plaque signalétique  
 EPC = efficacité à pleine charge nominale

de ventilateurs de type centrifuge, une augmentation de la vitesse de fonctionnement fera croître la demande en énergie par la troisième puissance du rapport des vitesses. Par exemple, en augmentant la vitesse de seulement 25 tr/min – soit de 1 740 à 1 765 tr/min – on augmentera de 4,4 p. 100 la charge appliquée au moteur, c'est-à-dire  $(1 765 \div 1 740)^3 = (1,014)^3 = 1,044$ . En moyenne, les moteurs éconergétiques atteignent, à plein régime, des vitesses supérieures à celles des moteurs ordinaires. En remplaçant un moteur d'efficacité normale, on doit choisir un moteur qui, à plein régime, tourne à des vitesses inférieures ou égales afin d'éviter qu'une trop grande consommation d'électricité vienne annuler les économies escomptées devant découler d'un rendement accru. Pour assurer un flux adéquat, il peut être nécessaire d'ajuster les réas ou le diamètre des rotors de pompe.

Le logiciel MotorMaster+ (version 4.0) a été conçu par la Washington State University et financé par le département américain de l'Énergie. Outil populaire et gratuit, il sert à calculer les économies réalisées avec des moteurs à rendement supérieur. Par l'entremise de bases de données complètes et mises à jour régulièrement, le logiciel permet d'évaluer l'efficacité des moteurs existants et présente les niveaux de rendement et les prix (en dollars US) des moteurs à rendement supérieur.

**Comparaison**

Le coût initial d'un moteur à rendement supérieur sera normalement de 15 à 30 p. 100 plus élevé que celui d'un moteur éconergétique.

Outre les économies d'énergie, les moteurs à rendement supérieur et éconergétiques procurent d'autres avantages. Ils sont généralement de meilleure qualité, plus fiables, plus durables, garantis plus longtemps, plus silencieux et moins chauds en période de fonctionnement, et ils occasionnent moins de pertes de chaleur que leurs contreparties moins efficaces.

Dans le cas d'entraînements à vitesse variable, des moteurs à rendement supérieur et éconergétiques pourraient être préférables à leurs équivalents d'efficacité normale. (Demandez un moteur muni d'un « onduleur » au moment d'acheter un appareil prévu pour des entraînements à vitesse variable.)

Le tableau 2 a été préparé en 2003 afin de comparer des moteurs de gabarits différents. Cette comparaison est établie en fonction du remplacement d'un moteur d'efficacité normale en cours d'exploitation par un moteur répondant aux normes d'une désignation « rendement supérieur ». Tous ces moteurs ont les caractéristiques suivantes : 230 V/460 V, 1 800 tr/min (quatre pôles), BAVE, usage général, et conception NEMA de types A ou B. Les comparaisons de coûts sont basées sur un fonctionnement annuel de 7 500 heures à 75 p. 100 du régime nominal (facteur de charge = 75 p. 100), et au tarif d'électricité de 0,06 \$/kWh. L'exercice présume aussi que le fournisseur accorde un rabais de 20 p. 100 à l'achat.

### Étude de cas

Un moteur triphasé de 10 HP qui tourne durant 6 000 heures par année offre un rendement de 87 p. 100 à plein régime. L'électricien prend les mesures suivantes pour trouver le facteur de charge :

$$\begin{array}{lll} V_{ab} = 463 \text{ V} & I_a = 11,5 \text{ A} & FP_a = 0,70 \\ V_{bc} = 467 \text{ V} & I_b = 11,0 \text{ A} & FP_b = 0,72 \\ V_{ca} = 459 \text{ V} & I_c = 11,4 \text{ A} & FP_c = 0,71 \end{array}$$

En se servant des équations qui figurent dans les encadrés ① à ④ de la page 3, on détermine que le facteur de charge est de 75 p. 100, comme suit :

$$\begin{aligned} V &= (463 + 467 + 459) \div 3 = 463 \text{ V} \\ I &= (11,5 + 11,0 + 11,4) \div 3 = 11,3 \text{ A} \\ FP &= (0,70 + 0,72 + 0,71) \div 3 = 0,71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_T &= (463 \times 11,3 \times 0,71 \times 1,732) \div 1\,000 = 6,43 \text{ kW} \\ P_{TFC} &= (10 \times 0,746) \div 0,87 = 8,57 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$FC = 6,43 \div 8,57 = 0,75$$

L'Initiative des Innovateurs énergétiques, qui fait partie de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, aide les entreprises commerciales et les institutions publiques à améliorer leur efficacité énergétique et à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre qui contribuent aux changements climatiques.

### Pour obtenir plus de renseignements :

Initiative des Innovateurs énergétiques, Office de l'efficacité énergétique, 580, rue Booth, 18<sup>e</sup> étage, Ottawa (Ontario) K1A 0E4  
Tél. : 1 877 360-5500 (sans frais) • Téléc. : (613) 947-4121 • Courriel : info.francais@mcan.gc.ca • Site Web : oee.mcan.gc.ca/ie  
ATS : 613-996-4397 (appareil de télécommunication pour sourds)

Les données du manufacturier démontrent qu'à 75 p. 100 de sa charge, le moteur est efficace à 88,4 p. 100. Le gestionnaire des installations déniche un moteur à rendement supérieur avec un taux d'efficacité de 92,4 p. 100, à 75 p. 100 de sa charge et coûtant 650 \$ installé. Le tarif d'électricité est de 0,08 \$/kWh, sans prime de puissance. Voici les calculs démontrant le délai de récupération relatif à ce remplacement :

#### Économies en matière de demande (kW)

$$\begin{aligned} &= (HP \times 0,746) \times FC \times (1 \div E_{\text{actuelle}} - 1 \div E_{\text{remplacement}}) \\ &= (10 \times 0,746) \times (0,75) \times (1 \div 0,884 - 1 \div 0,924) \\ &= 0,27 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### Économies de coûts annuels

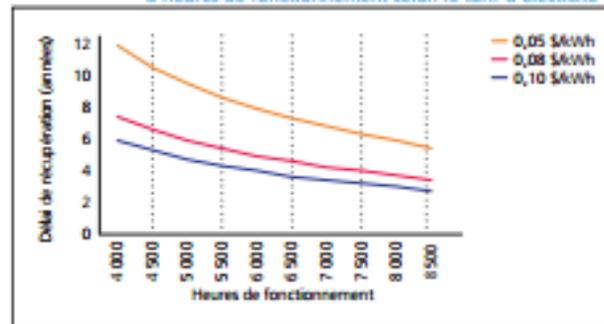
$$\begin{aligned} &= 0,27 \text{ kW} \times 6\,000 \text{ heures} \times 0,08 \text{ \$ par kWh} \\ &= 132 \text{ \$} \end{aligned}$$

#### Récupération = 650 \$ ÷ 132 \$

$$= 4,9 \text{ années}$$

À titre de renseignement pour cette étude de cas (10 HP, gain d'efficacité de 4 p. 100), le diagramme 3 illustre l'effet du nombre d'heures de fonctionnement et des tarifs d'électricité sur le délai de récupération, lorsqu'on remplace un moteur conventionnel par un moteur à rendement supérieur.

Diagramme 3 – Délai de récupération par rapport au nombre d'heures de fonctionnement selon le tarif d'électricité



Notice technique

## Moteurs asynchrones basse tension (BT) Norme CEI 60034-30 sur les classes de rendement

La Commission électrotechnique internationale (CEI) vient d'introduire la norme CEI 60034-30 qui instaure de nouvelles classes de rendement pour les moteurs, harmonisant les différents systèmes de classification existants à travers le monde. Elle espère ainsi mettre un terme aux difficultés rencontrées par les constructeurs de moteurs qui fabriquent des produits pour les marchés mondiaux. La tâche des utilisateurs sera également facilitée, avec une meilleure visibilité, et des informations plus compréhensibles.

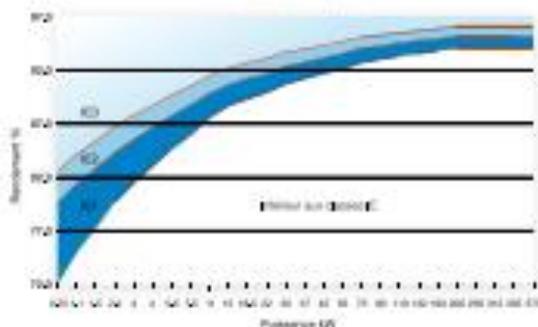
Quelles sont les nouvelles classes de rendement de la norme CEI 60034-30 (2008) ?

La nouvelle norme définit trois classes de rendement internationales IE (International Efficiency) pour les moteurs asynchrones triphasés mono-vitesse.

Classe Premium	IE3	Très haut rendement
Classe Haut rendement	IE2	Comparable à EFF1
Classe Standard	IE1	Comparable à EFF2

La norme prévoit également une classe IE4 (Super Premium) au rendement encore supérieur à celui de la classe IE3. A ce jour, aucun produit de classe IE4 n'est commercialisé.

Classes de rendement IE pour les moteurs 4 pôles pour 50 Hz  
Classes IE - 4 pôles



Quels sont les moteurs couverts par la norme ?

Le champ d'application de la nouvelle norme est plus large que la classification européenne précédente. En effet, la CEI 60034-30 couvre pratiquement tous les moteurs (ex., moteurs standard, moteurs Ex, moteurs pour applications Marine, moteur frein) :



- Moteurs triphasés mono-vitesse (50 et 60 Hz)
- Moteurs 2, 4 et 6 pôles
- Puissance nominale de 0,75 à 375 kW
- Tension nominale  $U_n$  jusqu'à 1000 V
- Service type S1 (continu) ou S3 (intermittent périodique) avec un facteur de service de 80 % ou plus
- Moteurs destinés à être raccordés directement aux réseaux 50 et 60 Hz.

Sont exclus de la norme CEI 60034-30 :

- Les moteurs conçus spécialement pour les applications à vitesse variable.
- Les moteurs complètement intégrés dans une machine (ex. pompe, ventilateur ou compresseur) qui ne peuvent être testés séparément de la machine.

Sur quoi la nouvelle classification est-elle basée ?

Les niveaux de rendement de la CEI 60034-30 sont basés sur les méthodes de mesure de la norme CEI 60034-2-1 (2007) avec une incertitude faible pour les classes IE2 et IE3. Ces méthodes donnent des valeurs de rendement plus précises que les méthodes précédentes.

Les valeurs de rendement ainsi mesurées diffèrent de celles obtenues avec l'ancienne norme CEI 60034-2 (1996) qui donnait, en général, des valeurs globales plus élevées car les pertes supplémentaires estimées étaient trop faibles.

Tableau 1 Classes de rendement IE 60034-30 (2008)

kW	HP	IE1 - Classe Standard						IE2 - Classe Haut rendement						IE3 - Classe Premium					
		2 pôles		4 pôles		6 pôles		2 pôles		4 pôles		6 pôles		2 pôles		4 pôles		6 pôles	
		50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
0.75	1	72.1	77.0	73.1	78.0	70.0	75.0	77.4	75.5	79.6	82.5	75.9	80.0	80.7	77.0	82.5	82.5	78.9	82.5
1.1	1.5	75.0	78.5	75.0	79.0	72.9	75.0	79.0	82.5	81.4	84.0	78.1	82.5	82.7	84.0	84.1	82.5	81.0	82.5
1.5	2	77.3	81.0	77.3	81.5	75.2	77.0	81.3	84.0	83.8	84.0	79.8	82.5	84.2	85.5	85.3	82.5	82.5	88.5
2.2	3	79.7	84.5	79.7	83.0	77.7	79.5	83.5	85.5	84.3	87.5	81.8	87.5	85.9	86.5	86.7	85.5	84.5	86.5
3	4	81.5	-	81.5	-	79.7	-	84.0	-	82.5	-	82.0	-	87.1	-	87.7	-	82.0	-
3.7	5	-	84.5	-	85.0	-	82.5	-	87.5	-	87.5	-	87.5	-	86.5	-	82.5	-	86.5
4	5	82.1	-	83.1	-	81.4	-	82.0	-	82.0	-	84.0	-	88.1	-	88.0	-	82.0	-
5.5	7.5	84.7	86.0	84.7	87.0	82.1	85.0	87.0	88.5	87.7	89.5	86.0	89.5	89.2	89.5	89.6	91.7	88.0	91.0
7.5	10	86.0	87.5	86.0	87.5	84.7	86.0	88.1	89.5	88.7	90.5	87.0	90.5	90.1	90.0	90.4	91.7	90.1	91.0
11	15	87.8	89.5	87.8	89.5	86.4	89.0	89.4	90.5	90.8	91.0	88.7	90.0	91.0	91.0	91.4	92.4	90.9	91.7
15	20	88.7	90.5	88.7	90.5	87.7	90.5	90.0	90.0	90.6	91.0	89.7	90.0	91.0	91.0	91.1	92.0	91.0	91.7
18.5	25	89.3	90.5	89.3	90.5	88.6	90.0	90.9	91.0	91.3	90.4	90.4	91.7	90.4	91.7	90.6	90.6	91.7	93.0
22	30	89.9	90.5	89.9	91.0	89.2	91.0	91.3	91.0	91.6	90.4	90.9	91.7	90.7	91.7	90.6	90.6	92.0	93.0
30	40	90.7	90.5	90.7	91.7	90.0	91.7	90.0	91.7	90.9	90.0	91.7	90.0	90.9	90.4	90.6	94.1	92.9	94.1
37	50	91.3	91.5	91.3	92.4	90.8	91.7	90.5	92.4	90.7	90.0	90.0	90.0	90.7	90.0	90.9	94.5	93.9	94.1
45	60	91.7	91.7	91.7	92.0	91.4	91.7	90.9	92.0	90.1	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	94.3	92.0	92.7	94.5
55	75	92.1	92.4	92.1	92.0	91.8	92.1	92.0	92.0	92.5	94.1	92.1	92.0	94.0	92.0	94.6	92.4	94.1	94.5
75	100	92.7	93.0	92.7	93.0	92.0	93.0	92.0	93.0	94.0	94.5	92.7	94.1	94.7	94.1	95.0	92.4	94.0	95.0
90	125	93.0	93.0	93.0	93.0	92.9	93.0	94.1	94.5	94.3	94.5	94.0	94.1	95.0	95.0	95.0	95.4	94.9	95.0
110	150	93.3	93.0	93.3	93.5	93.0	94.1	94.0	94.5	94.5	95.0	94.9	95.0	95.0	95.4	95.0	95.4	95.1	95.0
130	180	93.5	-	93.5	-	93.5	-	94.0	-	94.7	-	94.0	-	95.4	-	95.4	-	95.4	-
150	200	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-	95.4	-	94.0	-	95.0
180	250	93.8	-	93.8	-	93.8	-	94.0	-	94.5	-	94.0	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-
220	300	94.3	-	94.3	-	94.0	-	95.0	-	95.1	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-
250	300	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.0	95.0	96.0	96.0	95.0	95.0
300	350	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.0	95.0	96.0	96.0	95.0	95.0
350	450	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.0	95.0	96.0	96.0	95.0	95.0
375	500	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.0	95.0	96.0	96.0	95.0	95.0

La documentation des constructeurs doit stipuler la méthode utilisée pour déterminer les valeurs de rendement. Les valeurs de différents constructeurs ne sont comparables que si la même méthode de mesure a été utilisée.

Quelles sont les valeurs limites des classes de rendement des moteurs ?

Le tableau 1 donne les valeurs limites des classes de rendement des moteurs 2, 4 et 6 pôles entre 0.75 et 375 kW (50 et 60 Hz).

Comment connaître la classe de rendement IE d'un moteur ?

La valeur de rendement la plus faible ainsi que le code IE figurent sur la plaque signalétique du moteur.

Comment comparer les rendements de la norme CEI 60034-30 à ceux d'autres normes ?

Des différences demeurent entre les normes. La nouvelle norme CEI harmonise les multiples exigences de rendement des moteurs asynchrones au niveau mondial et tente ainsi de faciliter la comparaison. Les travaux d'harmonisation se poursuivent.

Le tableau 2 compare sommairement la norme CEI 60034-30 à d'autres normes et réglementations. La CEI 60034-30 ne prescrit aucun niveau de rendement, mais définit essentiellement trois classes de rendement. Elle a pour but de créer un référentiel au niveau international. La prescription relative des différents pays et de la directive européenne. Il reviendra à chaque pays d'adopter les niveaux de rendement minimum compatibles avec la directive européenne, pour permettre aux utilisateurs de choisir des moteurs offrant les meilleures performances énergétiques.

Tableau 2

CEI 60034-30	EU NCPS	CEMCP (Engagement volontaire européen)	CPAct (Etats-Unis)	Pays d'application
Classe IE3 Premium	Classe IE3 Premium		Intérieur à la classe Standard	
Classe IE2 Haut rendement	Classe IE2 Haut rendement	Comparable à la classe EFF1	Identique à NCMA Efficacité énergétique / CPAct	Canada Mexique Australie Nouvelle-Zélande Brésil (2009) Chine (2011) Suisse (2012)
Classe IE1 Standard		Comparable à la classe EFF2	Intérieur au rendement standard	Chine Brésil Costa Rica Israël Taiwan Suisse (2012)

La norme CEI 60034-30 envisage également une classe de rendement IE4 "Super Premium", supérieure à la classe IE3.

Comment ABB applique la nouvelle norme ?

- ABB a recalculé les valeurs de rendement de ses moteurs selon la nouvelle méthode indirecte de la norme CEI 60034-3-1 (2007) en mesurant les pertes supplémentaires.
- ABB propose une gamme complète de moteurs de classe de rendement IE2. Des moteurs de classe IE3 sont également disponibles.

Pour en savoir plus :

[www.abb.com/motors&generators](http://www.abb.com/motors&generators)

© Copyright 2010 ABB. Tous droits réservés. Tous droits de modifications sans préavis.

## EIC1- Variateur de Vitesse

# Utilisation de variateurs de vitesse pour les ventilateurs et les pompes

### Description

Au cours des dix dernières années, les innovations technologiques dans le domaine de la microélectronique et des dispositifs de commande ont permis l'introduction sur le marché d'équipements permettant d'économiser de l'énergie en réglant la vitesse des ventilateurs, pompes et refroidisseurs, et ce, à des prix abordables : les variateurs de vitesse. Jusqu'à tout récemment, les entreprises de services publics offraient des mesures incitatives en faveur du remplacement des commandes de vitesse fixe et d'étranglement du débit par des mécanismes d'entraînement à fréquence variable (voir figure 1). Depuis peu, on intègre ces mécanismes presque systématiquement aux nouveaux projets de construction. On peut noter que, dans plusieurs projets de rénovation d'équipements de CVC, le coût de remplacement de l'équipement original (régulateur de débit d'air ou d'eau) par des variateurs de vitesse est de l'ordre de 250 \$/kW. Dans chaque cas par contre, une analyse exhaustive doit être effectuée afin d'assurer la rentabilité de l'option.



Figure 1 – Panneau de commande de mécanismes d'entraînement classiques à fréquence variable

### Spécifications techniques

**Spécifications des mécanismes d'entraînement** – Les mécanismes d'entraînement à fréquence variable fonctionnent en convertissant la tension alternative (redresseur) du réseau en tension continue, puis en retransmettant ce signal au moteur selon des fréquences et des tensions variables (onduleur). Ils peuvent faire tourner l'équipement rotatif à des vitesses variant de 0 tr/min jusqu'à 150 p. 100 de la vitesse nominale du moteur. L'utilisation de ces mécanismes d'entraînement à fréquence variable exige l'installation de moteurs isolés à haut rendement de classe F qui peuvent supporter les variations de tension et de flux de courant.

**Applications** – Parmi les applications particulièrement adéquates, citons : 1) le remplacement des volets de sortie ou des aubes directrices d'entrée orientables (ADEO) [vannes d'entrée modulantes] dans les systèmes de ventilation à débit d'air variable; 2) la régulation de l'admission d'air dans les systèmes multizones en ajoutant un mécanisme d'entraînement à fréquence variable et des volets d'isolation dans les zones dont le taux d'occupation et les horaires d'utilisation sont variables; 3) la régulation du débit des pompes en maintenant un niveau de pression prédéterminé. Ces mécanismes d'entraînement à fréquence variable présentent d'autres avantages, notamment une usure moindre du moteur due à une vitesse et à un couple réduits, un démarrage plus doux en raison d'une accélération graduelle et moins de pièces mobiles (p. ex., pas de volet ou d'aube directrice qui pourraient s'user). La figure 2 illustre le schéma d'une application de ventilateur requérant deux mécanismes d'entraînement à fréquence variable qui fournissent les données de régulation de pression.

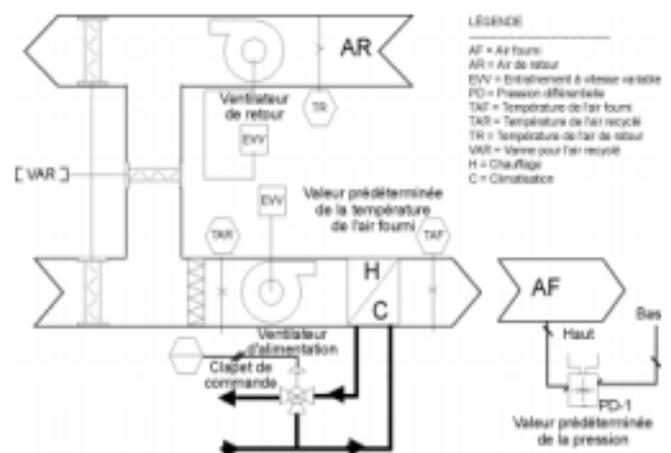


Figure 2 – Schéma d'installation de mécanisme d'entraînement à fréquence variable

## Information sur l'énergie

Les économies d'énergie réelles générées par les mécanismes d'entraînement à fréquence variable sont calculées à partir des lois fondamentales régissant le fonctionnement des ventilateurs et des pompes. En théorie, la puissance d'entrée du ventilateur chute en fonction du rapport de débit (charge) à la puissance 3. Cela est illustré par l'équation ci-dessous :

$$W_2 = W_1 \times (Q_2/Q_1)^3$$

À titre d'exemple, si la puissance ( $W_1$ ) est à un débit de 100 p. 100 ( $Q_1$ ) et si le débit est réduit à 80 p. 100, la nouvelle puissance ( $W_2$ ) sera égale à  $W_1 \times (0,8)^3 = 0,51$  ou 51 p. 100.

Pour un ventilateur ralenti par des aubes directrices (restriction), la puissance ainsi que le débit chutent jusqu'à une certaine valeur. Cependant, les conditions médiocres d'entrée et de sortie d'air altèrent de façon négative le rendement du ventilateur, entraînant une diminution du rendement du moteur due à la suppression de la charge et une réduction des économies d'énergie (voir figure 3). Dans le cas d'un mécanisme d'entraînement à fréquence variable, la vitesse du moteur et celle du ventilateur sont réduites et les pertes sont nettement moindres.

## Comparaison

La figure 3 illustre la différence de consommation d'énergie pour un mécanisme d'entraînement à fréquence variable classique en comparaison avec trois applications courantes, notamment la commande d'aubes directrices d'entrée orientable, la commande de vannes de sortie et la vitesse constante. Pour calculer les économies d'énergie d'une installation de mécanisme d'entraînement à fréquence variable (MEFV), le cycle de travail de l'appareil doit être établi. Par exemple, si un ventilateur est arrêté huit heures par jour, puis fonctionne huit heures à un débit de 50 p. 100, six heures à un débit de 80 p. 100 et deux heures à un débit de 100 p. 100, les économies d'énergie découlant de la commande du MEFV seront de 40 p. 100 par rapport à un système ralenti par des aubes directrices et de 55 p. 100 par rapport à une commande de vanne de sortie.

## Étude de cas

En 1997, des travaux de réfection ont été effectués relativement aux systèmes de CVC dans un établissement de la Banque de Montréal, à Vancouver, en Colombie-Britannique, dans le cadre du projet de rénovation d'un de ses bâtiments. Le système de ventilation du bâtiment comprenait un ventilateur d'alimentation de 75 cv et un ventilateur de retour de 40 cv qui fournissaient l'air requis à des boîtes de fin de course à volume constant et variable avec réchauffage terminal. Le système était équipé d'aubes directrices d'entrées orientables qui modulaient le débit d'air de manière à maintenir une pression constante dans le réseau de distribution d'air. La réfection du système a consisté à remplacer le moteur du ventilateur d'alimentation par un moteur de 50 cv et celui du ventilateur de retour par un moteur de 25 cv. Un variateur de vitesse à fréquence variable a été installé en remplacement des aubes directrices. En se basant sur une période de fonctionnement continue de 24 heures par jour, comme indiqué au tableau 1, on estime que le nouveau système permet d'économiser 6 294 \$ par an en fonction des tarifs en vigueur en 1997, ayant ainsi une période de récupération simple de trois ans.

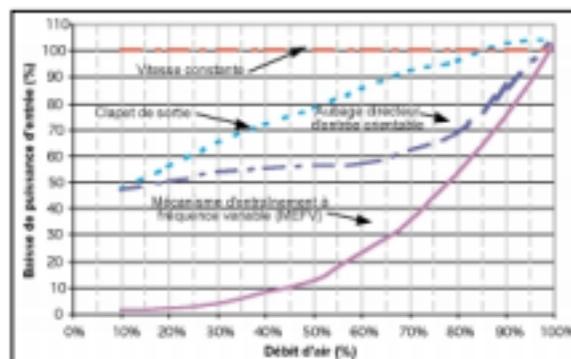


Figure 3 – Comparaison de la consommation d'énergie

Tableau 1 – Estimation des économies découlant de l'installation de MEFV à la Banque de Montréal

Installation		CYCLE DE TRAVAIL	
DONNÉES D'ENTRÉE		Débit (%)	Heures/jour
Tarif de l'énergie	0,05 \$/kWh	0 %	8
Coût en capital	18 750 \$	60 %	4
Puissance nominale	50 + 25 cv	80 %	6
Exploitation	365 jours/an	100 %	6
Sommaire de la période de récupération			
	MEFV	ADEO	
Coût mensuel	1 096 \$	1 422 \$	
Coût annuel	10 472 \$	16 766 \$	
Économies mensuelles		517 \$	
Économies annuelles		6 294 \$	
Période de récupération (années)		3,0	
Rendement du capital investi		34 %	

## EIC4- Récupérateurs de Chaudière



### Description

Un économiseur de chaleur de cheminée (voir figure 1) est un échangeur de chaleur air-eau conçu pour utiliser la chaleur des gaz de combustion chauds d'une chaudière afin de préchauffer de l'eau. Depuis de nombreuses décennies, les économiseurs sont utilisés sur les chaudières à vapeur tout usage pour préchauffer l'eau d'alimentation pour la chaudière en utilisant la chaleur récupérée de la cheminée. Le même principe peut être appliqué aux chaudières de chauffage hydrique de plus petite taille là où il existe une demande en eau chaude à proximité. Ces appareils sont devenus plus rentables depuis l'augmentation des prix de l'énergie et la création d'économiseurs plus petits dotés d'échangeurs de chaleur qui sont légers, durables et efficaces.

### Spécifications techniques

Les économiseurs sont dimensionnés de telle sorte qu'ils peuvent être installés dans la cheminée, et ce, le plus près possible de la sortie des gaz de combustion de la chaudière. La figure 2 représente le schéma d'un économiseur de cheminée utilisé pour récupérer la chaleur de la cheminée d'une chaudière afin de chauffer l'eau domestique d'un immeuble.

L'intérieur de l'économiseur de la cheminée doit pouvoir supporter les effets corrosifs de la condensation des gaz de combustion. La transmission thermique se fait généralement par des tubes munis d'ailettes qui doivent être fabriqués en acier inoxydable au chrome-nickel (316). La surface intérieure doit être accessible aux fins d'inspection et de nettoyage.

Ce type d'économiseur est en général adapté aux chaudières d'une capacité minimale de 590 kW (60 cv) et dont 60 p. 100 au moins de la chaleur résiduelle récupérable peut être utilisée pour préchauffer l'eau froide. La chaudière doit également être équipée d'un brûleur à air pulsé et ne doit pas être un modèle à condensation à haut rendement.

### Information sur l'énergie

Les économies d'énergie réelles générées par un économiseur proviennent de la chute de température des gaz de combustion circulant dans l'économiseur, multipliée par leur débit massique. La température des gaz de combustion d'une chaudière classique sans condensation est de 135 °C (275 °F). Un économiseur de taille



Figure 1 – Economiseur de cheminée

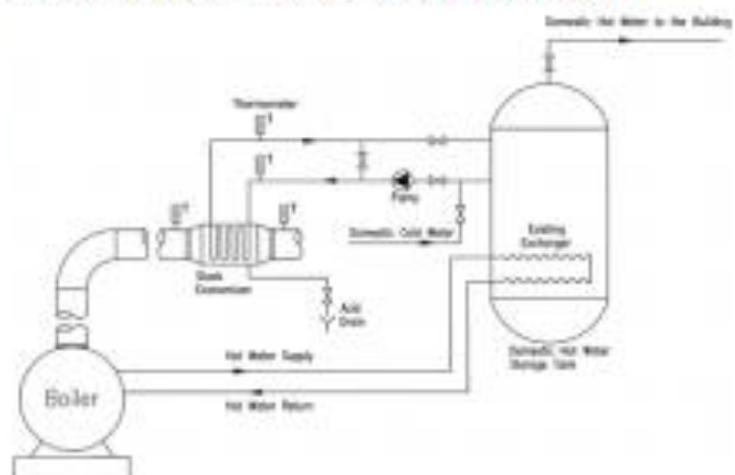


Figure 2 – Schéma d'un économiseur de cheminée

appropriée fera chuter la température des gaz de combustion à 77 °C (170 °F) en les condensant et en transférant la chaleur absorbée dans l'eau en circulation. L'économiseur peut faire passer le rendement thermique saisonnier réel de ces chaudières de moins de 80 p. 100 à près de 90 p. 100.

### Comparaison

En termes de rendement énergétique, une chaudière existante à laquelle on ajoute un économiseur de cheminée est en fait transformée en chaudière à condensation (voir figure 3). L'un des avantages d'une chaudière combinée à un économiseur de cheminée par rapport à une nouvelle chaudière à condensation réside dans le fait qu'avec l'économiseur, les gaz de combustion se condensent selon des températures de retour d'eau plus normales, de l'ordre de 70 °C (160 °F). En principe, une chaudière à condensation requiert des températures d'eau de retour inférieures à 60 °C (140 °F) pour permettre la condensation. Toutefois, les chaudières à condensation peuvent fonctionner selon des rendements beaucoup plus élevés si elles ont été conçues de façon appropriée.



Figure 3 - Économiseur de cheminée installé sur une cheminée d'alimentation de chaudières

### Étude de cas

Au Vancouver Aquatic Centre, un économiseur de cheminée de modèle Cannon FS-5-DSS a été installé pour préchauffer l'eau d'appoint froide de la piscine. L'appareil a été conçu pour récupérer en permanence 66 kW (225 000 Btu/h) des gaz de combustion de l'une ou des deux chaudières à tubes de fumée, modèle Cleaver Brook CB, de 980 kW (3,35 MMBtu/h).

Comme l'illustre le tableau 1, ce système permet d'économiser environ 900 gigajoules par an, ce qui représente actuellement 8 100 \$ selon les tarifs d'énergie en vigueur localement. Un système installé aujourd'hui permettrait d'obtenir une période de récupération simple de 3,45 ans, ce qui est excellent. Ce système est utilisé avec succès depuis cinq ans, sans qu'aucun problème ne soit survenu. Les tubes à ailettes de l'économiseur n'ont pas encore requis de nettoyage.

\* MMBtu/h = millions de Btu par heure; MMBtu/h = millions de Btu par heure.

Tableau 1 – Économies prévues pour le projet du Centre aquatique

Données d'entrée	
Tarif du gaz naturel	9 \$/GJ
Capacité d'entrée des chaudières (deux chaudières)	7,6 MMBtu/h*
Capacité de récupération de chaleur (pour les deux chaudières)	450 MMBtu/h*
Heures d'utilisation	4 200 heures
Sommaire de la période de récupération	
Économies annuelles en gaz naturel	900 GJ/an
Économies nettes annuelles	8 100 \$
Coût de fabrication	28 000 \$
Période de récupération	3,45 ans

### Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez vous adresser à :

Initiative des Innovateurs énergétiques, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 580, rue Booth, 18<sup>e</sup> étage, Ottawa (Ontario) K1A 0E4  
Tél. : (613) 995-6950 • Téléc. : (613) 947-4121 • Site Web : <http://besr.rncan.gc.ca/ie>

*Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route*  
L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada renforce et élargit l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.