

Feuille de route pour un système énergétique durable en Haïti

Exploiter les ressources énergétiques nationales pour
mettre en place un système électrique fiable, abordable
et adapté aux changements climatiques



Novembre 2014



Supported by:



Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation,
Building and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

Directeur de projet : Alexander Ochs

Chef de projet : Mark Konold

Auteurs : Matthew Lucky, Katie Auth, Alexander Ochs, Xing Fu-Bertaux, Michael Weber, Mark Konold, Jiemei Lu

Éditrice : Lisa Mastny

Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'Initiative internationale du climat. Le ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire soutient cette initiative sur la base d'une décision adoptée par le Bundestag allemand.

Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne représentent pas nécessairement celles de Worldwatch Institute, de ses administrateurs, dirigeants, employés, ou de ses organismes de financement.

Citation Suggérée : Matthew Lucky, Katie Auth, Alexander Ochs, et autres, *Feuille de route pour un système énergétique durable en Haïti : exploiter les ressources énergétiques nationales pour mettre en place un système électrique fiable, abordable et adapté aux changements climatiques* (Washington, DC : Worldwatch Institute, 2014).

Sur la couverture : Hôpital de Mirebalais, Mirebalais, Haïti. Photo gracieusement offerte par Matthew Lucky.

Copyright © 2014 Worldwatch Institute, Washington, D.C.

Sommaire

Avant-propos.....	12
Préface	13
Remerciements	14
Résumé analytique	15
1 Feuille de route pour Haïti vers l'énergie durable : contexte, objectifs et méthodologie..	25
1.1 Haïti dans le contexte mondial de changements climatiques et de l'énergie durable	26
1.2 Système d'électricité actuel en Haïti.....	28
1.3 L'importance d'une alimentation durable pour l'avenir d'Haïti	35
1.4 Méthodologie, objectifs et défis	38
2 Efficacité énergétique en Haïti	41
2.1 L'importance de l'efficacité d'un système énergétique durable en Haïti	41
2.2 Améliorer l'efficacité des centrales électriques existantes.....	45
2.3 Améliorer l'efficacité de transport et de distribution d'électricité	46
2.4 Renforcement de l'efficacité du secteur industriel.....	46
2.5 Encourager la consommation efficace d'électricité dans les ménages.....	47
2.5.1 Étiquetage des électroménagers	47
2.5.2 Éclairage	49
2.6 Améliorer l'efficacité des immeubles.....	50
2.7 Efficacité dans les hôtels	52
2.8 Résumé.....	53
3 Potentiel en énergie renouvelable d'Haïti	55
3.1 S'appuyant sur les évaluations existantes.....	56
3.2 Potentiel énergétique solaire.....	57
3.2.1 Réussite mondiale de l'énergie solaire	57
3.2.2 Statut actuel de l'énergie solaire en Haïti.....	58
3.2.3 Impressionnant potentiel d'énergie solaire d'Haïti.....	59
3.2.4 Effets positifs du vent et de la température sur le potentiel d'énergie solaire	63
3.2.5 Aperçu du potentiel d'énergie solaire.....	64
3.3 Potentiel d'énergie éolienne.....	65
3.3.1 Statut global de l'énergie éolienne	65
3.3.2 Statut actuel de l'énergie solaire en Haïti.....	65
3.3.3 Potentiel d'énergie éolienne	66
3.3.4 Ressource éolienne par zone	66
3.3.5 Résumé du potentiel d'énergie éolien	69
3.4 Potentiel hydroélectrique	70
3.4.1 Statut global des technologies hydrauliques	70
3.4.2 Statut actuel de l'hydroélectricité en Haïti	71
3.4.3 Potentiel hydroélectrique	72

3.4.4	<i>Évaluation des ressources de l'Ouest.....</i>	73
3.4.5	<i>Résumé du potentiel hydroélectrique.....</i>	73
3.5	Potentiel bioénergétique	73
3.5.1	<i>Statut global de la technologie énergétique de biomasse.....</i>	73
3.5.2	<i>État actuel de la bioénergie en Haïti.....</i>	75
3.5.3	<i>Potentiel bioénergétique</i>	75
3.5.4	<i>Résumé de la bioénergie.....</i>	77
3.6	Potentiel de transformation des déchets en énergie	77
3.6.1	<i>Statut global de la technologie de transformation des déchets en énergie</i>	77
3.6.2	<i>Statut actuel de transformation des déchets en énergie en Haïti</i>	77
3.6.3	<i>Potentiel de la transformation des déchets en énergie</i>	77
3.6.4	<i>Résumé du potentiel de transformation des déchets en énergie</i>	79
3.7	Autres technologies d'énergie renouvelable	79
3.7.1	<i>Énergie houlomotrice et marémotrice.....</i>	79
3.7.2	<i>Énergie géothermique</i>	80
3.8	Résumé.....	81
4	Amélioration du réseau et stockage de l'énergie.....	83
4.1	Aperçu du réseau actuel d'haïti	84
4.2	Production décentralisée/distribuée	85
4.2.1	<i>Mini-réseaux pour l'électrification rurale</i>	87
4.3	Raccordement au réseau et l'intégration de production centralisée	88
4.4	Intégration des ressources énergétiques renouvelables complémentaires	92
4.5	Opérations, marchés et prévision	96
4.6	Rôle du pétrole et du gaz naturel dans la compensation de la variabilité	97
4.7	Stockage d'électricité	99
4.8	Réduction	105
4.9	Interconnexion du réseau avec la république dominicaine	106
4.10	Résumé	106
5	Voies technologiques pour répondre à la demande future d'électricité d'Haïti	108
5.1	Projections de la demande.....	109
5.2	Types de scénarios	111
5.3	Résultats du scénario : analyse annuelle	112
5.4	Résultats du scénario : analyse horaire.....	114
5.5	Conclusion.....	119
6	Évaluation des impacts socio-économiques des voies alternatives d'électricité.....	120
6.1	Analyse des coûts moyens actualisés de production de l'électricité	121
6.1.1	<i>Méthodologie</i>	121
6.1.2	<i>Résultats</i>	122
6.2	CCE+ : Évaluation du coût global des sources d'électricité alternatives	124
6.2.1	<i>Méthodologie</i>	124
6.2.2	<i>Coûts des polluants locaux</i>	125

6.2.3	<i>Coûts du changement climatique mondial</i>	125
6.2.4	<i>Résultats</i>	127
6.3	<i>Projection du CCE+ : coûts éventuels de production de l'électricité</i>	128
6.3.1	<i>Méthodologie</i>	128
6.3.2	<i>Résultats</i>	129
6.4	<i>Impacts macroéconomiques : bénéfice d'une transition vers des systèmes d'électricité basé sur l'énergie renouvelable</i>	130
6.4.1	<i>Baisse des coûts de production de l'électricité</i>	130
6.4.2	<i>Économiser des milliards sur la réduction de l'importation des carburants fossiles</i>	132
6.4.3	<i>Investissement par rapport au coût total de l'électricité : initialement coûteux mais économie à long terme</i>	133
6.4.4	<i>Réduction des émissions de gaz à effet de serre</i>	136
6.4.5	<i>Création d'emplois</i>	137
6.4.6	<i>Impact sur les secteurs économiques</i>	140
6.5	<i>Conclusion</i>	141
7	Surmonter les obstacles au financement de l'énergie durable en Haïti	143
7.1	<i>Risques d'investissement sous-jacents en Haïti</i>	145
7.1.1	<i>Le manque d'infrastructures nationales adéquates</i>	145
7.1.2	<i>Droits de propriété non-définis</i>	146
7.1.3	<i>Instabilité politique fréquente</i>	146
7.1.4	<i>Risque de catastrophe naturelles</i>	146
7.1.5	<i>Risques de sécurité</i>	147
7.1.6	<i>Climat général d'investissement</i>	147
7.2	<i>Moyens de réduire les obstacles sectoriels spécifiques</i>	148
7.2.1	<i>Renforcer la capacité des banques commerciales à fournir du financement pour l'énergie durable</i>	148
7.2.2	<i>Regrouper les projets pour diminuer les coûts unitaires des énergies renouvelables</i>	152
7.2.3	<i>Assurer le recouvrement des factures des génératrices</i>	153
7.2.4	<i>Créer des programmes de microcrédit fonctionnels</i>	154
7.3	<i>Trouver de nouvelles sources de financement d'énergie durable</i>	154
7.3.1	<i>Diriger l'aide au développement vers des projets d'énergie durable</i>	155
7.3.2	<i>Attirer les financements climatiques</i>	157
7.3.3	<i>Utilisation des fonds de PetroCaribe</i>	161
7.3.4	<i>Trouver des moyens créatifs de fournir des garanties souveraines</i>	162
7.3.5	<i>Créer des mécanismes de financement innovants additionnels</i>	162
7.4	<i>Mettre en œuvre des modèles fonctionnels d'entreprises d'électrification rurale en Haïti</i>	163
7.5	<i>Conclusion</i>	165
8	Établir une politique cadre efficace pour exploiter les occasions d'énergie durable en Haïti	167
8.1	<i>Identifier les priorités appropriées et ambitieuses pour les énergies durables</i>	168
8.2	<i>Établir une vision efficace et ambitieuse pour le développement de l'énergie durable</i>	168

8.2.1	<i>Vision énergétique actuelle d'Haïti.....</i>	168
8.2.2	<i>Mettre clairement l'accent sur l'énergie durable et la décentralisation de la production en tant que priorités.....</i>	171
8.2.3	<i>Adopter des objectifs officiels ambitieux pour l'énergie durable.....</i>	171
8.2.4	<i>Synthétiser la vision parmi l'ensemble des institutions et des secteurs concernés.....</i>	172
8.2.5	<i>Finaliser et adopter officiellement la politique énergétique nationale.....</i>	173
8.3	<i>Améliorer la capacité institutionnelle et l'efficacité administrative</i>	174
8.3.1	<i>État des institutions et de l'administration du secteur énergétique en Haïti</i>	174
8.3.2	<i>Intégrer l'énergie durable aux institutions et améliorer la coordination entre les acteurs gouvernementaux.....</i>	176
8.3.3	<i>Renforcer la structure institutionnelle, notamment en y ajoutant des institutions clés.....</i>	177
8.3.4	<i>Créer des processus transparents et clairs qui facilitent la communication, les investissements et l'implantation de politiques durables.....</i>	179
8.4	<i>Mettre en place des politiques et des mécanismes de support ciblés et efficaces</i>	180
8.4.1	<i>État actuel des politiques et des mécanismes en matière d'énergie durable.....</i>	180
8.4.2	<i>Concevoir une combinaison de mesures afin d'améliorer l'efficacité énergétique.....</i>	181
8.4.3	<i>Concevoir une combinaison de mesures pour accélérer le déploiement des énergies renouvelables.....</i>	182
8.5	<i>Conclusion.....</i>	188
9	Perspectives énergétiques d'Haïti : établir un système énergétique durable	190
Annexes.....		194
Annexe I.	Résumé des précédentes évaluations des ressources énergétiques renouvelables	194
Annexe II.	Méthodologie de 3TIER pour l'évaluation des ressources solaires	195
Annexe III.	Évaluations du potentiel en énergie solaire par zone	197
Annexe IV.	Méthodologie de 3TIER pour l'évaluation des ressources éoliennes.....	207
Annexe V.	Évaluation des ressources éoliennes par zone.....	208
Annexe VI.	Évaluation par département	217
Annexe VII.	Centrale hydroélectrique de pompage à El Hierro	219
Annexe VIII.	Institutions financières internationales.....	220
Annexe IX.	Meilleures pratiques pour programmes internationaux d'électrification rurale	225
Références.....		227

Figures, tableaux, encadrés et études de cas

Figure 1.1. Production d'électricité par source, 2011	28
Figure 1.2. Taux tarifaires résidentiels dans la région CARILEC, 2009	31
Figure 1.3. Taux tarifaires industriels dans la région CARILEC, 2009	31
Figure 1.4. Développement humain, revenu national brut (RNB), et consommation d'électricité dans certains pays d'Amérique latine, 2011	36
Figure 1.5. Méthodologie Worldwatch pour le développement de la feuille de route d'énergie durable	38
Figure 2.1. Consommation d'électricité par rapport au PIB par habitant en Amérique latine et dans les Caraïbes, 2010	43
Figure 2.2. Part de la consommation d'électricité en Haïti par secteur, 2011	45
Figure 2.3. Part de la consommation d'électricité résidentielle en Haïti, par type d'appareil, 2006	48
Figure 3.1. Moyenne de l'éclairage horizontal global (EHG) en Haïti	60
Figure 3.2. Carte des emplacements de l'évaluation de 3TIER des ressources solaires en Haïti.....	60
Figure 3.3. Comparaison de la moyenne mensuelle d'EHG, six zones en Haïti contre l'Allemagne.....	61
Figure 3.4. Moyenne à long terme d'END et d'EGH des Cayes, 1997-2011.....	61
Figure 3.5. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHG et de l'END aux Cayes.....	61
Figure 3.6. Vitesse moyenne du vent en Haïti à 80 mètres	66
Figure 3.7. Carte de 3TIER – Évaluation des ressources éoliennes en Haïti	67
Figure 3.8. Vitesse éolienne moyenne au Lac Azuéli.....	67
Figure 3.9. Variation saisonnière de l'énergie éolienne en facteur de capacité au Lac Azuéli.....	68
Figure 3.10. Variation diurne de l'énergie éolienne en facteur de capacité au Lac Azuéli.....	68
Figure 3.11. Profil de déchets solides municipaux en Haïti	78
Figure 4.1. Production, consommation et pertes d'électricité en Haïti, 1971–2010.....	84
Figure 4.2. Estimations des coûts de raccordement au réseau en Haïti.....	88
Figure 4.3. Variabilité diurne du vent sur les six zones haïtiennes	92
Figure 4.4. Variabilité saisonnière du vent sur les six zones haïtiennes	93
Figure 4.5. Variation saisonnière et diurne de l'énergie solaire à Les Cayes.....	94
Figure 4.6. Variabilité saisonnière de l'hydroélectricité en Haïti.....	95
Figure 5.1. Projections pour la demande d'électricité en Haïti, 2010-2030	109
Figure 5.2. Projections pour la demande maximale d'électricité en Haïti, 2010 – 2030	110
Figure 5.3. Demande d'énergie et production selon tous les scénarios, 2013–2030.....	112
Figure 5.4. Demande maximale et capacité installée dans le scénario 4	113
Figure 5.5. Analyse de la charge horaire dans le scénario 1	116
Figure 5.6. Analyse de la charge horaire dans le scénario 2	117
Figure 5.7. Analyse de la charge horaire dans le scénario 3	117
Figure 5.8. Analyse de la charge horaire dans le scénario 4	118
Figure 6.1. Coût moyen actualisé de l'électricité pour Haïti (coûts d'investissement, coûts d'opération et maintenance, et coûts en carburant)	122
Figure 6.2. CCE d'Haïti et les coûts externes (pollution atmosphérique locale et changement climatique)	127
Figure 6.3. Projection du CCE d'Haïti pour 2030.....	129
Figure 6.4. CCE moyen en 2030 selon tous les scénarios	130
Figure 6.5. CCE moyen annuel pour tous les scénarios	131
Figure 6.6. Coûts et économies cumulatifs en combustible d'ici 2030 selon tous les scénarios.....	133
Figure 6.7. Total des coûts annuels de production d'électricité pour chaque scénario	134

Figure 6.8. Investissement total, coût de production et économies à l’horizon 2030 suivant tous les scénarios	134
Figure 6.9. Projection des émissions annuelles de gaz à effet de serre pour tous les scénarios, 2015–2030	136
Figure 6.10. Émissions cumulées d’équivalent CO ₂ à l’horizon 2030 selon tous les scénarios.....	137
Figure 6.11. Emplois directs dans la chaîne de valeur du cycle de vie des centrales électriques.....	138
Figure 6.12. Estimation de création d’emploi mondiale pour diverses sources de production d’énergie	138
Figure 6.13. CCE et estimations de création d’emplois pour diverses sources de production d’énergie	139
Figure 6.14. Total d’emplois créés d’ici 2030 selon tous les scénarios.....	140
Figure 7.1. Impacts des taux d’intérêt sur les coûts de financement pour un parc éolien à l’échelle utilitaire	148
Figure 7.2. Activités de subvention par secteur pour la relèvement à la suite de séisme.....	157
Figure A-1. Moyenne annuelle de l’EHG et de l’END à Cul-de-Sac	197
Figure A-2. Variabilité saisonnière et journalière de l’EHG et de l’END dans le Cul-de-Sac	198
Figure A-3. Moyenne annuelle de l’EHG et de l’END à l’Île de la Tortue	199
Figure A-4. Variabilité saisonnière et journalière de l’EHG et de l’END à l’Île de la Tortue	199
Figure A-5. Moyenne annuelle de l’EHG et de l’END au Parc Sonapi	201
Figure A-6. Variabilité saisonnière et journalière de l’EHG et de l’END à Parc Sonapi	201
Figure A-7. Moyenne annuelle de l’EHG et de l’END à Péligre	203
Figure A-8. Variabilité saisonnière et journalière de l’EHG et de l’END à Péligre	203
Figure A-9. Moyenne annuelle de l’EHG et de l’END à Port-de-Paix	205
Figure A-10. Variabilité saisonnière et journalière de l’EHG et de l’END à Port-de-Paix	205
Figure A-11. Vitesse Moyenne du Vent à La Gonâve	208
Figure A-12. Variation saisonnière du facteur de capacité à La Gonâve.....	208
Figure A-13. Variation diurne du facteur de capacité à La Gonâve	209
Figure A-14. Vitesse moyenne du vent à Môle-Saint-Nicolas	209
Figure A-15. Variation Saisonnière du Facteur de Capacité à Môle-Saint-Nicolas.....	210
Figure A-16. Variation diurne du facteur de capacité à Môle-Saint-Nicolas.....	210
Figure A-17. Vitesse moyenne du vent à Morne-à-Cabrit	211
Figure A-18. Variation saisonnière du facteur de capacité à Morne-à-Cabrit	212
Figure A-19. Variation diurne du facteur de capacité à Morne-à-Cabrit	212
Figure A-20. Vitesse moyenne du vent à Morne Vent	213
Figure A-21. Variation saisonnière du facteur de capacité à Morne Vent.....	214
Figure A-22. Variation diurne du facteur de capacité à Morne Vent.....	214
Figure A-23. Vitesse Moyenne du Vent à Tiburon	215
Figure A-24. Variation saisonnière du facteur de capacité à Tiburon.....	215
Figure A-25. Variation diurne du facteur de capacité à Tiburon.....	215
 Tableau 1.1. Vue générale de la flotte existante de la centrale électrique d’Haïti.....	29
Tableau 1.2. Prix de l’électricité en Haïti, 2012	31
Tableau 1.3. Plus grands projets existants et prévus d’énergie renouvelable d’Haïti	32
Tableau 2.1. Consommation d’électricité résidentielle en Haïti, par type d’appareil	47
Tableau 2.2. Énergie potentielle et économie à partir du changement de technologie d’éclairage en Haïti	50
Tableau 2.3. Économies provenant de l’installation des équipements d’efficacité énergétique dans les hôtels des Caraïbes	53

Tableau 3.1. Rendement potentiel brut annuel des modules solaires PV dans les six zones haïtiennes ..	63
Tableau 3.2. Effets du vent et de la température sur les rendements des modules solaires photovoltaïques dans les six zones haïtiennes	64
Tableau 3.3. Vitesse moyenne du vent et facteur de capacité dans les six zones haïtiennes	69
Tableau 3.4. Résumé du potentiel d'énergie éolien en Haïti.....	70
Tableau 3.5. Résumé du potentiel hydroélectrique en Haïti.....	72
Tableau 3.6. Potentiel hydroélectrique dans le département de l'Ouest	73
Tableau 3.7. Potentiel de cogénération de bagasse de canne à sucre en Haïti.....	75
Tableau 3.8. Potentiel de déchets solides municipaux en Haïti	78
Tableau 4.1. Projets en cours d'amélioration du réseau en Haïti.....	85
Tableau 4.2. Résumé de la variabilité saisonnière de l'énergie renouvelable en Haïti	96
Tableau 4.3. Scénarios pour l'alimentation en Haïti, 2009–2028	98
Tableau 4.4. Options technologiques de stockage d'énergie	100
Tableau 5.1. Scénarios de Worldwatch pour une transition d'énergie renouvelable en Haïti en 2030 ..	111
Tableau 6.1. Émission de dioxyde de carbone et intensité d'émission de 15 pays de la Caraïbes, 2009	126
Tableau 7.1. Indicateurs de sélection des entreprises et de compétitivité économique pour Haïti	147
Tableau 7.2. Développement du marché financier en Haïti classement dans le GCI	150
Tableau 7.3. Projets d'assistance technique sélectionnés et financés internationalement en Haïti	155
Tableau 7.4. Exemple de mécanismes de réduction des risques pour les projets d'énergie renouvelable	160
Tableau 7.5. Termes de financement de PetroCaribe	161
Tableau 7.6. Comparaison des modèles de mini-réseaux d'entreprises	165
Tableau 8.1. Plans du secteur de l'électricité et objectifs correspondants	169
Tableau 9.1 Prochaines étapes pour une transition haïtienne vers les énergies durables	191
 Tableau A–1. Les mesures clés de l'irradiation et leur application à l'analyse des ressources solaire....	195
Tableau A–2. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Sud-Est	207
Tableau A–3. Sites à haut potentiel hydroélectrique de la Grand-Anse.....	207
Tableau A–4. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Nippes	208
Tableau A–5. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Nord-Ouest.....	208
Tableau A–6. Sites à haut potentiel hydroélectrique du Sud	208
Tableau A–7. Institutions internationales ayant le potentiel de financer des projets d'énergie durable	210
 Encadré 2.1. Fournir des réchauds efficaces et des alternatives au charbon de bois	42
Encadré 2.2. Les options d'éclairage pour Haïti	49
Encadré 2.3. Toits rafraichissants pour Haïti	52
Encadré 3.1. Les mesures clés de l'irradiation et leur application à l'analyse des ressources solaires	59
Encadré 4.1. Défis techniques et solutions associées à la production décentralisée	85
Encadré 7.1. Financer des projets énergétique à petite échelle à faible émission de carbone avec le financement climatique international	158
Encadré 7.2. Modèles d'entreprises normalisés pour des mini-réseaux en milieu rural	164
Encadré 8.1 Régimes de subvention pour les programmes d'électrification	185
 Étude de cas 1. Autoproduction de l'énergie solaire en Haïti : l'Hôpital Universitaire de Mirebalais	
Étude de cas 2. Évaluation zonale des Cayes	

Étude de cas 3. Évaluation zonale du Lac Azuéi

Étude de cas 4. La capacité d'intégration éolienne et solaire dans la grille d'Oahu, Hawaï

Étude de cas 5. Potentiel de stockage de l'eau de mer par pompage hydroélectrique

Étude de cas 6. Garanties partielles pour les systèmes solaires photovoltaïques intégrés aux poulaillers en Jamaïque

Étude de cas 7. Meilleures pratiques pour les initiatives d'électrification rurale et leur applicabilité en Haïti

Avant-propos

Avec leur doux sable blanc et leurs mers cristallines, leurs cocotiers ondulants et leur ciel lumineux, les îles de la Caraïbe sont souvent assimilées au paradis. Cependant, ces pays ont tous du mal à atteindre l'offre énergétique idéale apte à satisfaire les besoins de leur population.

La disponibilité de l'Energie représente un enjeu crucial pour la plupart des pays du monde. À plus forte raison, elle est d'une absolue nécessité pour les petits pays en voie de développement, constituant un moteur de croissance économique et contribuant au bien-être social. Dans ces pays, la difficulté est aggravée quand un effort particulier est dévolu à l'intégration des sources et technologies propres d'énergies renouvelables en majorité. Pour les petits états insulaires, il y a une bénédiction mitigée : la pénurie de ressources énergétiques conventionnelles (fossiles) est, d'une certaine façon, compensée par une abondance en ressources énergétiques renouvelables. Cette situation devrait être exploitée.

Dans le cas d'Haïti, des défis additionnels se dressent face à l'objectif de satisfaire les besoins énergétiques résidentiels, institutionnels, commerciaux et industriels. Les questions d'accessibilité, de disponibilité, de qualité et de coût doivent être adressées, tandis que des efforts additionnels doivent être mis en œuvre pour mitiger tout effet néfaste sur la santé humaine et la préservation écologique. Les difficultés comprennent : un cadre légal inadéquat, une réserve insuffisante de personnel technique, l'ingérence politique, l'instabilité sociale, de maigres ressources financières et des incitations fiscales insuffisantes.

L'étude qui suit examine les options d'intégration des ressources renouvelables autant que possible dans la matrice énergétique du pays, avec emphase sur les plus appropriées pour l'état insulaire. Ce modèle a été préalablement appliqué à d'autres pays similaires. Pour chacun d'eux, les meilleures formes de ressources ont été identifiées et une feuille de route est proposée pour la mise en œuvre. La meilleure option pour Haïti comprend : l'hydroélectricité, l'énergie solaire, les ressources éoliennes, la biomasse et les biocarburants.

Une Feuille de route pour le développement durable des énergies renouvelables en Haïti doit être considérée parallèlement à des options conventionnelles d'énergie. Toutefois, l'intégration du renouvelable pourra certainement apporter au pays l'élan du développement, avec une réduction certaine du lourd fardeau financier de l'importation. Pour Haïti et d'autres petits états insulaires, une feuille de route pour l'utilisation optimale des Énergies renouvelables pourrait représenter précisément la voie vers leur paradis...

René Jean-Jumeau
Ministre Délégué chargé de la Sécurité Énergétique, Haïti
Port-au-Prince, Août 2014

Préface

Il n'existe guère d'endroit au monde où les avantages des énergies renouvelables et leur potentiel national sont aussi évidents qu'en Haïti. À l'heure actuelle, le système électrique haïtien dépend largement d'une infrastructure vieillissante et de génératrices à carburants fossiles polluantes, dispendieuses et peu fiables. Le pays fait donc face à deux défis intimement liés. Premièrement, il doit développer les infrastructures nécessaires à l'approvisionnement en énergie des trois quarts des Haïtiens qui vivent actuellement sans accès à un service d'électricité moderne. Deuxièmement, le pays doit diversifier ses sources d'énergie afin d'améliorer la sécurité énergétique ainsi que la résistance aux catastrophes naturelles et aux changements climatiques.

Haïti dépense chaque année environ 7 % de son produit intérieur brut à l'étranger afin d'importer des combustibles fossiles, limitant le capital pouvant être investi au pays et exposant Haïti à un marché mondial volatil et à la hausse des prix du carburant. Un régime de pluies imprévisible et un envasement grandissant créé par la déforestation menacent la production hydroélectrique et accentuent l'urgent besoin d'une diversification des sources d'énergie. Le système actuel est également vulnérable aux catastrophes naturelles, comme le tremblement de terre de 2010 et les quatre tempêtes violentes qui ont frappé le pays en 2008. L'on prévoit que les changements climatiques augmenteront la fréquence et l'intensité de tels phénomènes.

En l'absence d'un réseau centralisé, il est possible pour Haïti de passer outre le développement énergétique conventionnel et d'accéder à une électrification qui exploite les multiples ressources énergétiques du pays : la biomasse, les petites centrales hydroélectriques, l'énergie solaire et l'éolien. Les consommateurs finaux bénéficient déjà des systèmes solaires et des mini-réseaux exploités à l'échelle domestique et ces systèmes peuvent, avec le temps, être intégrés aux réseaux régionaux.

L'accès à une énergie abordable, fiable et durable est essentiel au développement humain. Cette Feuille de Route pour une Énergie Durable en Haïti, conçue en partenariat avec le Bureau haïtien du ministre délégué auprès du premier ministre chargé de la sécurité énergétique, explore les considérations pour la mise en place d'un système électrique durable, qui reposera sur les ressources énergétiques du pays et sera en mesure d'offrir des services d'électricité modernes à tous les Haïtiens. Cet ouvrage évalue le potentiel des énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et les solutions en matière de réseau; analyse les impacts socio-économiques des différentes voies de développement électrique; explore les possibilités de financement; et suggère des réformes politiques et institutionnelles qui rendront plus attrayants les investissements en énergies durables.

Haïti a déjà démontré sa volonté de fournir une énergie plus diversifiée et durable. Nous continuerons de soutenir le gouvernement et la société civile dans leur démarche. Cette feuille de route est dédiée aux citoyens d'Haïti et à tous ceux – professionnels du domaine énergétique, décideurs, entrepreneurs, consommateurs et universitaires – qui ont gracieusement offert leur temps et leur expertise afin de soutenir ce projet. Il est maintenant temps de passer de la planification à l'action!

Alexander Ochs
Directeur du Climat et de l'Énergie, Worldwatch Institute
Berlin, Novembre 2014

Remerciements

Worldwatch Institute aimerait remercier l'Initiative internationale pour le climat du ministère de l'Environnement de l'Allemagne, dont l'aide financière a rendu ce rapport possible. Nous sommes également profondément reconnaissants du soutien de nos partenaires du Bureau haïtien du ministre délégué auprès du premier ministre chargé de la sécurité énergétique, en particulier René Jean-Jumeau.

Les auteurs aimeraient remercier Nicolas Allien, Marc Archer, Galvin Clancey, Jean Fanfan Jourdain, René Jean-Jumeau, Andrew Morton et son équipe au Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Francis Mitchell, Réginald J. Noël et Lesly Theard pour leurs révisions approfondies et leurs points de vue sur le rapport. Les participants à nos entrevues et ateliers de consultation à Port-au-Prince ont également formulé de précieux commentaires. Les observations et perspectives de tous les participants ont grandement contribué à la qualité de cet ouvrage.

Les renseignements exceptionnels de 3TIER sur les ressources solaires et éoliennes forment un élément essentiel de ce projet. Nous sommes redevables à Pascal Storck, Craig Husa, Cameron Potter, Gwen Bender et Charlie Wise pour leur professionnalisme, leur soutien et leur aide.

Chez Worldwatch, nous aimerions remercier Antoine Ebel, Shakuntala Makhijani, Evan Musolino et Reese Rogers pour leurs précieuses révisions et contributions. Supriya Kumar et Gaëlle Gourmelon ont prêté main-forte aux activités de communication et de prises de contact, alors que Barbara Fallin et Mary Redfern ont apporté un soutien administratif et institutionnel essentiel. L'excellente révision de Lisa Mastny, rédactrice principale de Worldwatch, et le travail de mise en page du concepteur Lyle Rosbotham ont permis d'assurer l'élégance du produit final.

Enfin, nous aimerions remercier les nombreux experts et professionnels qui ne peuvent être nommés ici mais qui ont soutenu ce projet de diverses façons : en partageant leurs idées, en nous donnant accès à certaines données ou en encourageant nos efforts tout au long du parcours.

Résumé analytique

Nous sommes à un moment critique du développement du système énergétique haïtien : le secteur de l'électricité du pays souffre de faibles taux d'accès, de services de piètre qualité et de capacités inadéquates, se trouve à la croisée des chemins. Seulement 25 % de la population a accès à l'électricité, ce qui constitue un obstacle majeur à l'amélioration de la santé humaine, du développement économique, de l'égalité des sexes, de l'équité sociale et de l'éducation. Les services d'électricité se concentrent à Port-au-Prince et dans les environs, et même là ils demeurent précaires. Ceux qui y ont accès se voient approvisionnés en moyenne de cinq à neuf heures par jour.

Haïti est dépendante de l'importation de pétrole pour 85 % de l'électricité qu'elle génère, rendant le pays vulnérable à la montée du prix des combustibles et l'obligeant à consacrer une portion considérable de son produit intérieur brut annuel à l'importation de carburant néfaste pour la santé humaine et l'environnement. En 2011, l'électricité gaspillée par des inefficacités techniques et celle consommée par des Haïtiens ne pouvant ou ne voulant pas payer représentaient le deux tiers de la production totale, posant un défi immense à la viabilité financière du secteur.

Dans cette *Feuille de Route pour une Énergie Durable en Haïti*, Worldwatch Institute a travaillé en partenariat avec le Bureau haïtien du ministre délégué auprès du premier ministre chargé de la sécurité énergétique afin d'évaluer les aspects techniques, socio-économiques, financiers et politiques liés à la mise en place d'un système énergétique durable. Diverses possibilités existent pour l'amélioration des services et l'élaboration d'un système d'électricité qui soit durable d'un point de vue économique, social et environnemental. Haïti possède des ressources énergétiques renouvelables en abondance, y compris l'énergie solaire, éolienne et la biomasse moderne, ainsi qu'un nombre grandissant de professionnels des énergies renouvelables. Le gouvernement s'est engagé à diversifier les sources énergétiques du pays et à user davantage d'énergies renouvelables.

Bien qu'Haïti n'ait pratiquement pas contribué à la hausse mondiale des émissions de gaz à effet de serre, il reste toutefois l'une des nations les plus vulnérables aux répercussions des changements climatiques. La création d'un secteur électrique à faible émission exploitant les ressources renouvelables nationales améliorerait le taux d'accès, la sécurité énergétique et répondrait à plusieurs autres besoins humains et sociaux. Un tel secteur électrique à faibles émissions et à l'abri des changements climatiques pourrait également servir de modèle de développement aux autres Petits États Insulaires en Développement.

Améliorer l'efficacité énergétique

En raison du coût élevé de l'électricité en Haïti, les pertes à la fois techniques et non techniques considérables et la demande latente, l'amélioration de l'efficacité énergétique pourrait engendrer des économies de coûts considérables pour le pays. Il est crucial de produire de l'énergie de manière plus efficace et de réduire les pertes sur le réseau, deux aspects pour lesquels Haïti ne répond pas aux normes internationales. Étant donné que seulement 63 % de la capacité installée est opérationnelle, une amélioration de l'efficacité et des projets de rénovation des centrales électriques existantes permettraient d'améliorer la production et de réduire les coûts énergétiques dans une perspective à court et moyen terme. L'inefficacité et la saturation du réseau entraînent des pertes techniques et non techniques considérables lors de la transmission et de la distribution, pertes évaluées à environ 66 % de la production totale en électricité. De ces « pertes », quelque 70 % sont attribuables à une combinaison

de connexions illégales et à la capacité limitée d'Électricité d'Haïti (EDH) de percevoir les factures. Dans l'ensemble, EDH ne recouvre que 22 % de ses coûts de production, imposant un fardeau fiscal important au service public et limitant les ressources disponibles pour assurer l'entretien des infrastructures actuelles. Afin de résoudre ces problèmes, il sera nécessaire de renforcer le système de réseau, de réformer la structure tarifaire, d'améliorer le comptage et de mettre en œuvre une législation contre le vol d'électricité.

Des améliorations liées à la consommation peuvent également engendrer des économies énergétiques considérables, par exemple en ayant des normes de consommation pour certains secteurs et appareils électroménagers. Comme plus de 40 % de la consommation d'électricité provient du secteur industriel, des mesures visant à améliorer l'efficacité dans ce secteur joueront un rôle clé dans l'amélioration de l'efficacité globale, en plus de stimuler le développement économique. En 2010, chacun des 23 fabricants de textiles autorisés en Haïti possédait sa propre génératrice sur place. En encourageant la production d'énergie renouvelable sur place et une efficacité accrue, nous pourrions réduire les coûts et améliorer la fiabilité pour les consommateurs industriels, donnant lieu à une plus forte concurrence. En ce qui concerne le secteur résidentiel, des systèmes de ventilation naturels et des toits rafraîchissants offrent des solutions abordables et très efficaces, permettant de réduire le besoin de climatisation dans les secteurs commercial, résidentiel et public. Pour les normes en matière d'électroménagers, l'on devrait cibler les dispositifs/appareils ayant un impact significatif tels que l'éclairage, la réfrigération et les téléviseurs, d'autant plus qu'ils sont de plus en plus courants. Il est évalué que l'utilisation d'ampoules LFC et DEL permettrait de réduire la consommation totale d'électricité du pays de 9 à 10 %. L'amélioration de l'efficacité dans le secteur hôtelier et touristique, en pleine expansion, représente une occasion exceptionnelle et largement inexploitée de réduire les coûts énergétiques. L'adoption de mesures d'efficacité énergétique dans le domaine hôtelier permettrait d'économiser environ 7 gigawatt-heures (GWh) et 5,1 kilotonnes de dioxyde de carbone (CO₂) par année. Nous suggérons également un code de la construction afin de réduire la consommation d'électricité.

Exploiter les sources d'énergie renouvelable

Bien que l'amélioration de l'efficacité énergétique permettra de combler l'écart croissant entre l'offre et la demande, de nouvelles capacités de production seront nécessaires afin de répondre aux besoins énergétiques du pays à court et à long terme. Haïti possède un excellent potentiel en énergies renouvelables. Les technologies renouvelables présentement disponibles pourraient produire plus d'électricité que le pays n'en consomme. Les ressources solaires sont particulièrement supérieures et relativement constantes tout au long de l'année. Une installation de panneaux photovoltaïques (PV) de 6 kilomètres carrés pourrait produire la même quantité d'électricité que celle générée dans l'ensemble du pays en 2011. Une production décentralisée et axée sur des installations PV à l'échelle domestique et commerciale joue déjà un rôle de plus en plus important en Haïti, et elle est loin d'avoir atteint son plein potentiel. De grands consommateurs d'énergie tels que l'Hôpital de Mirebalais sont en train de démontrer qu'il est possible de subvenir à des besoins d'envergure en matière d'électricité par l'entremise de l'énergie solaire et de rediriger l'énergie excédentaire vers le réseau local.

Plusieurs sites en Haïti possèdent un potentiel éolien extrêmement élevé. Bien que ce potentiel varie au cours de la journée et de l'année, plusieurs sites – en particulier le Lac Azuéi à l'est de Port-au-Prince – pourraient soutenir une production énergétique éolienne qui soit économique, et ce même lorsque les vitesses de vent sont relativement faibles. Avec seulement quelques parcs éoliens de moyenne envergure, le Lac Azuéi pourrait produire la même quantité d'électricité présentement produite en Haïti.

En développant des centrales hydroélectriques de petite et moyenne envergure, Haïti pourrait ajouter au minimum 102 mégawatts (MW) à sa puissance maximale, lui permettant de produire jusqu'à 896 GWh d'électricité chaque année. Parmi les sites les plus prometteurs, plusieurs sont situés près de Port-au-Prince, ce qui permettrait d'approvisionner une population considérable à un coût relativement faible.

La production moderne de biomasse présente également d'autres possibilités. Haïti pourrait installer une capacité additionnelle de 10 à 14 MW grâce à la production combinée de bagasse, ce qui permettrait de produire jusqu'à 7 % de la production totale du pays en 2011 tout en réduisant la quantité de déchets agricoles. Lorsque l'on considère la dégradation des sols au pays, le jatropha représente une occasion de remplacer la demande en charbon de bois sans déplacer les cultures vivrières. Si Port-au-Prince parvenait à améliorer son niveau de collecte des déchets à 40 %, la ville pourrait générer assez de déchets solides pour alimenter une centrale de 12 MW.

Bien que les ressources géothermiques du pays ne soient pas adaptées à la production électrique, les systèmes de réfrigération géothermique pourraient être utilisés dans les immeubles du gouvernement et dans les hôtels. Les technologies d'exploitation de l'énergie marine, par exemple la conversion de l'énergie thermique des vagues, des marées ou des océans, sont relativement coûteuses à l'heure actuelle, mais pourraient avoir un rôle à jouer à l'avenir.

Construire des réseaux électriques fiables et abordables

Haïti ne possède pas de réseau électrique à l'échelle nationale, ce qui représente certains défis tout en ouvrant d'autres perspectives. Les neuf réseaux isolés d'Haïti, qui couvrent la majorité des grands centres urbains dont Port-au-Prince, Saint-Marc, Jacmel, Les Cayes et Cap-Haïtien, ont besoin d'être considérablement améliorés afin de réduire les pertes lors de la transmission et d'augmenter le nombre de personnes et d'entreprises desservies. Bien que le manque d'infrastructures actuel rende difficile l'extension des réseaux existants, cette situation signifie également que le pays n'est pas soumis à un seul et unique système. Un modèle alternatif de systèmes d'électricité décentralisés, élaborés selon les ressources locales, pourrait permettre au pays de briser les étapes conventionnelles du développement énergétique. Une stratégie qui se concentre sur une production nationale et décentralisée aurait certainement un impact beaucoup plus immédiat sur la vie des populations qui n'ont présentement accès à aucun réseau.

L'usage de mini-réseaux exploitant les ressources renouvelables, combiné à des systèmes solaires photovoltaïques sur les toits des maisons et des bâtiments commerciaux, peut améliorer l'accès tout en réduisant les inefficacités dues aux pertes du réseau. Les défis technologiques associés à la production décentralisée, tels que l'îlotage involontaire et les fluctuations du voltage, peuvent être abordés à l'aide de technologies qui ont fait leurs preuves, de normes opérationnelles et des meilleures pratiques en matière de réglementation. Un système électrique décentralisé exploitant les ressources énergétiques renouvelables sera mieux à même de résister aux tremblements de terre et aux conséquences des changements climatiques, y compris l'intensité accrue des tempêtes tropicales (Haïti étant particulièrement vulnérable à ce niveau) et les périodes de sécheresse prolongées.

Les centrales à combustion fossile ou diesel actuelles pourraient être exploitées ou éteintes rapidement en fonction des fluctuations de la production solaire et éolienne. L'intégration de différentes sources d'énergies renouvelables telles que l'hydroélectricité, l'énergie solaire et l'énergie éolienne, dispersées géographiquement, permettrait de réduire davantage les problèmes de fluctuation et de régulariser les

variations quotidiennes et saisonnières. En Haïti, les énergies solaire et éolienne se complètent bien, quoiqu'une planification intégrée et intelligente des ressources serait nécessaire, et plus particulièrement en hiver, afin d'assurer un approvisionnement constant. Les sources d'énergie de base, c.-à-d. celles issues des biomasses, des déchets et des ressources hydroélectriques, peuvent être combinées à la capacité issue des énergies renouvelables afin d'assurer la fiabilité de l'approvisionnement en tout temps, y compris durant les heures de pointe. Les gaz naturels liquéfiés pourraient également s'avérer un complément aux ressources renouvelables, bien qu'ils ne sauraient être exploités aux dépens des technologies renouvelables.

Bien qu'une interconnexion potentielle avec la République dominicaine puisse améliorer la sécurité énergétique et développer le marché de l'électricité dans les deux pays, elle représente également des défis technologiques et sociaux qui nécessitent de plus amples analyses. Des discussions sur cette possibilité devraient se poursuivre, d'autant plus que la région des Caraïbes étudie les possibilités pour une plus grande interconnectivité.

Évaluer les répercussions socioéconomiques des scénarios d'électrification alternatifs

Si les améliorations nécessaires au réseau et les développements en matière de production décentralisée sont mis en œuvre, les énergies renouvelables pourront assurément répondre à plus de 90 % de la demande en électricité d'Haïti, tout en réduisant les coûts énergétiques. Cette feuille de route présente plusieurs scénarios visant le développement des sources d'énergie renouvelables d'ici 2030.

Au final, l'investissement dans de nouvelles centrales au charbon limiterait les sources d'énergie renouvelable pouvant être intégrées au système. Les centrales au gaz naturel ou au pétrole représentent des solutions plus flexibles car elles possèdent des vitesses de montée plus rapides et des niveaux d'exploitations minimums inférieurs, facilitant l'intégration de plus grandes installations en énergie renouvelable. Bien que le gaz naturel liquéfié puisse s'avérer un complément aux énergies renouvelables, l'ampleur des infrastructures requises pour rendre cette option économiquement viable pourrait faire obstacle au développement d'autres sources d'énergies renouvelables. Des investissements simultanés dans de nouvelles centrales exploitant le charbon, le gaz naturel et les ressources renouvelables réduiraient la quantité d'énergie renouvelable pouvant être intégrée au système et pourraient créer des inquiétudes concernant la rentabilité de plusieurs centrales.

L'évaluation des ressources techniques de cette feuille de route sert de fondement à la modélisation de 2013 à 2030 des coûts de production d'électricité pour les diverses sources énergétiques. Sur la base des conclusions de cette évaluation socio-économique, les énergies renouvelables en Haïti ont la capacité d'augmenter l'accessibilité, de diminuer les coûts en électricité, d'améliorer la sécurité énergétique, de diminuer le déficit commercial du pays, de créer des emplois et de réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution locale; tout cela pour des coûts négatifs. Une expansion par le statu quo ne saurait être possible en Haïti. L'option la plus coûteuse serait de répondre à la demande en augmentant la dépendance envers les combustibles fossiles, ce qui exposerait davantage l'économie haïtienne aux chocs de prix et freinerait d'autant plus la croissance.

L'hydroélectricité constitue présentement la source énergétique la plus abordable au pays (US \$0,05 par kWh). Les éoliennes et les appareils solaires photovoltaïques installés dans de bons endroits (≈ US \$0,11 par kWh) rivalisent entièrement avec l'énergie produite à partir du charbon, la source énergétique conventionnelle la plus abordable, même sans internaliser les coûts sociaux liés à l'utilisation de combustibles fossiles. L'on s'attend à une diminution accrue des coûts technologiques pour les énergies

renouvelables dans les années à venir; les installations solaires photovoltaïques produiront probablement l'énergie issue de sources renouvelables la plus abordable en 2020. À l'inverse, l'on s'attend à voir une augmentation des coûts opérationnels des centrales alimentées au pétrole, au gaz naturel et au charbon.

Si l'on prend également en compte les externalités négatives des combustibles fossiles sur la santé, l'environnement et les changements climatiques, les arguments en faveur des sources d'énergie renouvelable sont d'autant plus convaincants. Lorsque l'on inclut les coûts liés à la pollution locale et aux changements climatiques, il en coûte au moins 5 fois moins cher de produire un kWh avec une éolienne qu'avec une turbine de combustion alimentée au pétrole, et 4 fois moins cher qu'avec une génératrice diesel. Pour sa part, l'énergie produite à partir du charbon comporte d'énormes répercussions négatives en matière de pollution locale et de changements climatiques, triplant ses coûts de production.

La mise en place d'un système électrique alimenté presque exclusivement par des sources d'énergie renouvelable aurait plusieurs impacts positifs sur la société et devrait être une véritable priorité pour le développement. Un tel système permettrait de réduire le coût moyen de l'électricité de 0,25 à US \$0,10 par kWh, soit une économie de US \$0,15 par kWh. Selon notre scénario indiquant les meilleures économies de coûts, Haïti pourrait économiser jusqu'à US \$5,84 milliards d'ici 2030. Jusqu'à 1 870 emplois seraient également créés, la pollution de l'air et de l'eau serait réduite, la santé et l'éducation s'en trouveraient améliorés par un plus grand accès à l'électricité, et le pays se positionnerait en tant que chef de file de la lutte et de l'adaptation aux changements climatiques, voyant une réduction de ses émissions de gaz à effets de serre dans le secteur de l'électricité pouvant aller jusqu'à 22,2 millions de tonnes de CO₂ d'ici 2030.

Financer un système énergétique durable en Haïti

Bien qu'un système énergétique propre fondé sur des solutions réseau intelligentes, un haut rendement et des ressources renouvelables promette des avancées énormes en matière de développement, des investissements considérables seront nécessaires afin de mettre en place un tel système. Selon nos analyses de coûts, Haïti pourrait produire 90 % de son électricité à partir d'énergie renouvelable d'ici 2030 avec moins de US \$7 milliards d'investissement entre 2013 et 2030. Cependant, un nombre de facteurs implicites, y compris les infrastructures nationales limitées, les propriétés foncières contestées, ainsi qu'une histoire marquée par l'instabilité politique, les désastres naturels et la précarité, contribuent à la réticence générale des acteurs internationaux envers l'investissement au pays. Haïti se classe très faiblement dans tous les principaux indices d'investissement, et le rapport Climatescome du BNEF classe le pays au 22e rang sur 26 pays de l'Amérique latine en terme de climat d'investissement dans les énergies vertes. Une perception de risque élevé envers les énergies durables elles-mêmes, bien que souvent non fondée, sert d'obstacle additionnel à l'investissement nécessaire.

À l'échelle nationale, le risque perçu et le manque de capacité institutionnelle et financière des banques haïtiennes contribuent aux taux d'intérêt élevés et à l'absence de prêts à long terme conçus spécifiquement pour les projets énergétiques durables. Le renforcement des ressources humaines doit aller de concert avec l'élaboration efficace de programmes de prêts si l'on veut espérer soutenir les investisseurs intéressés. Les institutions de microfinance existent, mais elles doivent être renforcées afin de s'adapter au secteur de l'énergie durable. Des partenariats avec des organisations financières ayant de l'expérience dans le secteur de l'énergie durable pourraient apporter un soutien financier, technique et humain aux institutions haïtiennes de micro-financement.

Dans le marché relativement restreint d'Haïti, il est parfois difficile de mettre en place un simple projet en énergie renouvelable dont l'ampleur permet aux investissements initiaux d'être rentables. En regroupant divers projets en énergies renouvelables ou en combinant un de ces projets à d'autres projets de développement en éducation, en santé ou en télécommunications, l'on peut réaliser de plus grandes économies d'échelle et ainsi réduire les coûts financiers tout en attirant davantage d'investissement privé.

La plupart des institutions privées de finance internationale n'accordent pas de prêt pour l'énergie durable en Haïti sans une garantie de l'État que le prêt sera remboursé. Des garanties de prêt et des améliorations significatives de la notation du secteur de l'électricité contribueraient à la stabilité du climat d'investissement. En veillant au recouvrement des producteurs par voie de tarifs d'électricité justes et à la réduction des pertes de transmission et de distribution, on pourrait augmenter la qualité du service énergétique et encourager les investissements dans les projets d'énergie durable. D'autres pays aux climats d'investissement relativement faibles ont réussi avec succès à attirer des investissements dans le secteur des énergies renouvelables, par exemple le Nicaragua, et l'étude de tels cas pourrait aider à en répéter le succès en Haïti.

Les ententes bilatérales et multilatérales d'aide au développement ciblent de plus en plus les projets liés à l'énergie renouvelable. Haïti devrait exploiter ces ressources lors de l'élaboration de ses programmes en efficacité énergétique et en énergie renouvelable. Le financement climatique, y compris le Green Climate Fund, le Clean Development Mechanism et le Nationally Appropriate Mitigation Actions, pourrait apporter un soutien majeur à la transition énergétique en Haïti. Le financement climatique pourrait également réduire le risque des investissements potentiels en remplaçant les garanties de l'État comme forme de sécurité d'investissement. De plus, les économies réalisées grâce au fonds PetroCaribe pourraient être utilisées afin d'octroyer des prêts à long terme et à faible taux d'intérêt pour des projets en énergie renouvelable.

Les membres de la diaspora haïtienne envoient chaque année plus de US\$ 1 milliard au pays. L'on estime que 10 à 25 % des transferts de fonds vers Haïti et la République dominicaine sont utilisés afin de payer pour une forme quelconque de combustible, principalement du kérosène et du pétrole. L'utilisation d'une partie des transferts pour financer des projets en énergie propre pourrait avoir un impact positif considérable, que ce soit par l'entremise d'associations de ville natale, de système de prêt en ligne ou d'un programme tel qu'Arc Finance. Une fois mis en commun, les transferts pourraient financer des mini-réseaux ou d'autres projets majeurs en énergie durable dans des communautés spécifiques, ou pourraient fournir l'effet de levier nécessaire afin d'attirer des investissements de plus grande envergure. La mise en place de modèles d'affaires avérés pour l'électrification rurale sera essentielle pour ériger un système énergétique durable partout en Haïti. Divers modèles d'affaires pour la mise en place et la gestion de mini-réseaux ont fait leurs preuves au niveau international et pourraient servir d'exemples importants pour le pays.

Mettre en œuvre des réformes politiques et institutionnelles

Bien que le renforcement des capacités et les solutions financières créatives puissent accroître les investissements dans les énergies durables, certains obstacles à la transition vers l'énergie durable en Haïti ne peuvent être surmontés qu'à l'aide de politiques et de réformes de la gouvernance. Le gouvernement haïtien devrait établir une vision à long terme qui énoncerait clairement son intention de développer un secteur énergétique efficace et durable, axé sur un modèle de production décentralisé,

et établir des cibles ambitieuses et obligatoires en matière d'énergie. Ce cadre d'action devrait tenir compte des besoins prévus et des cibles de croissance dans l'ensemble des secteurs économiques, du potentiel en matière d'énergie renouvelable et d'efficacité et des modèles économiques, y compris les coûts actualisés de l'électricité et les analyses de scénarios. Lorsque le cadre sera accepté d'un commun accord, il devra être explicite, exprimé clairement dans toutes les institutions gouvernementales concernées, en plus d'être intégré à toutes les politiques pertinentes.

Le gouvernement haïtien doit prendre des mesures et mettre en place des politiques concrètes concernant les entraves institutionnelles et réglementaires qui nuisent à l'expansion rapide de l'accès aux énergies durables. Il est essentiel de renforcer les capacités de l'EDH et dans les ministères liés au secteur énergétique. Le rôle du ministre délégué auprès du ministre pour la sécurité de l'énergie devrait être renforcé et tous les ministères concernés devraient participer à la planification énergétique afin d'en assurer la cohérence dans l'ensemble du gouvernement. Le gouvernement haïtien devrait mettre en place un pouvoir indépendant responsable de l'énergie, améliorer la surveillance du fournisseur national et des autres producteurs d'énergie et faciliter la transparence et la clarté des dispositions de toute entente entre ces deux partis. Les procédures d'autorisation laborieuses et dispendieuses pour les projets énergétiques devraient être rationalisées afin d'en réduire la durée et les coûts. Les bailleurs de fonds, les organisations et les acteurs internationaux devraient faire un effort concerté afin de mieux collaborer l'un avec l'autre et travailler de concert avec le gouvernement haïtien afin d'assurer que leurs priorités et leurs projets aillent de pair avec les besoins du pays en matière de développement, y compris les objectifs énergétiques.

Afin de s'attaquer au problème des taux d'électrification extrêmement faibles d'Haïti, le gouvernement devrait créer une Agence pour l'Électrification Rurale dédiée spécifiquement aux problèmes énergétiques ruraux. Ce bureau pourrait alléger le fardeau réglementaire d'EDH et surveiller la qualité du service dans des zones spécifiques afin de rendre les programmes d'électrification rurale et les entreprises rentables à long terme. En combinant l'électrification rurale et le développement de mini-réseaux à des activités génératrices de revenus, on peut rentabiliser le développement énergétique et soutenir directement le développement des économies locales. L'adoption du Code haïtien d'Investissement et des mesures du Centre de Facilitation d'Investissement afin d'encourager le développement des énergies renouvelables pourrait élargir encore davantage les possibilités de financement.

Haïti a besoin de réformer les politiques actuelles et, lorsque nécessaire, d'en créer de nouvelles afin de soutenir le développement des énergies durables. L'adoption de normes d'efficacité et de mesures incitatives fiscales afin de promouvoir les vérifications énergétiques dans les secteurs industriel et commercial agirait en faveur d'une consommation énergétique plus efficace. Le gouvernement haïtien devrait finaliser et mettre en application une loi révisée sur le vol d'électricité et devrait travailler de concert avec l'EDH et les sympathisants internationaux afin d'améliorer le comptage et le recouvrement des factures, plus particulièrement les grands consommateurs. Un programme de facturation nette pourrait être un autre instrument efficace, permettant d'encourager les grands consommateurs à rediriger vers le réseau l'électricité excédentaire qu'ils produisent. Les tarifs d'importation et les crédits d'impôt devraient être ajustés afin de favoriser l'énergie renouvelable et l'efficacité énergétique. Des mesures incitatives et des subventions ciblant spécifiquement l'électrification rurale et la réforme des politiques protectionnistes en matière de réseau constitueraient également des améliorations considérables.

Mise en œuvre de cette feuille de route

Le gouvernement haïtien, le secteur privé et la société civile ont reconnu le rôle important de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables et des solutions de réseau intelligent afin de réduire les coûts énergétiques, subvenir aux besoins humains essentiels, renforcer l'économie nationale et contribuer à un environnement plus sain. Le pays est maintenant à un point déterminant et doit concevoir un plan à long terme et mettre en place des mesures ciblées ainsi que des réformes basées sur des évaluations techniques rigoureuses et des analyses socio-économiques de développement alternatif. Cette Feuille de Route contient les informations nécessaires afin de créer un consensus national sur la marche à suivre la plus désirable en matière d'énergie. Afin de faire de cette transition une réalité, une liste de recommandations concernant les prochaines étapes est offerte en guise de conclusion.

	Court terme	Long terme
Effectuer des évaluations techniques additionnelles		
Évaluer les économies de coûts et les économies d'énergie potentielles pour des mesures dans les secteurs commerciaux et publics	●	
Vérifier le rendement énergétique de secteurs cibles : les industries de l'agro-entreprise, du textile et de tourisme hôtelier	●	
Effectuer des études de faisabilité pour des parcs éoliens photovoltaïques à l'échelle industrielle	●	
Pour le développement de l'énergie de biomasses telles que la canne à sucre, le café ou le riz : effectuer des évaluations exhaustives des impacts sur les ressources, l'environnement et la société	●	
Pour le développement de l'énergie solaire, de l'éolienne et de petites centrales hydroélectriques : effectuer des évaluations et des études de faisabilité pour une connexion potentielle au réseau	●	
Effectuer des études de faisabilité sur le terrain pour l'hydroélectricité par pompage		●
Évaluer la faisabilité d'une interconnexion avec la République dominicaine		●
Évaluer les ressources hydroélectriques nécessaires	●	
Identifier des possibilités de réaménagement pour les installations conventionnelles actuelles	●	
Renforcement de l'analyse socioéconomique		
Recueillir plus de données spécifiques aux centrales électriques (coûts en capital et en O&M, consommation spécifique de chaleur, gains d'efficacité et facteurs de capacité)	●	
Étudier les manières d'effectuer une transition vers les énergies renouvelables (en délaissant le charbon) tout en créant plus de possibilités d'emploi	●	
Recueillir plus de données propres au contexte haïtien par rapport aux impacts des centrales électriques sur l'environnement et la santé (par exemple : les polluants locaux, les émissions de gaz à effet de serre, l'utilisation de l'eau)	●	
Examiner les bénéfices socioéconomiques d'une production décentralisée et les faire connaître		●

Développer des modèles économiques adaptés à chaque communauté, et ce pour les types de production d'électricité les plus abordables		●
Renforcer les institutions financières et les mécanismes		
Étendre les campagnes d'information aux banques haïtiennes afin d'améliorer la perception du risque par rapport aux investissements en énergie durable	●	●
Se concentrer sur le financement des projets de remise à neuf	●	
Intégrer l'un à l'autre les projets en énergie durable, ou les incorporer à de plus grands projets de développement		●
Encourager le développement et le renforcement des programmes de micro-prêts qui se concentrent sur l'énergie durable		●
Permettre des garanties d'investissements en profitant des possibilités actuelles du financement de l'action climatique		●
Établir une stratégie nationale pour l'accès au financement de l'action climatique, y compris le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), le Mécanisme de Développement Propre et les Mesures d'Atténuation Adaptées au Pays		●
Regrouper les versements pour le financement de projets énergétiques		●
Rediriger une partie inutilisée du fonds pour le séisme aux projets d'énergie renouvelable	●	
Utiliser une partie de l'épargne intérieure issue de l'Entente PetroCaribe pour financer des projets d'énergie renouvelable à faible taux d'intérêt	●	
Travailler de concert avec les professionnels et les communautés, dans le but d'identifier et de dupliquer les modèles d'affaires évolutifs et prospères en matière d'électrification rurale		●
Mettre en place un cadre politique solide		
Formuler de façon unifiée et claire l'intention du gouvernement de se concentrer sur l'énergie durable et la production décentralisée	●	
Adopter officiellement des cibles ambitieuses en matière d'énergie durable qui soient fondées sur des recherches	●	
Mener une enquête auprès des grands secteurs afin d'identifier des objectifs de développement et les futurs besoins énergétiques; utiliser les résultats pour formuler une stratégie	●	●
Finaliser la politique énergétique nationale et l'adopter officiellement	●	
Établir une tribune pour le dialogue entre les institutions gouvernementales locales et nationales	●	
Adopter un cadre pour coordonner les investissements des organisations internationales		●
Créer une instance possédant des capacités suffisantes et un mandat clair pour la réglementation dans le secteur de l'électricité		●
Créer une agence de l'électrification rurale	●	

Améliorer la collecte de données et rendre publique l'information cruciale sur l'énergie		●
Rationaliser et faire connaître les exigences et les procédures pour le développement d'énergies renouvelables		●
Encourager la participation publique et fournir de l'information sur les questions d'énergie durable	●	●
Lorsque cela est économiquement viable, mettre en place des normes et des codes qui ciblent de bons rendements à faible coût et des solutions en matière de conservation de l'énergie	●	
Mettre en place des stimulants fiscaux afin d'encourager les principaux consommateurs à vérifier leur rendement énergétique	●	
Mettre en place des stimulants fiscaux afin de promouvoir l'importation et l'utilisation d'appareils éconergétiques	●	
Donner la priorité aux projets de distribution décentralisés qui encouragent la participation des collectivités locales et leur donne un sentiment d'être partie prenante du projet	●	●
Clarifier la loi concernant la relation entre les PEI et d'EDH		●
Normaliser le processus entourant les contrats d'achat d'électricité (CAE)	●	
Mettre en place un programme de facturation nette pour les principaux consommateurs énergétiques		●
Diminuer ou éliminer les tarifs douaniers pour l'importation de technologies et de composantes reliées à l'énergie durable	●	
Mettre en place des crédits d'impôt ciblés pour les centrales électriques utilisant des énergies renouvelables		●
Encourager les modèles qui tendent à impliquer le secteur privé au niveau de l'électrification rurale (par exemple : structures prépayées, programmes de location de matériel héliotechnique, tarifs appropriés pour les micro-réseaux ruraux, développement rural intégré)	●	●

1 Feuille de route pour Haïti vers l'énergie durable : contexte, objectifs et méthodologie

Principaux résultats

- Cette feuille de route pour un système énergétique durable dénombre les possibilités pour la création rapide d'une cadre énergétique propre et abordable. Elle évalue les potentiels techniques d'Haïti en matière d'efficacité, d'énergies renouvelables et des améliorations de la grille; les analyses des coûts socio-économiques et les avantages des différentes voies de développement de l'électricité; identifie les obstacles et les possibilités de financement de projets en énergie durable, et recommande les changements de politique et de réglementation institutionnelles pour savoir comment accélérer la création d'un système d'énergie propre et abordable.
- Le secteur de l'électricité en Haïti est dominé par l'importation de pétrole, 85 % de la production électrique du pays provenant de carburant à base de pétrole. Haïti dépense environ 7 % de son PIB pour l'importation de pétrole aux fins de production énergétique et de transport
- Pourtant, trois Haïtiens sur quatre n'ont pas accès à l'électricité, l'un des taux d'électrification les plus faibles au monde. La production d'énergie se concentre principalement dans la région métropolitaine de Port-au-Prince. Là encore, l'approvisionnement n'est pas fiable et les pannes sont fréquentes. À l'extérieur de la capitale, les taux d'électrification sont en moyenne aussi bas que 5 %.
- Les infrastructures électriques en Haïti sont vieillissantes et mal entretenues. L'inefficacité du réseau et les vols d'électricité causent des pertes de plus de 65 % de la production électrique du pays.
- La capacité opérationnelle totale de 244 MW installée en Haïti devra au moins doubler au cours de la prochaine décennie pour satisfaire à la demande prévue en énergie. Pourtant, malgré d'importantes subventions publiques, le fournisseur national Électricité d'Haïti (EDH) est fortement endetté, incapable d'investir dans les infrastructures nécessaires. L'amélioration de comptage, de facturation, et de la mise en œuvre sont des conditions préalables importantes pour la réforme du secteur électrique.
- Les tarifs résidentiels d'électricité en Haïti sont parmi les plus bas dans la région des Caraïbes, en raison des subventions gouvernementales élevées. Les tarifs élevés pour l'industrie, par contre, posent des défis importants pour le développement des entreprises.
- Les seules installations d'énergie renouvelable à l'échelle des services publics d'Haïti sont ses 30 MW d'exploitation de centrales hydroélectriques. La production d'énergies renouvelables hors réseau et les systèmes micro réseau existants dans le pays peuvent servir de modèles de faisabilité technique et de viabilité économique d'électricité distribuée. Le gouvernement haïtien a fait de l'énergie et de l'environnement deux de ses cinq priorités majeures. Le Plan de Développement du Secteur de l'Énergie 2007-2017 mentionne les systèmes solaires, éoliens, hydroélectriques et de bagasse comme sources potentiellement viables d'énergie renouvelable pour compenser la consommation de combustibles fossiles d'Haïti. Cependant, d'importants changements devront être apportés aux politiques afin de faire de ces intentions une réalité.
- L'appui international pour l'adaptation aux changements climatiques, leur atténuation et pour l'accès à l'énergie peut s'avérer une occasion pour Haïti de déployer des mesures d'efficacité énergétique et d'exploiter son potentiel en énergie renouvelable.
- Bien que la contribution d'Haïti aux émissions mondiales de carbone soit minime, Haïti est l'un des pays les plus vulnérables aux effets du changement climatique. La mise en place d'un secteur énergétique à

faibles émissions établirait Haïti en tant que leader de climat et fournirait la base pour un développement économique, social, et écologique durable.

L'accès à l'électricité est crucial pour presque tous les aspects du développement humain et économique. Le droit de toute personne d'accéder à une électricité abordable, fiable et durable qui élève le niveau de vie tout en favorisant la croissance économique, la préservation des ressources naturelles; la réduction et l'adaptation au changement climatique a été largement reconnue, notamment par l'Initiative de l'Énergie Durable Pour Tous des Nations Unies.¹

Haïti fait face à un énorme ensemble de critique, de défis interconnectés y compris une pauvreté généralisée, l'instabilité politique, la dégradation de l'environnement, les risques sanitaires et une grande vulnérabilité aux catastrophes naturelles et au changement climatique Cette feuille de route établit des stratégies concrètes pour la mise en place d'un système énergétique qui soit économiquement, socialement et politiquement durable, un système qui stimule la croissance économique, réduit la pauvreté, facilite les développements en santé et en éducation et qui permet à Haïti de s'adapter aux changements climatiques et d'en atténuer les effets.¹

Le chapitre 1 de ce rapport présente le contexte international et la méthodologie de cette Feuille de route. Il décrit le système d'électricité actuelle en Haïti et ses principaux défis, ainsi que le rôle crucial que le système d'énergie durable pourrait jouer en tant que fondement d'une économie qui répond aux besoins et aux aspirations tout en protégeant l'environnement et en favorisant une plus grande indépendance, sécurité et durabilité.

1.1 Haïti dans le contexte mondial de changements climatiques et de l'énergie durable

Aux Conférences des Parties à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) de 2009 et 2010 qui se sont tenues à Copenhague, au Danemark, et Cancún, au Mexique, les économies avancées se sont engagées à fournir aux pays en voie de développement US \$30 milliards en aide financière et technique pour l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation d'ici 2012, et US \$100 milliards par an en 2020.²² Ces efforts sont soutenus par la communauté internationale du développement, notamment la Banque mondiale, les banques régionales de développement et d'autres mécanismes internationaux et bilatéraux tant public que privé.

Ces engagements d'aide financière fondés sur des accords antérieurs y compris ceux qui sont faits lors de la Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques 2007 à Bali, en Indonésie. Selon le Plan d'action de Bali (communément connu sous le nom feuille de Route de Bali), les pays en voie de développement doivent tenir compte des « mesures d'atténuation adaptées au contexte national dans le cadre du développement durable, soutenues et rendues possibles par la technologie, le financement et le renforcement des capacités ». Les activités des pays en voie de développement, ainsi que le

¹ Cette Feuille de Route fait partie d'une série de Feuilles de Route pour l'Énergie Durable de Worldwatch. Certaines parties de l'analyse et du texte suivent un modèle semblable pour chaque Feuille de route, reflétant la base de connaissances et la méthodologie de l'Institut.

² Les renseignements sur les contributions des pays industrialisés à la soi-disante « Fast-Start Finance » sont disponibles à l'UNFCCC.

transfert de technologie et les efforts d'aide financière des pays industrialisés, doivent être mises en œuvre « d'une manière mesurable, communicable et vérifiable ».³

En tant qu'un petit État insulaire en développement (PEIS), Haïti fait partie d'un groupe de nations qui ont joué un rôle proactif dans les négociations internationales sur le climat. Lors de la conférence de Copenhague en décembre 2009, l'Alliance des petits États insulaires (AOSIS) a lancé une initiative de développement durable de l'énergie connu sous le nom des PEID DOCK, conçu comme une station d'accueil pour relier les secteurs énergétiques dans les PIED aux marchés mondiaux pour les finances, le carbone et les sources d'énergie durables. PEID DOCK engage PEID à collaborer pour développer les énergies renouvelables, les options d'efficacité et de rechercher des financements internationaux pour mettre en œuvre leurs stratégies énergétiques à faible émission de carbone.

En outre, le secrétaire général de l'ONU Ban Ki-moon a lancé l'initiative Énergie Durable pour Tous en 2012 avec trois principaux objectifs jusqu'en 2030 : « fournir un accès universel aux services énergétiques modernes; doubler le taux global d'amélioration de l'efficacité énergétique; doubler la part des énergies renouvelables dans le système énergétique mondial ».⁴ Cette feuille de route pour l'Énergie Durable offre à Haïti une voie claire pour atteindre ses objectifs et l'accès aux occasions en vertu de l'initiative.

Historiquement, les pays en voie de développement, et en particulier les PEID, ont contribué relativement peu à la crise climatique mondiale. Pourtant, ces nations sont profondément vulnérables aux impacts des changements climatiques, y compris les pénuries d'eau, la production alimentaire réduite, l'augmentation de l'intensité des tempêtes et la hausse du niveau des mers. Le *Cinquième Rapport d'Évaluation* du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), publié en 2013-2014, confirme que les émissions ininterrompues de gaz à effet de serre auront pour effet l'augmentation de la température mondiale, qui aura des répercussions considérables sur tous les aspects du système climatique ainsi et sur les écosystèmes et les communautés humaines.⁵ Les projets de rapport qui ont augmenté l'intensité des vents d'ouragan (de 5 à 10 % en 2050) et des augmentations liées à des ondes de tempête sont susceptibles dans l'océan Atlantique, ce qui pose une menace particulièrement importante pour les îles comme Haïti.⁶

En Haïti, les facteurs socio-économiques augmentent les menaces physiques. *L'Atlas des Changements Climatiques et des Risques Environnementaux* de Maplecroft pour l'année 2014 classe Haïti au quatrième rang mondial de vulnérabilité aux effets des changements climatiques, un produit de son exposition à des événements liés au climat, à la santé de la population, au statut éducatif et la capacité d'adaptation globale du pays.⁷ Cela souligne non seulement l'immense vulnérabilité d'Haïti, mais aussi les facteurs complexes et interdépendants qui doivent être abordés afin de répondre à la menace environnementale.

Émissions globales de gaz à effet de serre devraient monter en flèche au cours des prochaines décennies, sauf si de nouvelles approches sont adoptées pour développer les systèmes d'énergies à faibles émissions, de construction et de transport. La plupart des pays en voie de développement, y compris les PEID, ne disposent pas actuellement de technologies et politiques nécessaires pour poursuivre une alternative, impliquant des volumes d'émissions moins élevés.

En plus de s'attaquer aux changements climatiques, les stratégies de développement à faibles émissions peuvent offrir des avantages socio-économiques en profitant des ressources énergétiques renouvelables indigènes telles que l'énergie solaire, éolienne, hydraulique, de biomasse et géothermique, plutôt que

de dépendre des carburants fossiles importés. Les PEID peuvent servir comme vitrines idéales pour les stratégies de développement à faible émission de carbone en raison de la congruence de leurs intérêts économiques et la sécurité nationale avec l'agenda climatique, ainsi que de leurs dimensions relativement réduites et l'homogénéité de leurs économies. Avec un soutien adéquat, ils peuvent démontrer sur une petite échelle ce qui doit être fait globalement.

Les technologies énergétiques durables qui sont déjà concurrentielles, et celles qui sont censées le devenir dans les prochaines années, peuvent permettre une décarbonisation rapide de l'économie globale de l'énergie si elles sont déployées dans une stratégie intégrée.⁸ Les systèmes modernes d'énergie durable sont construits sur un degré élevé d'efficacité énergétique, une grande part de la palette énergétique et une structure de réseau solide et souple. Les composants clés supplémentaires à l'augmentation de la sécurité énergétique et l'économique comprennent la diversification des sources et des fournisseurs, une diminution du niveau des importations énergétiques, et une plus grande stabilité de l'infrastructure lors de catastrophes naturelles.

Comme la plupart des pays dans le monde, Haïti possède d'énormes ressources énergétiques renouvelables. Cependant, pour les exploiter, un cadre solide de politiques et des règlements est nécessaire. Stratégies énergétiques à faible émission de carbone nécessitent la mise en œuvre de solutions qui sont physiquement disponibles, économiquement viables et politiquement réalisables.

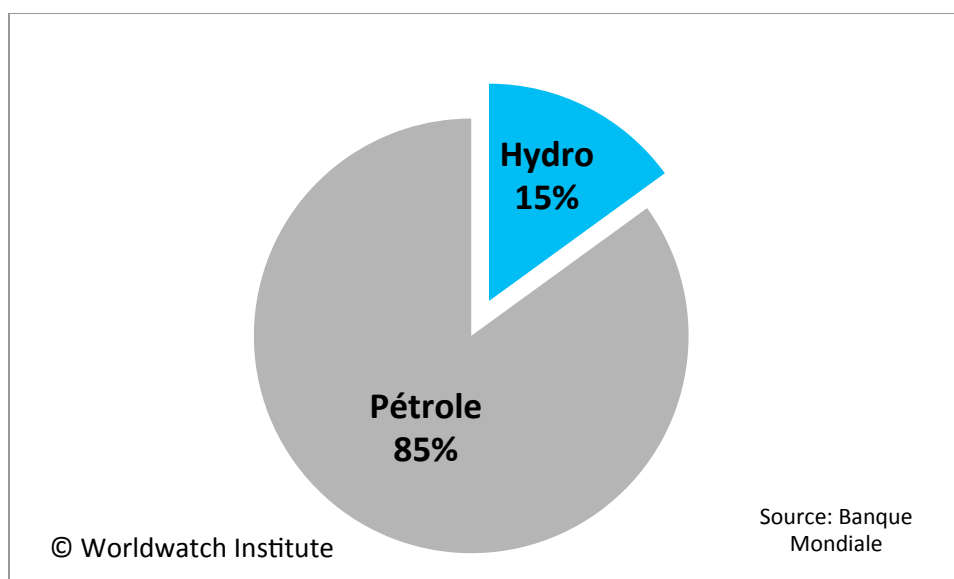
1.2 Système d'électricité actuel en Haïti

Contrairement à la plupart de ses voisins des Caraïbes, Haïti obtient la majorité de son énergie à partir de biomasses traditionnelles comme le charbon et le bois de chauffe, qui représentaient plus de 77 % de l'énergie primaire du pays en 2011.⁹ Bien que la majeure partie de la biomasse soit utilisée pour le chauffage domestique et la cuisine, elle est utilisée de plus en plus pour la production d'électricité. La deuxième source d'énergie la plus importante est le pétrole, utilisé pour la production d'électricité et le transport, suivi par l'énergie hydroélectrique. En l'absence de ressources internes, tous les carburants pétroliers sont importés, avec des importations totalisant quelque 691 000 tonnes d'équivalent pétrole (tep) en 2011.¹⁰³ Le secteur résidentiel draine la majorité de la consommation d'énergie (70 %), suivi des secteurs industriel (15 %) et du transport (13 %).¹¹

Dans le secteur électrique, le pétrole représente 85 % de la production sur le réseau, tandis que l'hydroélectricité comprend les 15 % restants.¹² (Voir figure 1.1.) Le réseau d'Haïti fait face à de graves défis. En 2009, plus de la moitié de la production totale d'électricité a été perdue pour des raisons techniques et non techniques, et ce chiffre est passé à environ 66 % en 2011.¹³ Le manque de fiabilité chronique incite de nombreuses usines et entreprises à produire l'électricité avec leurs propres générateurs diesel.

Figure 1.1. Production d'électricité par source, 2011

³Toutes les mesures présentées dans ce rapport sont fournies en unités métriques, sauf indication contraire.



Les estimations de la capacité électrique installée en Haïti varient entre 250 à 400 MW.¹⁴ Toutefois, une combinaison de manque d'entretien et équipement obsolète signifie que beaucoup de la capacité installée du pays est non opérationnelle.¹⁵ (Voir le tableau 1.1.) Avec une capacité opérationnelle installée de seulement 244 MW et une demande de puissance maximale comprise entre 250 et 500 MW environs, demande excéderait l'offre de manière significative, ce qui pose de graves problèmes pour la population du pays.¹⁶

Tableau 1.1. Vue générale de la flotte existante de la centrale électrique d'Haïti

Nom de l'unité	Localisation de l'unité	Propriétaire	Type de centrale	Capacité installée (MW)	Capacité d'exploitation (MW)
Varreux	PAP	EDH	Distillat	68	34
Carrefour	PAP	EDH	distillat	48	24
Péligre	PAP	EDH	hydro	54	26
Sogener	PAP (Varreux)	Sogener (IPP)	distillat	40	20
E-Power	PAP	IPP	fioul lourd	30	30
Centrale José Marti	Cap-Haïtien	IPP	Fioul lourd	15	15
Centrale Simón Bolívar	Gonaïves	IPP	Fioul lourd	15	15
Centrale Alexandre Pétion	Carrefour	IPP	Fioul lourd	30	30
Caracol	Caracol	IPP	Fioul lourd	10	10
Thermal en dehors du Département de l'Ouest	Provinces	—	distillat	72	36
Hydro en dehors du Département de l'Ouest	Provinces	—	hydro	8	4

Énergie solaire à l'Hôpital de Mirebalais	Mirebalais	—	solaire	0,4	0,4
Total	—	—	—	390	244

Source : Voir Note de fin 15 pour ce chapitre.

Un rapport de 2011 prévoit que la demande maximale nette d'Haïti va croître de 5 % par an jusqu'en 2028, quand il atteindra 570 MW.¹⁷ L'étude prévoit que l'écart offre-demande sera progressivement étroit, car la production augmente de 7,9 % pour atteindre 2 782 GWh en 2028.¹⁸ Cependant il y a un grand risque pour que la croissance de la population et l'augmentation de la demande d'énergie dépassent l'amélioration de l'accès à l'électricité. Des estimations prudentes indiquent que d'ici 2030, la population d'Haïti dépassera 11 millions ou allant jusqu'à 14 millions si les taux de fécondité demeurent constants.¹⁹ En outre la nature du secteur électrique haïtien – notamment l'absence de collecte de données fiables, le comptage de l'électricité limitée, les vols effrénés du courant, la vulnérabilité du système aux catastrophes naturelles et les ralentissements économiques – rend toute projection difficile. (Voir chapitre 5 pour la projection de la demande de Worldwatch.)

Bien qu'Électricité d'Haïti (EDH) ait son propre parc de production et détienne techniquement un monopole sur le système d'électricité du pays, plus d'énergie est actuellement produite par des producteurs indépendants y compris Sogener, E-Power et Haytrac. Les Producteurs Indépendants d'Électricité sont à l'œuvre dans le secteur électrique d'Haïti depuis 1996. Le premier à signer un contrat avec EDH était Interselect SA au Cap-Haïtien en 1996. En dehors de Port-au-Prince, Sogener a signé deux contrats d'achat d'électricité (CAE) en 2002 pour une capacité installée totale de 16 MW dans deux régions : Cap-Haïtien (8 MW) et Artibonite (8 MW).²⁰ Après le séisme en 2010, E-Power entra sur le marché avec une centrale diesel avec fioul lourd de 30 MW à Port-au-Prince.²¹

Haïti n'a pas de réseau d'électricité national. À sa place, cinq systèmes de réseau séparés et isolés révisent des régions spécifiques. Seulement 12.5 % de la population a accès officiel à un réseau d'électricité; un autre 12.5 % est connecté illégalement, ce qui porte le taux d'électrification totale à 25 %.²² Environ trois quarts de la capacité installée d'Haïti se trouvent dans la région de Port-au-Prince.²³ Le taux d'électrification dans la capitale est donc relativement élevé, environ 40 %; bien que le client ordinaire d'EDH à Port-au-Prince ne reçoit que 15 heures d'électricité par jour.²⁴ Cependant, seulement environ un quart de la population du pays vit dans la capitale, et les taux d'électrification dans les zones rurales sont beaucoup plus faibles à environ 5 %.²⁵ Ceux qui ont accès à l'électricité ne reçoivent en moyenne que 5 à 9 heures d'électricité par jour à l'échelle du pays.²⁶

Haïti possède l'un des plus faibles taux de consommation d'électricité dans le monde. En dépit d'être le 88e pays le plus peuplé, Haïti occupe le 184e rang dans la consommation totale d'électricité.²⁷ La consommation par personne de l'électricité était seulement de 21 kWh en 2011, quatre-vingts fois plus faible que la moyenne régionale.²⁸ La production électrique nette d'Haïti n'était que de 875 GWh en 2011.²⁹

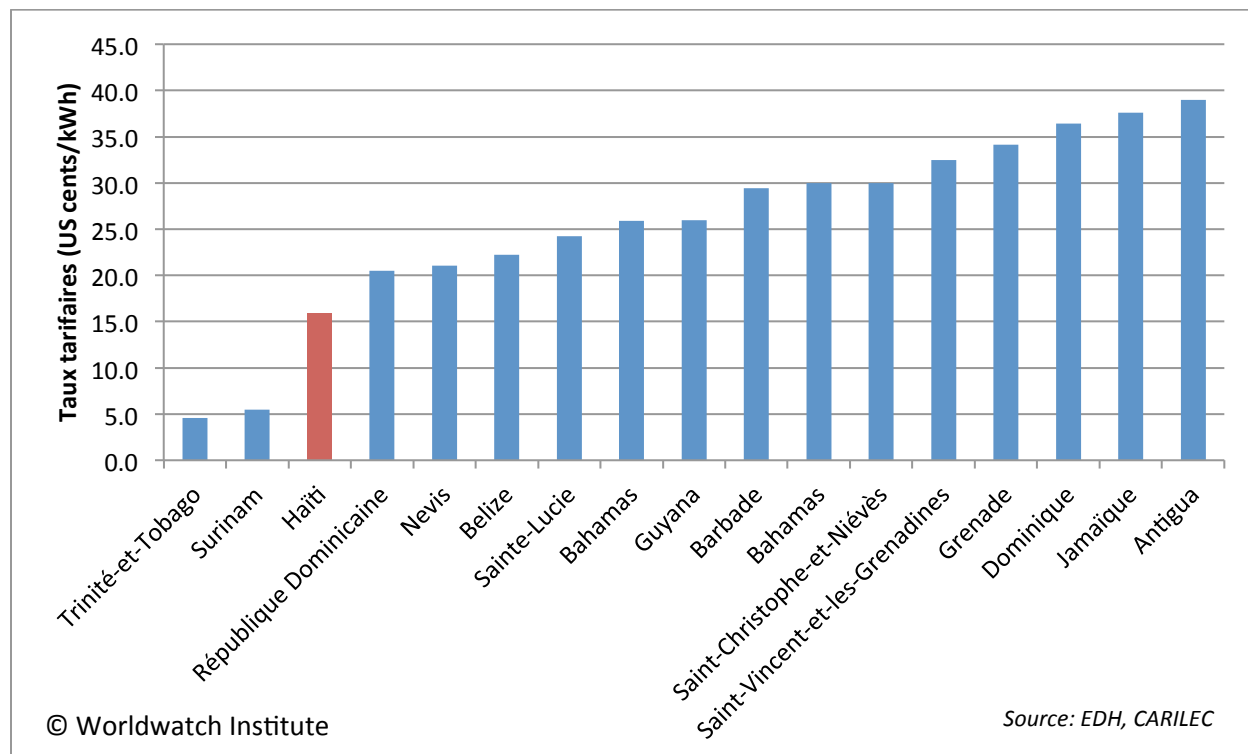
Le tarif en détail de l'électricité résidentielle en Haïti est en moyenne de 16 centimes américains par kWh en 2012, un taux relativement faible par rapport aux indicateurs régionaux communs des Caraïbes.³⁰ (Voir tableau 1.2. et figure 1.2.) Cependant, les coûts de production sont beaucoup plus élevés pour EDH et les Producteurs Indépendants, et les tarifs résidentiels sont subventionnés afin de les rendre plus abordables et parce que les tarifs résidentiels ont été historiquement inexistantes ou très faible en Haïti. Le tarif est encore plus faible (12 centimes américains par kWh) pour les clients résidentiels qui consomment moins de 200 kWh par mois.³¹

Tableau 1.2. Prix de l'électricité en Haïti, 2012

	Résidentiel moyen	Résidentiel (<200 kWh/mois)	Commercial moyen	Industriel moyen
	Centimes américains par kWh			
2012	16	12	35	36

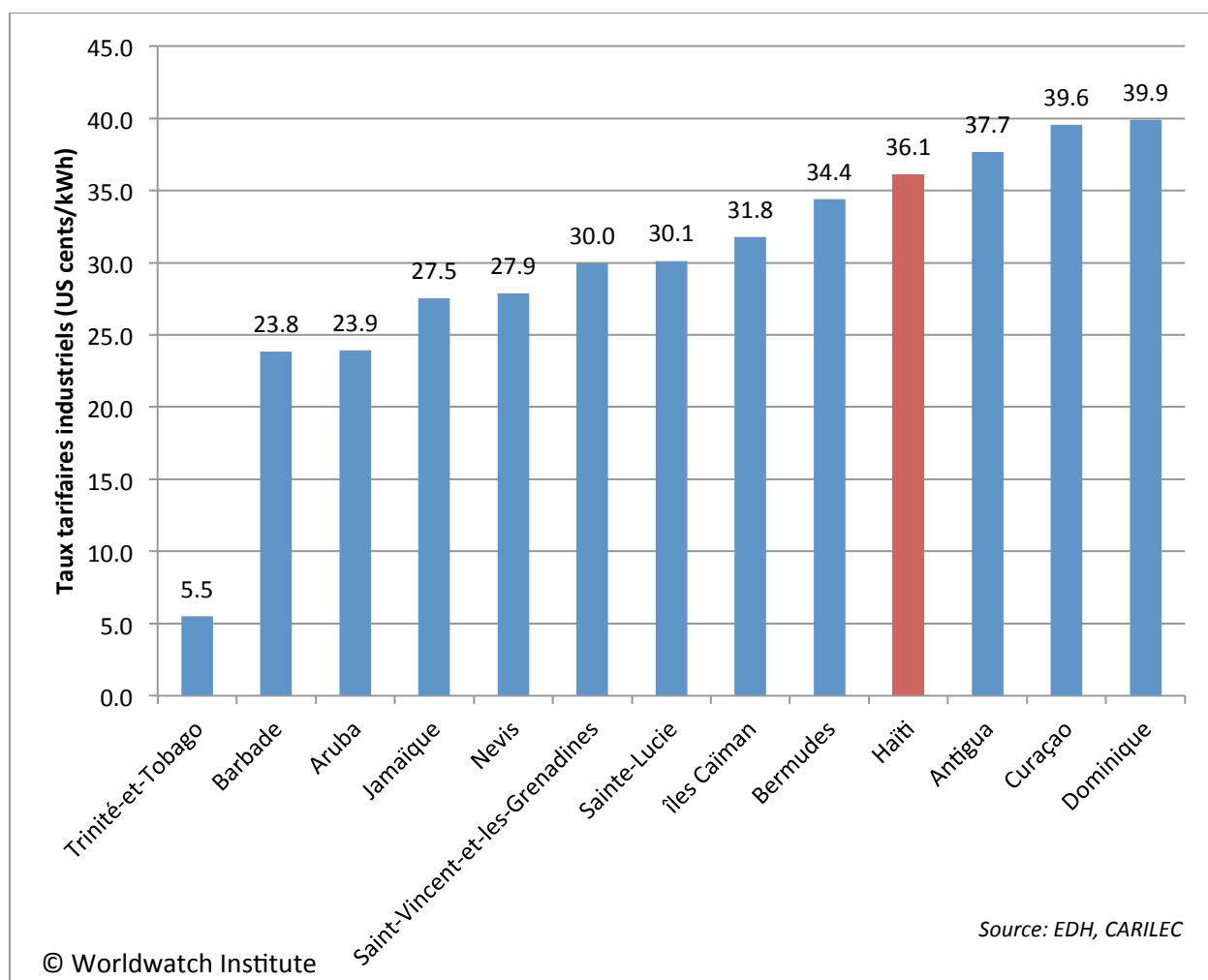
Source : Voir note 30 de ce chapitre.

Figure 1.2. Taux tarifaires résidentiels dans la région CARILEC, 2009



Cependant depuis 2009, les tarifs pour les consommateurs industriels et commerciaux ont été à l'extrémité supérieure de la fourchette régionale, avec des taux tarifaires industriels à 36 centimes américains kWh.³² (Voir figure 1.3.) Cela soulève coût moyen d'électricité du pays à 31 centimes américains par kWh, plus ou moins à égalité avec le reste de la région. Ces augmentations des taux tarifaires pour les grands consommateurs faisaient partie d'une réforme du secteur électrique visant à la réduction des déficits persistants d'EDH. Les nouveaux taux sont également plus représentatifs des coûts de production réels en Haïti avec son mélange de carburants actuel, bien que les taux commerciaux et industriels élevés peuvent rendre difficile la compétitivité régionale pour les entreprises haïtiennes.

Figure 1.3. Taux tarifaires industriels dans la région CARILEC, 2009



Haïti dispose d'importantes ressources énergétiques renouvelables. Une forte irradiation solaire dans l'ensemble du pays, de nombreuses zones offrant d'importantes possibilités des ressources éoliennes ainsi que des occasions pour les petits projets en hydroélectricité et en biomasse contribuent à d'importantes perspectives d'énergies renouvelables en Haïti. Cependant jusqu'ici, très peu de ce potentiel a été développé.

La contribution la plus importante des énergies renouvelables dans la combinaison énergétique haïtienne provient actuellement de l'énergie hydroélectrique, et la poursuite du développement hydroélectrique demeure une priorité pour le gouvernement haïtien.³³ (Voir le tableau 1.3.) La réhabilitation de la centrale de Péligre est soutenue par la Banque Interaméricaine de Développement (BID), l'agence allemande de développement KfW et des financements concessionnels du Fonds International pour le Développement de l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP).³⁴

Tableau 1.3. Plus grands projets existants et prévus d'énergie renouvelable d'Haïti

Projet	Type d'énergie	Date d'achèvement	Coût estimatif (USD)	Capacité maximale (MW)	Intervenants extérieurs
Réhabilitation	hydroélectrique	2015	48.8 millions	54 (potentiel)	BID, OPEP,

de Péligre				restauré)	Gouvernement allemand
Projet Phoenix	déchets en énergie et charbon	Planification en cours	330 millions	50	International Electric Power, LLC
Projet Siroc	vent	S.O.	60 millions	20	International Electric Power, LLC
Darbonne Sugar Mill	biomasse	12 à 18 mois à partir de la date du contrat	S.O.	12 à 15	BioTek, BID
Artibonite 4C	hydroélectrique	40 mois à partir de la date du contrat	191 millions	32	Gouvernement brésilien
« Ban m Limyè, Ban m Lavi »	solaire	2014	45 millions	30 (200 000 maisons)	Banques haïtiennes

Source : Voir Note 33 pour ce chapitre.

Le projet Artibonite 4C, un barrage hydroélectrique de 32 MW à construire près de Mirebalais dans la principale région agricole du pays, fournirait de l'énergie à environ 213 000 familles.³⁵ Initialement proposé en 2008 dans un cadre de coopération bilatérale entre les gouvernements haïtien et brésilien; le budget total du projet devrait être de \$US 191 millions sur 40 mois.³⁶ Les effets potentiellement négatifs de grandes centrales hydroélectriques sur les communautés locales et l'environnement ont été largement documentés, et la ressource doit donc être bien administrée.³⁷ En 2012, la BID a lancé un appel de Manifestations d'Intérêt pour une étude des impacts sociaux et environnementaux de l'usine.³⁸ Le projet est actuellement en attente de financement.

Haïti n'a pas d'installation de sources d'énergie renouvelable à l'échelle de service public autre que l'hydroélectricité, bien qu'il existe des exemples d'utilisation isolés hors du réseau, particulièrement la production d'électricité à partir de l'énergie solaire et le chauffage solaire de l'eau. En 2006, la capacité au niveau de la source d'électricité renouvelable non hydraulique installée en Haïti a été estimée à 0,7 MW, et depuis, avec plusieurs ajouts importants.³⁹

Des signes encourageants pointent vers le développement des énergies renouvelables en Haïti. (Voir le tableau 1.3.) Le gouvernement a reconnu que l'utilisation des ressources énergétiques locales augmente l'indépendance énergétique. Il a également noté que, bien que les investissements initiaux nécessaires pour les technologies renouvelables soient élevés, ils sont déjà concurrentiels sur le plan des prix en Haïti, compte tenu de la dépendance actuelle du pays sur les combustibles dispendieux importés.⁴⁰ Le Plan de Développement du Secteur d'Énergie haïtien 2007-2017 met en relief les systèmes solaires, éoliens, hydrauliques et de bagasse comme sources potentiellement viables d'énergie renouvelable pour compenser les combustibles fossiles dominés du bouquet énergétique d'Haïti.⁴¹

Le président Michel Martelly a fait de l'énergie et de l'environnement deux de ses cinq grandes priorités nationales, en signalant les points importants du gouvernement sur l'intersection de ces enjeux.⁴² En janvier 2012, son administration a annoncé l'objectif de s'assurer que, d'ici deux ans, chaque maison haïtienne ait au moins une source de lumière grâce au programme « Ban m Limyè, Ban m Lavi ». D'un coût estimé à moins de US \$20 millions, dont environ les deux tiers seraient attribués par les banques haïtiennes via des prêts à long terme, le programme aide à financer l'achat de trousseaux pour l'électrification solaire et de lanternes individuelles.⁴³ Alors que les coûts des composants solaires continuent de diminuer, le programme teste également l'utilisation d'ampoules DEL à faible

consommation et haut rendement.⁴⁴ Bien que les répercussions ultimes de ce programme demeurent incertaines, le programme révèle la volonté du gouvernement de fonder l'avenir du secteur de l'électricité en Haïti sur les énergies renouvelables, plutôt que sur une plus grande dépendance aux carburants fossiles importés.

Le soutien aux énergies renouvelables s'accélère aussi dans le secteur privé et chez les donateurs. Les partenaires locaux et internationaux utilisent une plus grande part des énergies renouvelables hors réseau dans leurs activités, principalement en raison du manque de fiabilité du réseau électrique en Haïti. En octobre 2010, la Commission Intérimaire pour la Reconstruction d'Haïti (CIRH) a autorisé Solar Electric Light Fund (SELF) pour développer l'énergie solaire dans la commune de Boucan Carré, au Plateau Central.⁴⁵ SELF a également installé un système hybride solaire-diesel de 10 kW dans une clinique de Boucan Carré géré par Partners in Health en septembre 2009.⁴⁶ En 2012, SELF a installé des systèmes de batteries photovoltaïques totalisant 40 kW dans 12 cliniques de santé du Département du Sud, y compris une installation de 11 kW à l'hôpital de Port-à-Piment.⁴⁷ L'hôpital de Mirebalais, une initiative conjointe de Partners-in-Health et Zammi Lasante, est alimenté par 1 800 panneaux solaires sur son toit qui produisent assez d'énergie pour répondre à l'ensemble de ses besoins énergétiques et dont le surplus est redirigé vers le réseau local.

Bien que beaucoup de ces projets soient de petite taille, ils pourraient servir de modèles importants pour le ministère des Travaux publics et comme une impulsion pour élaborer ou réformer les politiques énergétiques nécessaires, et pourraient donc être importants pour changer les règles du jeu.⁴⁸ Un consortium d'organismes donateurs et responsables de projets, dirigé par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et le gouvernement d'Haïti, travaille présentement à la construction d'un mini-réseau hybride (diesel et photovoltaïque) de 400 kW dans le Département du Sud. Il permettra de relier Port-à-Piment, Damassin, Coteau et Roche-à-Bateau et sera supervisé par une coopérative d'énergie rurale : la Coopérative Électrique de l'Arrondissement des Côteaux.⁴⁹

Les solutions énergétiques basées sur la biomasse gagnent du terrain aussi. La BID a récemment collaboré avec le ministère haïtien de l'Agriculture pour développer les biocarburants comme une alternative au pétrole importé.⁵⁰ Le gouvernement haïtien et BioTek, une société de bioénergie et de distribution de biocarburants, ont également signé un accord de gestion public-privé pour optimiser le reste du seul moulin à sucre d'Haïti.⁵¹ Optimisation de la production de l'usine ne déplacerait pas seulement les 50 % des importations de sucre en Haïti, mais aussi de produire environ 12 à 15 MW d'énergie de la bagasse de canne pour desservir Port-au-Prince.⁵²

En outre, des données récentes suggèrent que les arbres de jatropha, s'ils sont gérés de façon responsable, pourraient servir de remplacement renouvelable et respectueux de l'environnement pour le stock de bois d'Haïti dévasté. Le jatropha pourrait prospérer sur les pentes dégradées du pays, en améliorant la qualité du sol, fournissant du carburant, et éventuellement fournir des produits tels que des aliments pour bétail, du savon et d'engrais.⁵³ Cependant avec toutes les solutions d'énergie à base de biomasse, des facteurs tels que la dégradation des sols et la concurrence avec la production alimentaire doivent être considérés. Surtout dans le cas d'Haïti, qui tente de surmonter plusieurs des récentes catastrophes naturelles et endurant de la pauvreté dans bon nombre de ses communautés, les solutions à base de biomasse qui concurrencent directement les aliments doivent être évitées.

Enfin, les programmes de transformation des déchets en énergie sont en plein essor dans le pays, en partie en raison des préoccupations sanitaires après le séisme sur les déchets solides.⁵⁴ En 2012, une société privée basée aux États-Unis, l'International Electric Power LLC (IEP) a annoncé la finalisation du

projet Phoenix, un accord de partenariat avec le gouvernement haïtien pour construire ce qui est maintenant désigné comme une centrale de valorisation énergétique des déchets et une centrale au charbon de 50 MW près de Port-au-Prince.⁵⁵

À l'exception de l'énergie renouvelable, il existe différentes alternatives qui permettent d'utiliser des combustibles plus propres. En 2013, la construction d'un terminal pour gaz naturel liquéfié (GNL) a débuté près de Titanyen, au nord de Port-au-Prince. Les étapes futures du projet incluent la construction d'un pipeline afin d'approvisionner les industries dans la capitale.⁵⁶ Bien plus propre que le fioul lourd, le GNL est toujours un carburant qui devra être importé, et qui libère des émissions modifiant le climat.

Traditionnellement, le secteur électrique d'Haïti a été basé sur un monopole public verticalement intégré (EDH). Depuis que cette approche n'a entraîné qu'une amélioration de 10 % de l'accès à l'électricité sur 40 ans et n'a pas réussi à atteindre les besoins en énergie du pays, le gouvernement haïtien a récemment décidé d'impliquer le secteur privé et faire la transition vers un système plus ouvert et diversifié.⁵⁷ En juin 2014, le gouvernement a lancé un appel aux opérateurs locaux et internationaux intéressés par la reprise du rôle de l'EDH dans le Département du Sud, ce qui est très attirant compte tenu de sa faible superficie et de son potentiel de développement touristique. L'opérateur sélectionné aura droit à une concession pour la production, la transmission, la distribution et la vente d'électricité. L'opérateur devrait également réparer les infrastructures, construire de nouvelles capacités de production afin de répondre à la demande, ainsi qu'entretenir le réseau afin de réduire les pertes.

Fondamentalement, le gouvernement cherche à reproduire ce modèle dans les autres départements du pays, en excluant les zones métropolitaines.⁵⁸ Il s'agit d'une transition énorme pour le système électrique d'Haïti, et il y aura probablement des aléas sur la route. Cependant, il est maintenant généralement reconnu que le monopole public n'est pas le meilleur système pour le secteur énergétique du pays et que les choses doivent changer. Cette feuille de route sera un outil utile au gouvernement et aux parties prenantes du secteur de l'électricité qui continuent de transformer le système électrique d'Haïti.

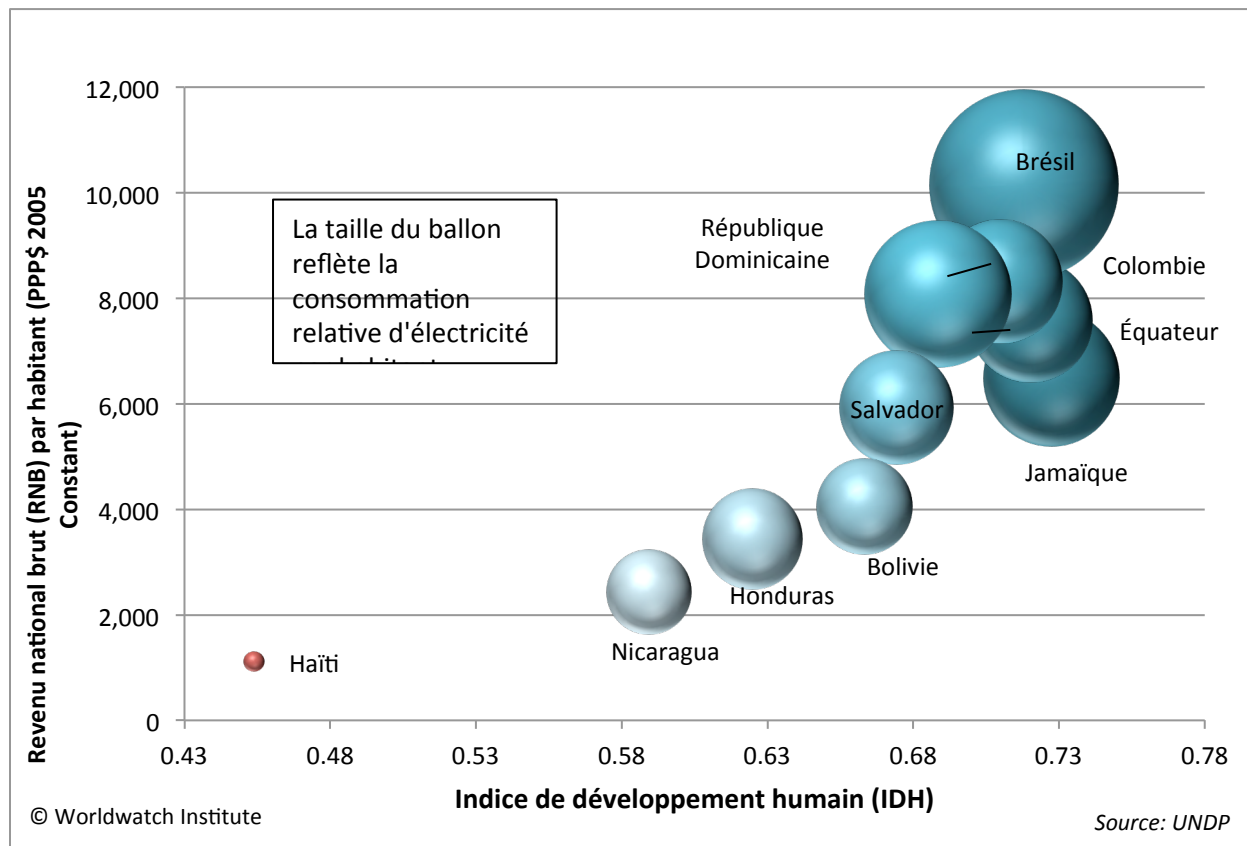
1.3 L'importance d'une alimentation durable pour l'avenir d'Haïti

Le développement d'énergie abordable, fiable et durable aurait des effets positifs importants sur l'économie d'Haïti et sur la qualité de vie des Haïtiens. Avec un produit intérieur brut (PIB) par habitant de seulement US \$1300, Haïti est actuellement le seul pays moins développé (PMA) de l'hémisphère occidental.⁵⁹ En 2013, Haïti a été classé bien en dessous de ses voisins régionaux (161^e) sur indice de développement humain de l'ONU et a reçu une désignation de « faible développement humain ». ⁶⁰ Seulement environ un quart de la population haïtienne a accès à l'électricité, laissant plus de 7 millions de personnes sans électricité.⁶¹

Construire un système d'énergie durable, capable de servir tous les Haïtiens jouera un rôle crucial dans l'amélioration des conditions de vie. La corrélation positive entre l'accès à l'énergie et le développement humain a été largement souligné; l'initiative d'Énergie Durable pour Tous de l'ONU s'engage à assurer l'accès universel aux services énergétiques modernes comme un moyen de réduire la pauvreté, améliorer l'éducation et la santé humaine, et alimenter la croissance économique.⁶² La figure 1.4 illustre la corrélation entre la consommation électrique par habitant, le revenu national brut, et le

développement humain dans certains pays d'Amérique latine, avec Haïti qui a un moins bon rendement que le reste de la région.⁶³

Figure 1.4. Développement humain, revenu national brut (RNB), et consommation d'électricité dans certains pays d'Amérique latine, 2011



Le gouvernement haïtien reconnaît les liens cruciaux entre l'électrification et le développement humain, en faisant valoir dans son plan d'action pour le relèvement et le développement national que l'accès aux services de base, y compris l'électricité, doit être considéré comme des investissements essentiels dans le capital humain et un « moteur pour la nouvelle fondation d'Haïti ».⁶⁴ Selon le Cabinet du ministre délégué auprès du premier ministre pour la sécurité de l'énergie, faire de l'électrification une priorité gouvernementale est nécessaire pour propulser l'économie et améliorer la qualité de vie.⁶⁵ Un système énergétique durable sera nécessaire pour surmonter bon nombre des principaux défis à long terme du pays, y compris la facilitation du développement économique et social, la stabilisation et restauration de l'environnement naturel d'Haïti, et accroître la résilience face aux catastrophes naturelles et aux chocs économiques.⁶⁶

Exploiter les ressources énergétiques renouvelables domestiques permettra de libérer des ressources pour investir en Haïti. La dépendance actuelle du pays des carburants fossiles nécessite qu'une partie importante du PIB annuel (environ 7 % en 2011) soit consacré à l'importation de pétrole pour la production d'électricité et de transport.⁶⁷ Compte tenu de la situation financière périlleuse d'EDH, le gouvernement haïtien a historiquement détourné une somme importante de son fonds général pour couvrir les dépenses du service public et d'acheter du pétrole pour l'électricité chaque année. Entre

septembre 2010 et septembre 2011, ce montant s'élevait à plus de US \$180 millions, soit environ 2,8 % du PIB.⁶⁸

Si Haïti étendait les services électricité aux 7 millions de personnes actuellement sans électricité tout en continuant à s'appuyer principalement sur la production de carburants fossiles, la quote-part annuelle du PIB qui doit être dépensée sur les importations de pétrole monterait en flèche, provoquant des impacts macroéconomiques graves. Le gouvernement haïtien reconnaît que le recours à des importations de pétrole coûteux empêche d'en placer les capitaux dans des activités économiques essentielles, et que toute initiative visant à augmenter les importations d'énergie devrait être évitée.⁶⁹ Le développement des ressources renouvelables domestiques permettra de préférence que cet argent soit réinvesti dans Haïti, en contribuant aux améliorations cruciales dans l'infrastructure, les services de santé, le développement des petites entreprises, et l'éducation.

Le développement de services énergétiques durables stimulera la croissance économique et la stabilité. Un accès très limité à l'électricité freine de manière significative l'activité commerciale et l'éducation, et restreint le développement économique en Haïti.⁷⁰ L'industrie, l'agriculture et le secteur des services profiteraient chacun substantiellement de l'amélioration de la disponibilité et la fiabilité des services d'électricité, y compris les améliorations qui en découlent pour l'éducation, les soins de santé, et les heures de travail disponibles. Les améliorations dans l'efficacité énergétique permettront à l'industrie haïtienne, la petite entreprise, et l'agriculture de produire plus avec moins, en mettant en marche la croissance future.

Construire un système d'énergie durable permettra de restaurer et de préserver l'environnement d'Haïti. La transition des biocarburants traditionnels aux énergies renouvelables aura des impacts positifs sur la conservation des forêts, de la santé et de la sécurité humaine, et la résistance aux tempêtes tropicales. Le gouvernement haïtien reconnaît que l'énergie et l'environnement sont inextricablement liés, et que la protection de l'environnement doit être un objectif primordial de toute politique énergétique nationale.⁷¹ La couverture forestière d'Haïti a considérablement diminué au cours des dernières décennies, principalement en raison de la dépendance généralisée sur les sources traditionnelles de la biomasse telles que le charbon de bois pour l'énergie primaire. Cela contribue à la perte d'environ 10.000 à 15.000 hectares de terres autrefois fertiles chaque année et aggrave les conséquences des inondations causées par de fortes pluies.⁷² Déjà l'un des 25 pays les plus secs, Haïti connaît actuellement une demande croissante en eau et un régime des précipitations de plus en plus irrégulier, ce qui exacerbe ses problèmes de pénurie d'eau et à la suite entravent le développement agricole.⁷³ La transition de l'utilisation de la biomasse traditionnelle est l'un des moyens les plus fondamentaux pour pouvoir enrayer la dégradation de l'environnement, faciliter la croissance agricole, et accroître la résilience.

Enfin, l'énergie durable améliorerait considérablement la capacité d'Haïti à répondre aux catastrophes naturelles. Le pays est très vulnérable tant aux ouragans qu'aux séismes. En 2008, quatre ouragans majeurs (Ike, Fay, Hanna, et Gustav) ont frappé Haïti dans une période de seulement 30 jours, ce qui a entraîné des dommages dévastateurs et le déplacement d'environ 800,000 personnes.⁷⁴ Le changement climatique va probablement augmenter à la fois la fréquence et l'intensité de ces événements météorologiques extrêmes.⁷⁵ Haïti chevauche également plusieurs lignes de faille, dont l'une a causé le séisme dévastateur qui a frappé Port-au-Prince, Léogâne, Jacmel et Petit Goâve, le 12 janvier 2010. Cette catastrophe a directement touché 1,5 million de personnes et entraîna des dommages-intérêts allant jusqu'à environ US \$7.8 milliards; un chiffre équivalent à un peu plus de 120 % du PIB du pays en 2009.⁷⁶

Dans le cas d'une catastrophe naturelle, les services d'électricité sont un lien vital, permettant aux équipes de sauvetage de continuer à travailler sans relâche, en facilitant la communication, renforcer la sécurité, et permettant la coordination des installations et des procédures d'évacuation. Au lendemain du séisme de 2010, les hôpitaux et les équipes de sauvetage ont eu souvent du mal à fonctionner sans courant électrique et ont été obligés de dépendre des générateurs de carburants fossiles coûteux et non durables. Un système d'énergie durable en Haïti doit permettre aux équipes de secours et aux agents de santé de travailler en toute sécurité et efficacement à la suite d'une catastrophe naturelle, et aux communautés de se remettre durablement dans le long terme. Des études indiquent que les systèmes d'énergie renouvelables sont généralement mieux équipés que les carburants fossiles ou les technologies nucléaires pour soutenir efficacement les communautés touchées par des catastrophes naturelles.⁷⁷

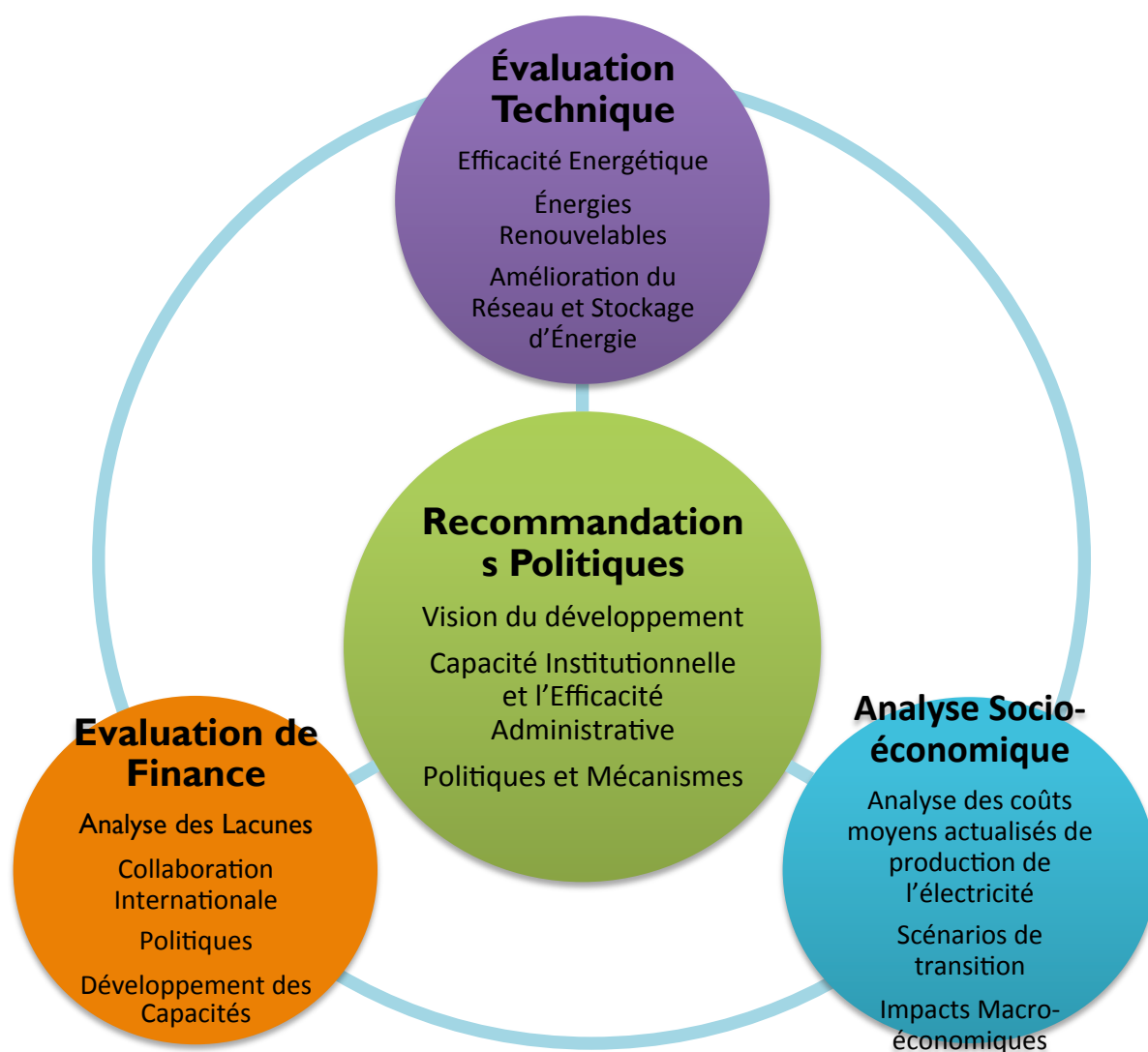
1.4 Méthodologie, objectifs et défis

Cette feuille de route est le résultat d'un projet de recherche intensif de plusieurs années cherchant à saisir les possibilités et à surmonter les obstacles d'une transition vers l'énergie durable en Haïti. Puisque les décisions d'infrastructures énergétiques sont décisives pour le développement d'un pays et impliquent des compromis difficiles, il était essentiel de recueillir les données de haute qualité les plus récentes. Afin d'établir des recommandations plausibles pour des actions concrètes, il fut important de comprendre les intérêts, les positions et les opinions de toutes les parties critiques pour faire de cet ambitieux projet énergétique une réalité.

Dès le départ, Worldwatch a travaillé en étroite collaboration avec les autorités haïtiennes et les partenaires pour veiller à ce que la portée des travaux soit complémentaire, sans faire double emploi avec les efforts antérieurs en matière d'intégration de l'énergie renouvelable et la politique du réseau de planification. Les études précédentes ont examiné différents aspects du potentiel de l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables en Haïti et dans la région des Caraïbes. Ces études ont servi de références importantes pour ce projet et ont fourni des informations essentielles sur des aspects particuliers de la situation énergétique d'Haïti. Une étude approfondie de l'efficacité des énergies renouvelables et les options d'intégration et les stratégies au niveau du pays faisait défaut. Cette feuille de route de Worldwatch vise à combler cette absence d'informations.

La méthodologie de la feuille de route vers l'Énergie Durable de Worldwatch prend une approche holistique afin d'évaluer les composantes interdépendantes qui sont essentielles à une planification intégrée des énergies propres. (Voir la figure 1.5.) Nous identifions des possibilités pour une efficacité accrue et examinons le potentiel en ressources d'un pays pour la production d'énergie renouvelable, le renforcement du réseau et l'extension des besoins et des solutions de stockage d'énergie. La feuille de route analyse les impacts socio-économiques d'une transition énergétique durable, y compris les coûts de différentes voies d'électricité et les effets macro-économiques tels que le potentiel de création d'emplois et les impacts intersectoriels. La feuille de route étudie ensuite le climat actuel pour les investissements énergétiques durables et met en évidence les possibilités de financement privé, public ou multilatéral pour faire des plans d'énergies renouvelables une réalité. Enfin, la feuille de route souligne les obstacles politiques au développement des énergies renouvelables et recommande la façon dont ils peuvent être surmontés.

Figure 1.5. Méthodologie Worldwatch pour le développement de la feuille de route d'énergie durable



La première étape dans l'identification des possibilités de l'énergie durable en Haïti était d'identifier les domaines pour économiser de l'énergie et améliorer l'efficacité. En ciblant les secteurs de haute consommation et à forte intensité énergétique, le **chapitre 2** de cette feuille de route identifie les points clés de levier à faible coût pour améliorer l'efficacité en Haïti.

Le **chapitre 3** comprend l'évaluation la plus détaillée jamais réalisée sur les ressources solaires et éoliennes en Haïti. Worldwatch a travaillé en partenariat avec 3TIER, Inc., une entreprise œuvrant dans l'analyse des risques pour l'énergie renouvelable qui produit des cartes à haute résolution et collecte des données afin de créer une base de données exhaustive sur les ressources solaires et éoliennes. Ces données incluent les variations diurnes saisonnières et à long terme, ainsi que des détails spatiaux sur les ressources éoliennes et météorologiques, un facteur important permettant d'accélérer le processus de prospection et d'évaluation des sites potentiels d'exploitation des énergies durables, plus particulièrement dans les régions montagneuses où la topographie est complexe. Le chapitre comprend des cartes des ressources solaires et éoliennes partout dans le pays. D'après ces évaluations initiales, et à la suite de discussions intenses avec les membres du gouvernement, des zones solaires et éoliennes spécifiques ont été définies et ensuite étudiées en profondeur. Les évaluations zonales détaillées de

3TIER sont incluses dans les Annexes. Ce chapitre comprend également un survol des autres sources d'énergie renouvelable en Haïti, y compris l'hydroélectricité à petite échelle, la biomasse et les déchets solides des municipalités.

Cette feuille de route se concentre sur les méthodes rentables pour la construction d'un système énergétique national qui soit solide et rentable. L'analyse technique du **chapitre 4** fait l'inventaire des améliorations et des extensions au réseau qui pourraient soutenir une plus grande utilisation des sources d'énergie renouvelable. Le chapitre explore également les possibilités pour une production décentralisée axée sur les énergies renouvelables. Cette évaluation technique, qui reflète les recherches et les consultations effectuées avec les experts au pays, relie les besoins en infrastructures aux évaluations des ressources effectuées dans la présente étude et dans d'autres études.

Une analyse en profondeur des impacts socio-économiques de la transition vers l'énergie renouvelable permettra aux décideurs de démontrer aux producteurs d'énergie, aux investisseurs et au grand public que l'exploitation des ressources domestiques est dans l'intérêt supérieur d'Haïti. Le **chapitre 5** de cette étude présente des analyses détaillées de scénarios pouvant potentiellement être retenus et démontre qu'il est possible de répondre à la demande anticipée grâce à une exploitation accrue des sources d'énergie renouvelables.

Le **chapitre 6** s'appuie sur ces scénarios pour comparer les coûts de production d'électricité à partir de divers combustibles fossiles et de sources d'énergie renouvelables en Haïti, et ce d'après des données recueillies localement. Les impacts intersectoriels (économiques, sociaux et environnementaux) sont également évalués par rapport à l'exploitation de ces ressources.

Le **chapitre 7** décrit le climat actuel de financement en énergie durable en Haïti, y compris les sources nationales et internationales d'investissement privé et public. Les lacunes en matière de financement sont ensuite évaluées, ainsi que les manières d'y remédier.

Le **chapitre 8** contient une étude approfondie des lois et règlements en vigueur relatifs au secteur de l'électricité. En s'appuyant sur l'expertise interne ainsi que sur les meilleures pratiques internationales, le chapitre évalue les possibilités de réformes législatives, institutionnelles et administratives, examinant non seulement les principes clés qui devraient orienter la prise de décision en matière d'énergie, mais également les politiques et mesures concrètes.

Tout au long de ce projet, Worldwatch a participé au renforcement des capacités locales et au partage des connaissances. Nous avons organisé des ateliers, participé activement à des conférences, réalisé des entrevues et engagé des conversations. Ces efforts étaient essentiels à la rédaction de cette étude, mais servaient également un but en eux-mêmes : ils ont permis de réunir les acteurs concernés et de combler les lacunes en matière de connaissances entre le gouvernement, les investisseurs privés d'énergie renouvelable, les services publics et le secteur financier. Cette feuille de route finale sera présentée aux acteurs locaux en Haïti comme un outil concret pouvant être utilisé pour la planification et la mise en œuvre de nouvelles politiques et de projets d'énergie renouvelable.

2 Efficacité énergétique en Haïti

Principaux résultats

- Le système électrique actuel en Haïti n'est pas en mesure de répondre à la demande domestique, le trois quarts de la population n'ayant pas accès à des services d'électricité modernes. Des améliorations à l'efficacité énergétique, à la fois au niveau de la demande et de l'offre, permettraient au système de rejoindre un plus grand nombre de clients ainsi que d'améliorer les services énergétiques et la fiabilité, avec une capacité additionnelle moindre.
- Le réseau électrique d'Haïti comporte des pertes de transport et de distribution élevées. Le renforcement des infrastructures du réseau et la réduction du vol d'électricité permettraient d'améliorer de manière abordable l'efficacité d'ensemble.
- Les réparations, les mises à niveau technologiques et les remises à neuf amélioreraient considérablement la production des centrales à carburants fossiles et les centrales hydroélectriques, réduisant le besoin d'une capacité de production de base accrue et augmentant les possibilités d'intégration des sources d'énergie renouvelable intermittente.
- Parmi les secteurs qui devraient être ciblés pour des améliorations de l'efficacité énergétique, notons le secteur industriel (43 % de la consommation totale en électricité au pays), le secteur résidentiel (32 %) et le secteur commercial et public (25 %).
- L'intensité énergétique industrielle d'Haïti est de six fois supérieures à la moyenne mondiale, ce qui crée une pression extrême sur la compétitivité des entreprises. L'industrie textile et d'autres secteurs industriels devraient poursuivre le passage aux éclairages LFC, la mise en œuvre des technologies de toit rafraîchissant, et l'isolation des bâtiments pour réduire leurs coûts énergétiques élevés.
- Le passage aux ampoules LFC et DEL dans les ménages réduirait de manière significative la facture énergétique et économiserait jusqu'à 9 % de la production d'électricité actuelle d'Haïti.
- La réfrigération représente une écrasante majorité de la consommation électrique dans le secteur résidentiel d'Haïti, même si peu de ménages ont des réfrigérateurs. Comme les réfrigérateurs deviennent plus fréquents dans le pays, il sera crucial de cibler leur efficacité.
 - La climatisation, actuellement une petite fraction de la consommation d'énergie, devrait augmenter de manière significative comme l'économie d'Haïti se développe, en particulier avec la hausse attendue dans le tourisme. Les toits rafraîchissants et une meilleure isolation offrent des alternatives de refroidissement abordables et rapides pour les maisons et les entreprises, élargissant le confort à un prix bas.
- Une plus grande adoption de fourneaux efficaces revêt le plus grand potentiel pour économiser l'énergie primaire. Cela aiderait également à lutter contre la déforestation, considérant qu'il ne subsiste que 2 % de la couverture forestière haïtienne.

2.1 L'importance de l'efficacité d'un système énergétique durable en Haïti

Chaque pays dispose d'un ensemble de défis et d'occasions unique pour entreprendre une transformation énergétique durable. Le niveau de l'efficacité énergétique est déterminé par un large

éventail de facteurs, y compris la demande globale d'électricité, les exigences spécifiques de grands consommateurs d'énergie, les prix et les politiques énergétiques passées et les connaissances et les attitudes locales sur la conservation énergétique. Identifier les possibilités d'économies d'énergie et améliorer l'efficacité dans les secteurs les plus énergivores est une première étape importante dans la création d'un système énergétique durable.

Mesures d'efficacité énergétique peuvent réduire l'énergie requise pour fournir le même niveau de service pour tous les secteurs économiques, y compris résidentiel, commercial et industriel. L'emploi des technologies et des pratiques d'efficacité énergétique dans les bâtiments, par exemple, fournit le même degré de confort avec un faible niveau de consommation d'énergie.¹ L'utilisation de réchauds éconergétiques (la cuisine draine la majorité de la consommation d'énergie résidentielle de Haïti) et permet aux Haïtiens d'utiliser moins d'énergie et d'économiser de l'argent.² (Voir encadré 2.1.)

Encadré 2.1. Fournir des réchauds efficaces et des alternatives au charbon de bois

La cuisson représente la principale consommation d'énergie du secteur résidentiel en Haïti. Il est évalué que 93 % de la population haïtienne a recours aux combustibles solides (principalement le bois et le charbon de bois) pour la cuisson. Cette méthode entraîne de nombreuses conséquences négatives, plus particulièrement pour les femmes et les enfants, qui ont tendance à passer plus de temps à l'intérieur et près des feux en plein air. Selon l'Organisation mondiale de la santé, la pollution de l'air intérieur causée par la cuisson aux biomasses traditionnelles peut causer des maladies graves, y compris la pneumonie infantile, des maladies respiratoires et le cancer du poumon. La Global Alliance for Clean Cookstoves (l'Alliance Globale pour des Réchauds Propres) estime que plus de 9,4 millions de personnes en Haïti (soit 94 % de la population) sont affectés par la pollution de l'air intérieur. La cuisson inefficace comporte également d'autres risques pour la santé tels que les blessures et les brûlures. En Haïti, la dépendance aux biomasses traditionnelles a également contribué à une déforestation intensive, entraînant des conséquences négatives sur divers éléments tels le contrôle des produits alimentaires et la productivité agricole.

Les réchauds efficaces peuvent réduire l'intensité énergétique requise pour la cuisson et contribuer à limiter l'ampleur du défi. Bien que les réchauds efficaces ne réduisent pas nécessairement la consommation en électricité des ménages, ils sont un élément important de la discussion sur l'énergie en Haïti du fait qu'ils réduisent le besoin en combustibles pour la cuisson, diminuant ainsi les dépenses liées au fourneau et les répercussions négatives sur la santé et l'environnement. Les réchauds efficaces ne substituerait pas entièrement l'industrie du charbon de bois, mais ils contribueraient grandement à l'atténuation des coûts environnementaux et économiques.

En plus des réchauds efficaces, le kérosène, l'éthanol, les briquettes à papier, les fours solaires, le biochar et les granulés de biomasse ont tous été recommandés comme produits de remplacement possibles pour le charbon de bois. Bien que ces technologies et les carburants aient des avantages environnementaux et économiques sur le charbon de bois, leur mise en œuvre généralisée est confrontée à de nombreux obstacles. Par exemple, bien que les briquettes à papier génèrent des emplois locaux et facilitent l'utilisation productive de papier, carton et le recyclage des métaux, du verre et de l'aluminium, acteurs du secteur industriel avouent qu'Haïti n'a pas assez de papier ou de carton pour remplacer charbon de bois, et que l'industrie des briquettes resterait probablement faible. De même, bien que le prix des réchauds alimentés par le kérosène soit compétitif avec le GPL ou les réchauds efficaces, les analystes estiment que le fort effet du kérosène sur le goût des aliments va l'empêcher de devenir plus populaire en Haïti. Malgré ces défis, ces innovations peuvent jouer un rôle constructif dans l'avenir de l'énergie en Haïti.

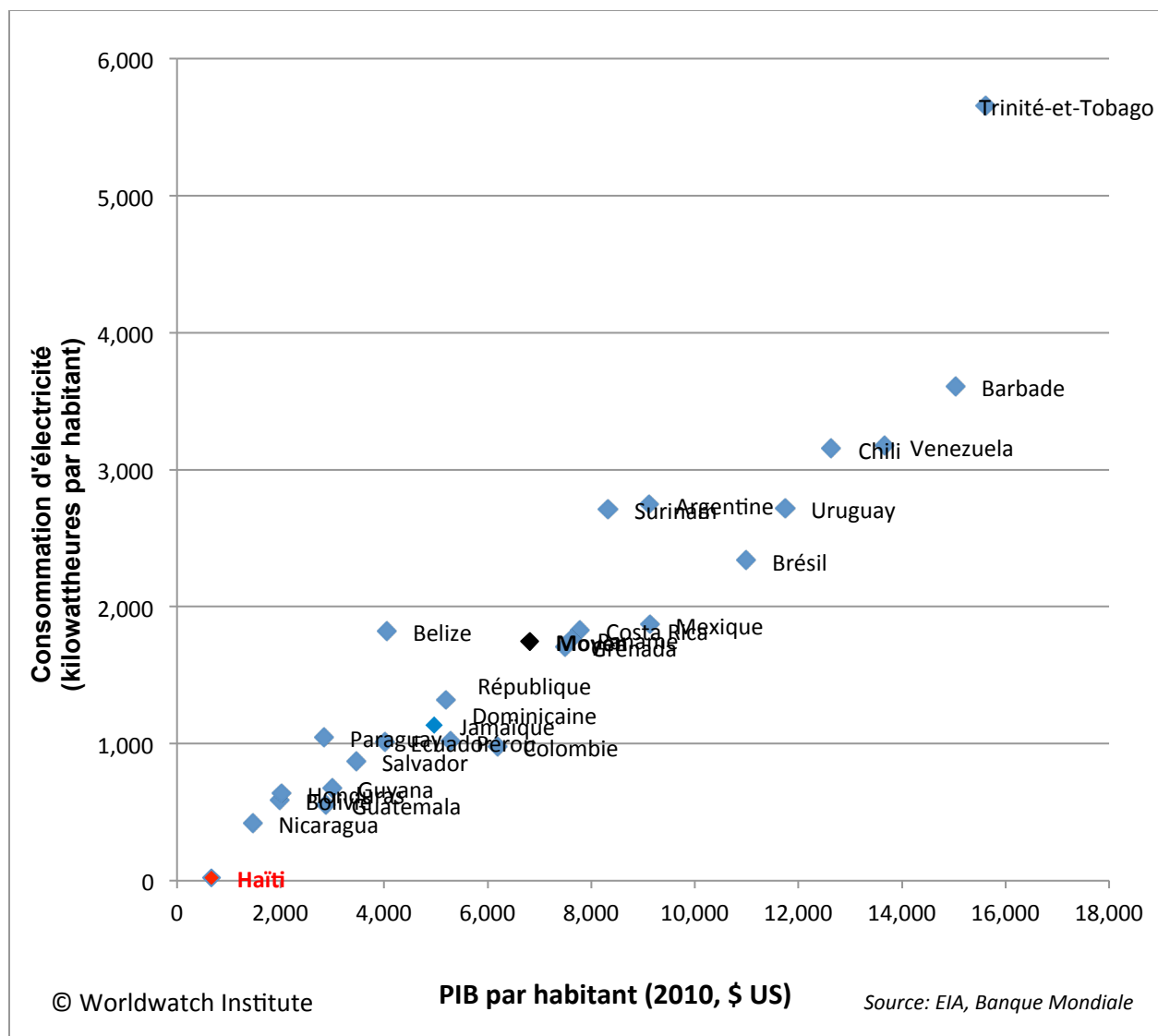
Source : Voir Note 2 pour ce chapitre.

Les améliorations de l'efficacité énergétique sont souvent le moyen le moins cher et le plus rapide pour réduire les coûts environnementaux et économiques associés à un système d'énergie. Un haut degré d'efficacité énergétique est une composante essentielle d'un système énergétique durable en raison de ses effets combinés : quand un utilisateur consomme une unité de moins d'énergie en raison des mesures d'efficacité, le système enregistre généralement beaucoup plus que cela une unité en raison de pertes évitées pendant la génération, la transmission et la distribution. Surtout en Haïti, où plus de 30 % de la production est inutilisée en raison des pertes techniques, les gains d'efficacité de l'utilisateur final peuvent se traduire par de plus grandes économies dans la production.³ Pour chaque watt d'énergie économisée par un consommateur en Haïti, beaucoup plus d'un watt de génération est économisé pour le générateur. Les améliorations de l'efficacité peuvent amplifier les avantages de l'élaboration d'un système commercial de production d'énergie, y compris à partir des sources d'énergie renouvelables, en augmentant l'impact de la capacité de puissance supplémentaire.

Les mesures d'efficacité énergétique offrent également certains des outils les plus rentables pour réduire le dioxyde de carbone (CO₂). Surtout dans un pays comme Haïti, qui a des coûts d'approvisionnement en énergie élevés et peu de mesures d'efficacité en place, il y a des gains importants à faire dans ce domaine. Dans de nombreux cas, les mesures d'efficacité énergétique en font économiser de l'argent en raison des coûts d'énergie réduits. En République dominicaine, une étude en 2011 a indiqué que les cinq plus bas coûts des mesures de réduction de CO₂ ont tous été liés à l'efficacité énergétique.⁴

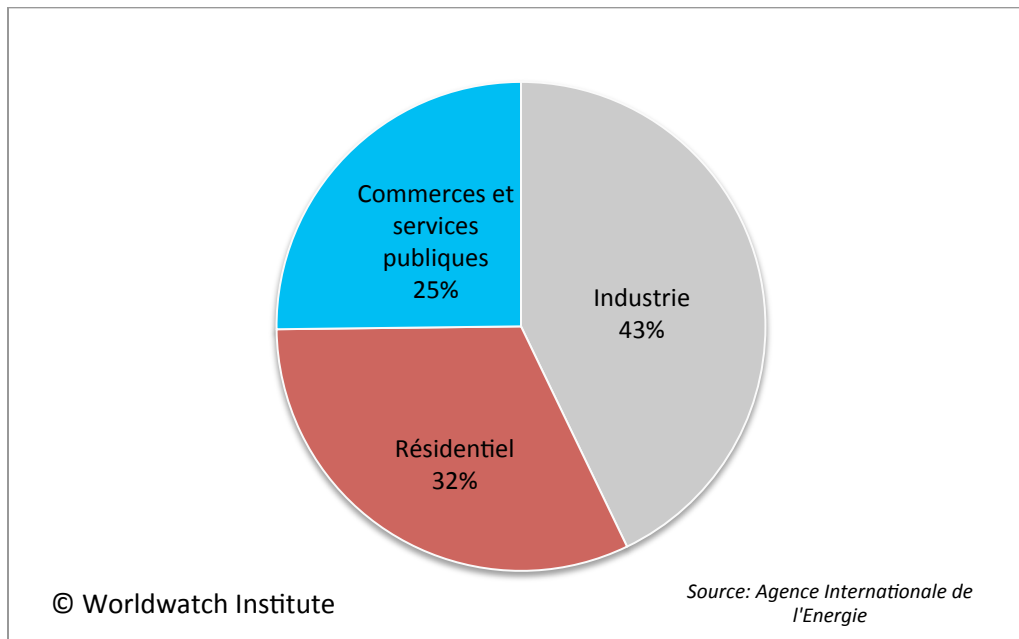
La consommation d'électricité par habitant en Haïti est de loin, la plus faible dans la région d'Amérique latine et les Caraïbes (voir figure 2.1), en grande partie parce EDH ne peut pas répondre à la demande électrique existante.⁵ Les mesures d'efficacité énergétique sont cruciales car elles permettraient à Haïti de fournir plus de services énergétiques avec moins d'énergie.

Figure 2.1. Consommation d'électricité par rapport au PIB par habitant en Amérique latine et dans les Caraïbes, 2010



Les secteurs qui devraient être ciblés pour les mesures d'efficacité énergétique sont celles qui (1) représentent une part importante de la consommation d'énergie en Haïti, (2) sont extrêmement inefficace, et (3) sont au cœur de l'économie haïtienne ou le bien-être des Haïtiens. L'industrie représente la plus grande part de la consommation totale d'électricité dans le pays à 43 %, suivi du secteur résidentiel (32 %) et du commerce et les services publics (25 %).⁶ (Voir figure 2.2.)

Figure 2.2. Part de la consommation d'électricité en Haïti par secteur, 2011



2.2 Améliorer l'efficacité des centrales électriques existantes

Une grande partie de la flotte de la production d'électricité d'Haïti est vieillissante et inefficace. Seulement 63 % de la capacité installée totale du pays, y compris 48 % de sa capacité hydroélectrique installée, est actuellement opérationnelle.⁷ Comme Haïti cherche à diversifier son approvisionnement énergétique et augmenter la capacité nécessaire, améliorer l'efficacité et la rénovation des centrales existantes augmenterait la production et réduirait les coûts d'énergie à court et à moyen terme.

À la suite de l'entretien inadéquat, les installations d'énergie en Haïti se détériorent plus rapidement que prévu, et parfois l'équipement ne peut pas être réparé ou remplacé.⁸ Péligre, la plus grande centrale hydroélectrique d'Haïti, a une capacité nominale de 52 MW mais ne fonctionne qu'à moitié de sa capacité, avec au moins une turbine hors service.⁹ En outre, la déforestation et l'érosion continue ont contribué à une accumulation de limon qui bloque le réservoir.¹⁰ En moyenne, les producteurs haïtiens fonctionnent à un facteur de capacité de 25 %, ce qui signifie que seulement environ 60 MW au total est effectivement produit à un moment donné dans le pays.¹¹ La capacité limitée explique en grande partie pourquoi la production d'électricité en Haïti a diminué de plus de 30 % entre 2004 et 2010.¹²

Même si Haïti continue à explorer différentes options pour la diversification énergétique, l'amélioration de l'efficacité et la rénovation des centrales existantes sont des moyens importants pour augmenter la production et réduire les coûts d'énergie à court ou à moyen terme. Les efforts continus de la BID, la KfW, et le Fonds de l'OPEP pour le Développement International pour la réhabilitation de Péligre est un bon exemple de partenariat international se concentrant sur l'importance des améliorations.¹³ En plus de contribuer à satisfaire la demande, la réparation des centrales à combustible fossile et des centrales hydroélectriques augmenteraient la capacité de production de base, rendant possible l'intégration d'énergies renouvelables intermittentes au bouquet énergétique.

2.3 Améliorer l'efficacité de transport et de distribution d'électricité

Le système de réseau d'EDH a des pertes de transport et de distribution considérables, estimées à 66 % en 2011.¹⁴ C'est extrêmement élevé par rapport aux normes internationales; aux États-Unis par exemple, les pertes de transmission et de distribution totale moyenne est d'environ 7 % par an.¹⁵ Environ 30 % des pertes d'électricité en Haïti sont de nature technique, résultant du système de réseau national inefficace et surchargé.¹⁶ (Pour une discussion sur le renforcement du réseau et l'extension des mesures, voir chapitre 4.) Le reste du transport et la distribution des pertes en Haïti sont des pertes non techniques résultant de branchements illégaux et de l'incapacité d'EDH à percevoir des redevances de certains clients. Selon la Banque mondiale, seulement 51,5 % des Haïtiens (180 315 clients) connectés au réseau d'EDH sont des clients légaux qui paient leurs factures.¹⁷

Améliorer l'efficacité du système de transport et la distribution d'électricité en Haïti nécessitera un renforcement du réseau pour réduire les pertes techniques et la mise en œuvre des mesures antivol pour réduire les branchements illégaux et accroître la collecte de paiement. (Voir les chapitres 4 et 8 pour une discussion de ces mesures, ainsi que le cadre politique et réglementaire nécessaire pour les mettre en œuvre.)

Bien que les pertes non techniques entraînent des pertes économiques pour les services publics et les opérateurs de réseaux, elles représentent encore l'énergie qui est utilisée et qui couvre fréquemment les besoins en électricité des personnes qui autrement ne pourraient pas se le permettre. Il est néanmoins problématique pour la construction d'un système d'électricité fiable et efficace si une grande part de l'électricité produite est volée du réseau. Trouver des solutions de politique créative et de marché pour les distributeurs d'électricité tout en continuant à promouvoir les services d'électricité fiables et abordables est essentiel à l'efficacité à long terme du système d'énergie.

2.4 Renforcement de l'efficacité du secteur industriel

Malgré le fait qu'il représente seulement 10 % du PIB haïtien, l'industrie consomme plus de 40 % de l'électricité du pays.¹⁸ L'intensité énergétique de l'industrie d'Haïti a considérablement augmenté au cours des deux dernières décennies, ce qui pose des défis pour le développement économique. En 2008, le secteur industriel d'Haïti consomma 1,95 tonne d'équivalent de pétrole par US \$1000 de la production économique.¹⁹ Ceci est trois fois plus élevé que l'intensité énergétique d'Haïti en 1990, et près de six fois la moyenne mondiale de 0,35 tep.²⁰ Un manque d'électricité disponible a été cité comme un contributeur majeur à décliner dans toutes les industries haïtiennes.²¹ Les mesures d'efficacité énergétique sont cruciales pour la relance de la production industrielle d'Haïti.

Améliorer l'efficacité énergétique de la production agricole devrait être une priorité. Selon une étude, les défis de l'accès à l'énergie et le coût élevé de la consommation d'électricité ont créé une tension énorme sur la compétitivité de l'industrie du café haïtien.²² Dans les communautés rurales, les deux tiers de la main-d'œuvre haïtienne tirent sa subsistance de l'agriculture.²³ Les études futures devraient se concentrer sur le lien entre l'énergie-agriculture et évaluer les façons dont les agriculteurs haïtiens peuvent accroître les rendements et la rentabilité sans augmentations de la demande d'eau très limitée, la biomasse et les ressources de carburants fossiles du pays. L'introduction de technologies renouvelables innovantes telles que le système solaire d'irrigation goutte à goutte, contribuerait grandement dans l'économie des ressources énergétiques et de l'eau.

L'industrie textile d'Haïti est l'un des plus grands secteurs industriels dans le pays, avec plus de 22 000 emplois locaux.²⁴ En 2010, les 23 fabricants de textiles enregistrés avaient leurs propres générateurs d'énergie sur place, même si beaucoup ont été également reliés au réseau.²⁵ Il n'existait aucune preuve de générateurs non pétroliers à l'un de ces sites de fabrication. Bien que les producteurs privés fournissent aux entreprises une certaine assurance face à l'approvisionnement du réseau peu fiable, des usines ont dû fermer temporairement en raison des pénuries d'approvisionnement en pétrole. Les mesures de production d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique sur place pourraient réduire la dépendance de l'industrie des carburants pétroliers importés et d'atténuer les risques de fermetures des usines. Certains fabricants de textiles, citant l'énergie comme leur préoccupation de coûts primaires, ont adopté l'éclairage CFL, la mise en œuvre de la technologie des toits cool et l'amélioration de l'isolation des bâtiments.²⁶ L'industrie textile, l'agro-industrie et d'autres secteurs industriels ont besoin de continuer à adopter ces mesures pour réduire leurs coûts énergétiques élevés.

Bon nombre de boulangeries, distilleries, et blanchisseries continuent de dépendre du bois de feu pour répondre à leurs besoins énergétiques considérables et constituent un secteur d'intervention à incidence élevée pour un remplacement de combustibles, ce qui profiterait à l'économie, la santé humaine et l'environnement.²⁷ La transition vers des carburants plus efficaces est une étape cruciale pour affronter le problème de la déforestation en Haïti. Développer l'utilisation des chauffe-eau solaires fournirait à ces industries une source d'énergie plus économique et moins destructrice pour l'environnement pour la cuisson et le chauffage de l'eau. En outre, production d'énergie renouvelable sur place pourrait réduire les coûts de l'électricité à long terme. En juillet 2014, le Programme des Nations Unies pour l'environnement effectuait des sondages sur la consommation énergétique des boulangeries et des blanchisseries dans le Département du Sud, sous l'initiative du portefeuille énergétique de la côte Sud. Le projet cherche à substituer de nouveaux combustibles au bois de feu afin de réduire la pression sur les ressources des forêts locales.²⁸

2.5 Encourager la consommation efficace d'électricité dans les ménages

Le secteur résidentiel haïtien représente 32 % de la consommation en électricité, offrant ainsi des occasions considérables pour l'amélioration de l'efficacité énergétique. Actuellement, l'EDH coupe tout simplement l'alimentation en électricité aux consommateurs résidentiels durant le jour afin de pouvoir alimenter les secteurs commerciaux et industriels durant les heures de travail. La mise en œuvre de mesures d'efficacité qui réduiraient la demande énergétique permettrait à l'EDH de mieux répondre à la demande et le fournisseur n'aurait pas à couper l'alimentation du secteur résidentiel aussi souvent.

2.5.1 Étiquetage des électroménagers

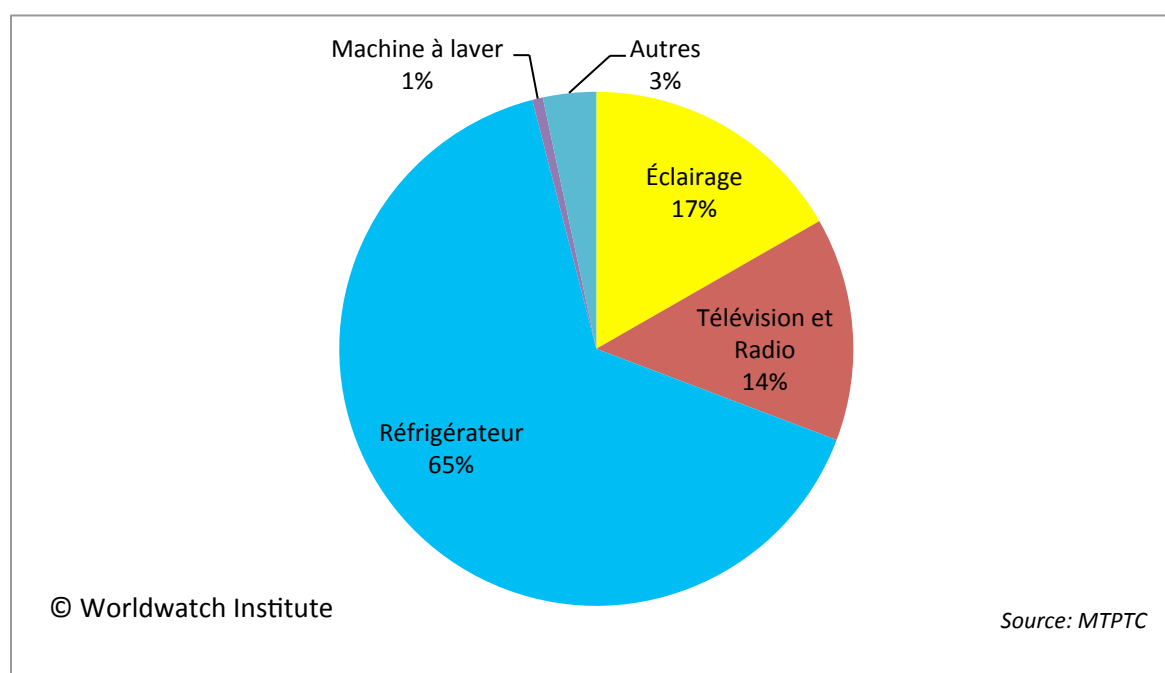
En 2006, beaucoup moins d'un tiers des ménages haïtiens utilisaient tous des appareils électriques.²⁹ (Voir le tableau 2.1.) Bien que les ménages haïtiens consomment généralement très peu d'électricité dans l'ensemble, les appareils qui sont utilisés pourraient être ciblés pour des gains d'efficacité importants, y compris les réfrigérateurs, la télévision et les appareils audio.³⁰ (Voir figure 2.3.) Ces appareils fonctionnent souvent bien en dessous des normes internationales en matière d'efficacité. Comme la situation économique du pays s'améliore et que plus de ménages sont en mesure de payer les biens ménagers modernes, il sera encore plus important de cibler ces appareils pour améliorer l'efficacité.

Tableau 2.1. Consommation d'électricité résidentielle en Haïti, par type d'appareil

Type de centrale	Part des ménages avec des appareils	Consommation d'énergie par appareil	Consommation d'énergie par ménage raccordé au réseau
	pourcentage	kilowattheures	
Éclairage	30	100	100
Télévision et audio	25	100	84
Réfrigérateur	13	900	390
Machine à laver	1	100	4
Autres	20	30	20
Total	—	—	600

Source : Voir Note 29 pour ce chapitre.

Figure 2.3. Part de la consommation d'électricité résidentielle en Haïti, par type d'appareil, 2006



Note : Le repassage est également responsable d'une partie de la consommation énergétique résidentielle, mais les données spécifiques sur cette proportion ne sont pas disponibles à l'heure actuelle.

On peut utiliser les classements énergétiques pour indiquer l'efficacité de l'appareil. Dans l'Union Européenne, les classements énergétiques sont disponibles pour les appareils domestiques et commerciaux et vont de A à G, A étant la plus efficace.³¹ Les plus hautes efficacités A+ et A++ sont disponibles pour certains appareils. Bien que les paramètres de notation varient légèrement en fonction du type d'appareil, les principaux critères évalués sont la consommation d'énergie (kWh), le volume (litres), et le niveau de bruit (décibels). En plus d'offrir des étiquettes d'information d'efficacité, certains pays ont des programmes qui fournissent aux consommateurs des incitations financières pour l'achat ou de passer à des appareils à haut rendement, comme les États-Unis Programme Energy Star. L'étiquetage de l'efficacité peut être appliqué dans tous les secteurs consommateurs d'énergie.

Bien que les réfrigérateurs ne se trouvent que dans un faible pourcentage des ménages haïtiens, ils représentent la grande majorité de la consommation d'énergie du secteur résidentiel et présentent d'énormes possibilités d'amélioration de l'efficacité. Les États-Unis Le programme Energy Star identifie

les réfrigérateurs éconergétiques comme l'appareil avec le plus grand impact sur les économies d'énergie aux États-Unis.³² Au cours des 20 dernières années, la consommation moyenne d'énergie des réfrigérateurs américains a été réduite de 60 %.³³ Des progrès similaires peuvent être envisagés en Haïti, et puisque la réfrigération deviendra plus commune car le PIB par habitant augmente, elle devrait être une priorité dans la politique d'efficacité énergétique.

En outre, les téléviseurs et les ordinateurs deviendront plus fréquents en Haïti car le moyen de consommation des gens augmente. Les appareils à basse consommation d'énergie tels que les téléviseurs DEL, seront un élément important pour les ménages et efficace pour les bureaux à l'avenir. Le gouvernement devrait envisager d'appliquer un programme d'étiquetage pour permettre aux consommateurs de prendre des décisions plus éclairées lors de l'achat des appareils de haute consommation.

2.5.2 Éclairage

L'éclairage représente 17 % de la consommation d'électricité résidentielle en Haïti et l'appareil électrique le plus commun dans les ménages haïtiens.³⁴ Il offre également certaines des options les moins coûteuses pour réduire la consommation d'énergie. Tous les 3 watts d'éclairage évité économisent 1 watt pour les besoins de refroidissement pour résoudre les questions de chaleur, en réduisant l'énergie requise pour le refroidissement de 30 à 40 %.³⁵

Les deux approches principales pour maximiser l'efficacité de l'éclairage sont (1) cibler les communautés qui utilisent encore des ampoules à incandescence et remplacer ces ampoules par des lampes fluorescentes compactes (LFC) plus efficaces ou des diodes électroluminescentes (DEL), et (2) réduire au minimum le besoin d'éclairage artificiel en s'appuyant sur le renforcement et l'espace de conception pour optimiser la lumière naturelle. (Voir encadré 2.2.) Pour les communautés rurales, qui sont d'un intérêt particulier pour Haïti, les installations de LFC, DEL et la modernisation de l'éclairage public sont parmi les solutions d'efficacité énergétique les plus rentables.³⁶

Encadré 2.2. Options d'éclairage pour Haïti

Il existe plusieurs types d'ampoules avec différents niveaux d'efficacité. Celles-ci comprennent :

- **Les ampoules à incandescence** qui produisent de la lumière en chauffant un fil de filament à une température élevée pour le faire briller. Les ampoules à incandescence sont largement utilisées dans les bâtiments résidentiels et commerciaux, mais sont remplacées de plus en plus en faveur de l'éclairage éconergétique. Les ampoules à incandescence sont relativement inefficaces, car environ 90 % de l'énergie qu'elles consomment est perdue par la chaleur résiduelle, et seulement une petite quantité est effectivement exploitée pour produire de la lumière visible.
- **Les lampes fluorescentes compactes (LFC)** qui ont un tube rempli de gaz qui génère de la lumière lorsqu'il est ionisé par une décharge électrique. Les LFC consomment moins d'énergie que les ampoules à incandescence pour produire la même quantité de lumière. Une LFC qui consomme 15 watts produit autant de lumière qu'une ampoule à incandescence de 60 watts. Le rendement lumineux de LFC est proportionnel à la surface de l'ampoule.
- **Les diodes électroluminescentes (DEL)** qui agissent en déplaçant des électrons pour libérer de l'énergie sous forme de photons. Les DEL sont plus efficaces que les ampoules à incandescence, une DEL de 10 watts équivaut à une ampoule à incandescence de 60 watts, et les DEL sont utilisés de plus en plus pour l'éclairage

intérieur. Contrairement à LFC, l'efficacité du DEL ne dépend pas de la forme ou de la taille du bulbe.

En supposant que tous les éclairages existants dans les ménages haïtiens sont assurés par des ampoules à incandescence, la transition vers l'utilisation de LFC ou DEL pourrait sauver le pays entre 9 et 10 % de sa consommation actuelle d'électricité finale.³⁷ (Voir le tableau 2.2.) Bien que les ampoules fluocompactes économiseraient de l'énergie et réduiraient les coûts associés en Haïti, elles contiennent du mercure et doivent être éliminées soigneusement. Considérant la capacité de gestion des déchets limitée en Haïti, ce qui pourrait poser des problèmes à court terme.

Tableau 2.2. Énergie potentielle et économie à partir du changement de technologie d'éclairage en Haïti

Éclairage	Consommation électrique par ampoule	Consommation annuelle d'électricité par appareil	consommation annuelle résidentielle par la technologie	Épargne annuelle possible avec le remplacement des ampoules incandescentes	Épargne annuelle possible avec le remplacement des ampoules incandescentes	Épargne annuelle possible comme part du consommation nationale d'électricité en 2009
	watts	kilowattheures		USD	gigawatt-heures	pourcentage
Incandescent	60	100	44,7	—	—	—
CFL	15	25	11,2	11,70	33,5	9,5
DEL	10	16,7	7,5	13,00	37,3	10,6

Source : Voir Note 36 pour ce chapitre.

© Worldwatch Institute

Trouver des moyens d'améliorer la lumière naturelle peut maximiser l'efficacité de l'éclairage à faible coût, mais peut aussi provoquer une surchauffe. Les périphériques d'ombrage ou « persiennes » sont orientés pour laisser pénétrer la lumière tout en maintenant la lumière directe du soleil à l'extérieur pouvant atténuer cet éventuel problème.³⁸ Les photodétecteurs constituent un autre outil facilement accessible qui peut être utilisé pour améliorer les économies d'énergie du système d'éclairage en éteignant automatiquement les lumières lorsqu'un espace est inoccupé. Les photodétecteurs détectent la présence ou l'absence d'une personne dans un espace à l'aide d'un émetteur de lumière et un récepteur photoélectrique. Les photodétecteurs peuvent notamment économiser des quantités énormes d'énergie dans les immeubles les plus grands et les plus fréquentés, comme dans le secteur commercial et des services publics.

Actuellement, EDH coupe tout simplement l'accès à l'électricité aux clients résidentiels pendant la journée afin qu'il puisse fournir de l'électricité aux clients industriels et commerciaux pendant leurs heures de travail. En mettant en œuvre des mesures d'efficacité qui réduisent la demande d'énergie, EDH serait mieux équipé pour répondre à la demande et aurait besoin de couper l'approvisionnement en électricité résidentiel moins souvent.

2.6 Améliorer l'efficacité des immeubles

Le refroidissement des espaces intérieurs nécessite une importante consommation électrique dans le secteur commercial et les services publics. En se concentrant sur les systèmes moins énergivores, la ventilation (CVC) ainsi que les immeubles avec coffrages isolants peuvent conduire à des économies d'énergie substantielles, en particulier dans les plus grands bâtiments commerciaux et publics.

Globalement, le passage aux unités de climatisation les plus efficaces permet d'économiser jusqu'à 30 % des coûts d'énergie dépensée par le refroidissement.³⁹ Les ventilateurs efficaces qui utilisent jusqu'à 60 % moins d'énergie que les ventilateurs normalisés, peuvent également contribuer à des économies d'énergie considérables à un coût relativement faible.⁴⁰ Bien que peu de ménages haïtiens aient actuellement des systèmes de CVC, l'efficacité des systèmes de CVC devrait également être envisagée dans le secteur résidentiel car le revenu disponible des ménages augmente. En outre, les systèmes de CVC à haute efficacité devraient être mis en œuvre dans le secteur industriel comme il s'accroît.

Parce que les immeubles – contrairement aux appareils énergivores dans d'autres secteurs – sont conçus pour durer des décennies, ils ont un impact particulier sur la consommation d'énergie à long terme.⁴¹ Une conception et une construction inspirée présentent donc d'importantes possibilités de gains d'efficacité.

Le climat tropical d'Haïti présente des défis de refroidissement particuliers. L'enveloppe du bâtiment—le séparateur physique entre l'extérieur et les environnements intérieurs d'un immeuble, y compris les murs, les planchers, les toits, les fenêtres et portes—est le principal outil avec lequel la chaleur peut être maintenue à l'intérieur ou à l'extérieur d'un immeuble.⁴² L'indicateur principal utilisé pour évaluer l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment dans le maintien d'un environnement intérieur confortable est le coefficient global de transfert thermique, connu sous le nom de « U-value ». Une faible U-Value signifie que les matériaux de construction conservent efficacement l'énergie en limitant le transfert de chaleur à l'intérieur et à l'extérieur de l'immeuble. L'orientation du bâtiment influe également sur le U-Value en influant sur combien l'enveloppe du bâtiment et l'intérieur sont chauffés par le soleil.⁴³ Une variété de compositions de matériaux différents peut être utilisée pour atteindre un faible U-Value.

Un faible U-value aide à garder les immeubles chauds en hiver et frais en été, et peut réduire la demande de refroidissement jusqu'à 75 %.⁴⁴ Un faible U-value indique une bonne isolation du bâtiment, ce qui signifie qu'il est nécessaire de diminuer la consommation d'énergie pour maintenir les immeubles à une température confortable. L'impact d'un U-value faible est particulièrement pertinent dans les toits, en réduisant des gains thermiques résultant de la quantité importante d'énergie solaire qui arrive sur le toit et les murs avec une faible masse thermique.⁴⁵

Réduire des courants d'air en assurant une continuité de l'isolation et bien fermé les joints des portes et fenêtres améliore l'efficacité globale du bâtiment. Les courants d'air peuvent être identifiés à l'aide de l'imagerie thermique, bien que ce processus puisse être coûteux en fonction de la taille de l'immeuble sondé. Imagerie thermique précise requiert aussi de grandes différences entre les températures intérieures et extérieures. Il est important d'impliquer les bâtiments qui utilisent la climatisation dans le processus.

Cependant s'assurer du rendement de haut niveau pendant l'existence de l'immeuble requiert également un entretien constant. Comme les bâtiments vieillissent, il en va de l'efficacité de leurs systèmes électriques et mécaniques. Les codes et les normes de construction peuvent aider à assurer qu'une bonne isolation et un entretien régulier gardent l'immeuble efficient et efficace, contribuant ainsi à des coûts et des économies d'énergie à long terme. Les codes de construction établis tels que le Code International pour la Conservation de l'Énergie (CICE) fournissent une excellente base pour l'élaboration des règlements et des normes, mais il est également important d'évaluer les conditions spécifiques à la région dans laquelle ils sont mis en œuvre.

Bien que l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment ait plus de potentiel pour économiser l'énergie dans le secteur commercial et des services publics, il y a aussi un important potentiel de gains d'efficacité dans les secteurs résidentiels et industriels. Les toits rafraîchissants sont particulièrement applicables à ces secteurs parce qu'ils sont peu coûteux et rapides à mettre en œuvre.⁴⁶ (Voir encadré 2.3.)

Encadré 2.3. Toits rafraîchissants pour Haïti

Compte tenu du climat en Haïti—les toits rafraîchissants qui reflètent la lumière et émettent de la chaleur plus efficacement que les toits traditionnels—sont un moyen efficace et peu coûteux d'accroître l'efficacité de la construction. Dans les climats chauds, les toits sombres peuvent atteindre des températures supérieures à 65,5 degrés Celsius (°C), tandis que les toits rafraîchissants peuvent aider à réduire la température de toit de 10 °C. Ils sont les plus efficaces et économiques dans les climats qui sont chauds toute l'année, faisant d'Haïti un endroit idéal pour leur utilisation.

Les nombreux avantages directs des toits rafraîchissants comprennent la réduction des exigences de conditionnement d'air, résultant en des factures d'énergie moins élevées. Dans les bâtiments sans climatisation, ils créent des climats intérieurs plus frais et plus confortable. Ils étendent également la durée de vie d'un toit. Les avantages indirects comprennent la réduction des températures locales en reflétant le rayonnement solaire plus dans l'atmosphère. En réduisant les besoins en climatisation, les toits rafraîchissants réduisent également la demande globale d'énergie et le déplacement des charges. Dans le cas d'Haïti, ce qui permettrait à EDH de répondre à une plus grande part de la demande d'électricité du pays avec une capacité de production existante. Le déplacement des charges permettrait également de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de particules.

Les deux mesures utilisées pour évaluer un toit rafraîchissant sont le reflet solaire et l'émission thermique. Le reflet solaire est la capacité d'un toit à refléter la lumière du soleil, et est mesuré sur une échelle de 0 à 1; plus une surface est réfléchissante, plus son score est élevé. Par exemple, si un toit reflète à 60 % de la lumière solaire entrante, sa réflectance solaire est de 0,6. Les toits sombres ont typiquement un facteur de réflexion solaire de 0,05 à 0,2, tandis que les toitures les plus légères sont dans la gamme de 0,55 à 0,9. Plus un toit reflète la lumière solaire, moins il absorbe (et donc de l'immeuble) de chaleur. Les toits de couleur claire contribuent donc à rafraîchir les toits et les espaces du bâtiment.

L'émission thermique mesure l'efficacité d'un espace pour émettre des rayonnements thermiques. Tout comme le reflet solaire, elle est mesurée sur une échelle de 0 à 1. Si un matériau peut parfaitement émettre la totalité de son rayonnement thermique, il dispose d'un rayonnement thermique de niveau 1. La plupart des surfaces non métalliques ont des émissions thermiques d'entre 0,8 à 0,95. Plus l'émission thermique est élevée, plus frais sera l'espace du bâtiment car la chaleur s'échappera plus facilement par le toit.

En général, l'indice de réflectance solaire (IRS) —calculée en combinant la réflectance solaire et l'émission thermique d'un toit sur une échelle de 0 à 100—est utilisé pour mesurer la fraîcheur d'un toit. Plus l'ISR du toit est élevé, plus le toit est frais. Les toits sombres ont typiquement un ISR de moins de 20. Le Conseil du bâtiment durable des États-Unis définit un toit frais comme un toit à faible pente avec un ISR d'au moins 78 et un toit en pente raide avec une ISR d'au moins 29.

Source : Voir Note 45 pour ce chapitre.

2.7 Efficacité dans les hôtels

L'industrie hôtelière et touristique en Haïti est à forte intensité énergétique, principalement en raison des exigences pour la climatisation, l'éclairage et le chauffage de l'eau. En raison du manque de fiabilité

des services d'EDH, presque tous les hôtels dépendent de l'autogénération d'énergie. Malgré ces coûts élevés d'énergie pour le secteur touristique, les hôtels ont tardé à adopter des mesures d'efficacité énergétique dans leurs plans à long terme. Une évaluation récente des hôtels dans les Caraïbes a montré que l'adoption de mesures d'efficacité énergétique dans la climatisation, l'éclairage et d'autres utilisations finales pourrait économiser 34,4 % des coûts d'électricité des immeubles.⁴⁷

Le gouvernement haïtien a signalé que le développement du secteur touristique est une priorité pour l'avenir. Par conséquent, l'adoption de mesures d'efficacité énergétique dans les hôtels est importante si le pays pense à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de manière significative. Les hôtels haïtiens consomment 30 GWh d'électricité par an, et par des mesures d'efficacité énergétique, il est possible d'économiser de 7 GWh d'électricité et 5,1 kilotonnes de CO₂ par an.⁴⁸

L'investissement nécessaire pour atteindre ces objectifs est estimé à US \$4 millions, ce qui permettrait d'économiser un montant estimé à US \$2,5 millions en coûts d'énergie chaque année.⁴⁹ Cela représente une période de récupération totale de seulement 1,6 an.⁵⁰ Le tableau 2.3 montre le potentiel d'efficacité énergétique pour les hôtels de la région des Caraïbes, y compris avec des périodes de remboursement de technologies spécifique.⁵¹ La climatisation, les contrôles, l'éclairage et les chauffe-eau solaires apparaissent comme ayant des potentiels d'épargne élevés et des courtes périodes de récupération.

Tableau 2.3. Économies provenant de l'installation des équipements d'efficacité énergétique dans les hôtels des Caraïbes

Équipement	Économies d'électricité	Économies de coûts	Investissement	Période de recouvrement
	gigawatt-heures	millions de dollars		années
Climatisation	340	105	185	1,8
Contrôles d'efficacité	76	24	41	1,7
Ventilateurs d'évacuation	3	1	1	1,5
Éclairage	83	24	18	0,7
Pompes de piscine	19	5	3	0,6
Pompes	8	2	1	0,5
Eau chauffée par énergie solaire	47	8	9	1,1
PV solaire	36	10	39	3,8
Film pour fenêtres	35	9	19	2,0

Source : Voir Note 51 pour ce chapitre.

2.8 Résumé

Les coûts élevés de l'électricité en Haïti et les pertes techniques et non techniques importants signifient que l'amélioration de l'efficacité énergétique aurait pour conséquence des réductions de coûts significatives. Compte tenu de la pénurie actuelle de l'offre, ces mesures permettraient également d'étendre les services d'électricité. Améliorer l'efficacité de la production d'énergie et la réduction des pertes du réseau en Haïti—les deux étant loin des normes internationales—sont une première étape pour réduire les prix de l'électricité aux consommateurs.

Amélioration de l'utilisation finale et des normes pour les secteurs clés peuvent réaliser d'importantes économies d'énergie supplémentaires. D'autres études évaluant les gains potentiels d'efficacité énergétique dans les industries agricoles et textiles devraient être prioritaires. Dans le secteur

résidentiel, l'éclairage et la réfrigération montrent le plus grand potentiel d'économies d'énergie. Les systèmes de CVC et les améliorations de l'enveloppe du bâtiment pourraient économiser une importante quantité d'énergie et d'argent au secteur des services publics et commercial.

Malgré la motivation économique pour l'amélioration de l'efficacité énergétique, le manque de prise de conscience de ces avantages et les coûts de financement initiaux pose encore un obstacle à la mise en œuvre. (Voir le chapitre 7 pour une discussion sur les options de financement existantes et les besoins de renforcement des capacités, et le chapitre 8 pour les programmes supplémentaires d'efficacité énergétique recommandés et des normes.)

3 Potentiel en énergie renouvelable d'Haïti

Principaux résultats

- Haïti possède un excellent potentiel d'énergie renouvelable, notamment pour l'énergie solaire et éolienne. Selon l'évaluation des ressources, le pays a théoriquement le potentiel de satisfaire à la totalité de la demande d'électricité à l'aide des ressources renouvelables et de technologies qui sont présentement disponibles.
- La région métropolitaine de Port-au-Prince, où réside un quart de la population du pays, bénéficie de ressources solaires et éoliennes parmi les plus performantes.
- Le potentiel d'énergie solaire en Haïti est extrêmement fort sur toute l'étendue du territoire et reste ainsi tout au long de l'année, même en hiver. On estime que six kilomètres carrés de panneaux solaires photovoltaïques pourraient produire autant d'électricité que produit Haïti actuellement.
- La génération d'énergie solaire photovoltaïque distribuée au niveau des ménages et des entreprises peut jouer un rôle important dans le bouquet énergétique d'Haïti. Le PV solaire a démontré qu'il est capable d'alimenter les grands consommateurs d'énergie, tels que l'hôpital de Mirebalais, et rend possible la reconduction de l'électricité excédentaire des producteurs indépendants vers le réseau.
- Plusieurs endroits en Haïti ont un potentiel d'énergie éolienne extrêmement fort. Seulement quelques parcs éoliens de taille moyenne dans le pays pourraient fournir la majorité de la demande d'énergie actuelle d'Haïti. Selon la localisation, entre 6 et 12 kilomètres carrés de parcs éoliens pourraient générer autant d'électricité que produit Haïti actuellement.
- Le potentiel éolien varie tout au long de la journée et de l'année, ce qui signifie que les sites d'installation doivent être choisis avec soin et conformément à d'autres zones de production, les sources et les centres de charge. Le Lac Azeui se distingue par des ressources éoliennes très fortes et cohérentes tout au long de la journée et de l'année.
- Développer des petites capacités hydroélectriques supplémentaires peut fournir une puissance relativement pas chère pour les zones actuellement mal desservies et éloignées d'Haïti.
- Il existe un potentiel important pour la conversion des déchets en énergie en Haïti, bien que l'absence d'un système coordonné pour la collecte des déchets dans tout le pays reste un obstacle majeur.
- Le potentiel de la biomasse reste important en Haïti. Particulièrement, les déchets de canne à sucre inutilisés pourraient fournir d'importantes quantités d'énergie.
- Même si Haïti n'a pas de potentiel pour le développement de l'énergie géothermique, le chauffage géothermique et les systèmes de refroidissement pourraient être utilisés dans des installations comme les bureaux gouvernementaux, les bâtiments commerciaux et les hôtels.
- Il n'existe actuellement aucun développement d'énergie marine en Haïti, bien que l'intérêt ait été montré dans quelques endroits et les coûts continuent à descendre à l'échelle mondiale.

Dans les zones où le réseau électrique est peu fiable ou inaccessible, les consommateurs qui ont les moyens se fient souvent à l'autogénération pour assurer une alimentation adéquate. Dans les Caraïbes, cela est fait traditionnellement par l'utilisation de générateurs diesel privés, une source d'énergie

inefficace et souvent coûteuse qui contribue à la pollution locale. Cependant de plus en plus, les consommateurs—y compris les hôtels, les entreprises et les institutions privées—se tournent vers les énergies renouvelables. Ce chapitre évalue les ressources énergétiques physiques renouvelables d’Haïti, en particulier l’énergie solaire, l’éolienne, les petites centrales hydroélectriques, la biomasse, les déchets à l’énergie, houlomotrice et marémotrice et la géothermie.

3.1 S’appuyant sur les évaluations existantes

Une série d’études ont estimé le potentiel des ressources renouvelables de l’énergie en Haïti, donnant un aperçu important de la disponibilité des ressources. (Voir l’annexe I.) Dans les cas où les études sont détaillées et couvrent une vaste étendue de la géographie d’Haïti, leurs résultats ont été inclus ici pour compléter nos propres évaluations.

Cette feuille de route comprend des évaluations des potentiels d’énergie solaire, éolienne, biomasse, hydroélectricité et des déchets en énergie en Haïti. Une analyse approfondie exclusive de la ressource solaire dans six localités (Cul de Sac, Les Cayes, L’île de la Tortue, Parc Sonapi, Péligre, et Port-de-Paix) et la ressource éolienne dans six localités (Morne-à-Cabrit, la Gonâve, Morne Vent, Môle Saint-Nicolas, Lac Azuéli, et Tiburon) a été menée pour cette étude. Les points clés sont abordés dans le chapitre suivant, et les rapports complets sont disponibles dans les annexes.

Les emplacements solaires ont été choisis en étroite collaboration avec le Cabinet du ministre délégué auprès du ministre pour la sécurité de l’énergie après avoir examiné les cartes des ressources nationales avec à la fois, un fort potentiel de ressources et une proximité des agglomérations. À Port-au-Prince, le centre commercial d’Haïti et le lieu d’hébergement d’un quart de la population, l’énergie solaire offre l’occasion unique pour la production d’énergie commerciale et résidentielle et le chauffage de l’eau. Haïti ne dispose pas d’un réseau électrique à l’échelle nationale, laissant de nombreuses communautés sans accès à l’électricité. En plus du système solaire commercial, ce rapport examine le potentiel pour l’électrification rurale par systèmes solaires autonomes.

Le Bureau du ministre délégué a également conseillé sur le choix des six zones de vent. La sélection a été basée sur un examen attentif des évaluations nationales, le choix des zones à fort potentiel éolien et à la fois à proximité des agglomérations et des systèmes de transmission. Les évaluations antérieures effectuées par E3/Windenergy ont été faites à une hauteur de pivot de 50 mètres; cependant, l’évaluation de Worldwatch se fait à une hauteur de 80 mètres, ce qui permet l’implantation de turbines éoliennes de taille industrielle. Les États-Unis National Renewable Energy Laboratory (NREL) a également effectué une étude de vent, mais cela a été fait à une résolution inférieure et les données ne sont pas facilement accessibles.

L’analyse de Worldwatch est destinée à informer les plans pour la centrale de transmission et la composition des sources d’énergie d’Haïti, offrant une fenêtre sur l’ensemble du potentiel d’énergie renouvelable des régions étudiées et d’explorer les effets de la dispersion géographique sur les fluctuations de la production d’électricité. Cependant l’analyse est trop grossière pour capter les petits détails et les phénomènes qu’il peut en résulter comme des changements dramatiques dans la vitesse du vent qui se traduisent par des écarts de production estimés. En outre, les estimations de puissance dans notre analyse éolienne sont calculées uniquement en termes bruts (pas net), et ne peuvent pas être invoquées à des fins spécifiques de développement. Une évaluation de la spécificité évaluerait ces problèmes comme la prochaine étape logique, en utilisant les données d’observation et d’autres modélisations pour obtenir une compréhension plus précise du potentiel solaire ou éolien d’un site.

En outre, l'analyse de Worldwatch présente un aperçu de l'hydroélectricité et le potentiel de la biomasse en Haïti. Ces deux ressources sont déjà en cours d'utilisation dans le pays et ont le potentiel pour contribuer de manière significative à la production d'électricité centralisée et hors réseau.

3.2 Potentiel énergétique solaire

3.2.1 Réussite mondiale de l'énergie solaire

Aujourd'hui, une suite de technologies relativement matures est disponible pour convertir l'énergie du soleil en électricité. Elles s'inscrivent généralement dans l'une des deux catégories suivantes : les modules photovoltaïques (PV) qui convertissent directement la lumière en électricité, et le système heliothermodynamique qui convertit la lumière solaire en énergie thermique qui est ensuite utilisée pour piloter un moteur. L'énergie solaire peut fonctionner à toute échelle, mais alors que les systèmes heliothermodynamique sont généralement considérés comme viables uniquement comme centrales électriques de taille industrielle, la technologie PV est modulaire et peut être adaptée pour l'usage domestique, dans les paramètres de taille moyenne comme les stations et les installations industrielles, ou comme un vaste réseau de parcs photovoltaïques de taille industrielle.

Traditionnellement, l'énergie solaire n'a pas été à prix compétitif avec la production d'électricité conventionnelle en partie en raison du niveau élevé de subventions directes et indirectes que bénéficient les carburants fossiles.¹ Le soutien du gouvernement, que ce soit sous la forme de tarifs de rachat, les normes de portefeuille d'énergies renouvelables, crédits d'impôt, ou d'autres mécanismes, a été nécessaire pour aider à niveler le terrain de jeu et à accélérer l'adoption des technologies solaires. Mais les coûts pour les systèmes solaires diminuent très vite, et une offre excédentaire de modules peut en outre accélérer ce déclin. Le prix des modules PV au silicium cristallin a chuté de 45 % en seulement deux ans, de US \$4,05 par watt en 2008 à US \$2,21 en 2010, et il est prévu qu'il passera à US \$0,36 d'ici la fin de 2017.² L'énergie solaire est déjà à prix compétitif dans de nombreuses situations. Les installations PV dans la région du Golfe Persique, par exemple, contrebalancent l'électricité produite par le pétrole et apportent des rendements positifs.³ La hausse de 39 % des nouvelles installations photovoltaïques dans le monde seulement en 2013 a été le résultat des politiques de soutien solides et de la baisse rapide des coûts de la technologie.⁴

Jusqu'à récemment, les coûts de l'heliothermodynamique étaient inférieurs à l'énergie solaire photovoltaïque; néanmoins, la réduction drastique des coûts de l'énergie PV au cours des dernières années a rendu la technologie PV comparable ou même moins cher que l'heliothermodynamique. Néanmoins, d'autres réductions au niveau de l'heliothermodynamique sont attendues puisque le déploiement commercial de la technologie est en expansion. Les technologies de production les plus efficaces et l'amélioration du stockage devraient permettre la réduction des coûts d'exploitation de l'heliothermodynamique de 40 % ou plus d'ici 2020.⁵ Bien que l'heliothermodynamique puisse être une technologie efficace à l'échelle industrielle, sa forte consommation d'eau par rapport aux autres sources d'énergie renouvelables est un problème, rendant l'heliothermodynamique moins attrayant pour les petits États insulaires qui ont un approvisionnement limité en eau douce. Le marché mondial de CST a augmenté de 60 % en 2012 et 36 % en 2013, pour atteindre une capacité installée totale de 3,4 GW; d'autre part, le marché mondial de l'énergie solaire photovoltaïque a atteint une capacité totale installée de 139 GW en 2013.⁶

En plus de fournir de l'électricité, l'énergie solaire est généralement utilisée pour le chauffage de l'eau et des espaces, en remplacement des systèmes électriques ou à gaz. Le chauffage d'eau par solaire peut être actif ou passif, ce qui signifie que les systèmes utilisent soit des pompes et des contrôleurs, pour déplacer et réguler l'eau, ou compte uniquement sur la convection. Les systèmes actifs sont plus efficaces mais sont aussi plus coûteux et nécessitent beaucoup plus d'entretien. Les systèmes passifs n'ont pas de pièces mobiles et sont appréciés pour leur simplicité. Les systèmes solaires d'eau chaude sont généralement concurrentiels au niveau mondial, avec des périodes de remboursement de moins de deux ans dans de nombreux cas. En 2013, la capacité de chauffage solaire de l'eau mondiale a atteint 325 gigawatts thermiques.⁷

Dans les petits États insulaires, l'attractivité du chauffage de l'eau par le solaire est évidente. Chypre est le chef de file mondial dans les installations par habitant, et l'expérience de la Barbade est considérée comme un exemple de réussite de l'énergie renouvelable dans les Caraïbes.⁸ Les importations de matériel en franchise de droits et les incitations fiscales à la Barbade ont créé un marché prospère, avec 40 000 systèmes d'eau chaude solaires installés sur les maisons, entreprises et hôtels, ainsi qu'une pénétration de marché de 33 % pour les immeubles résidentiels.⁹ Le succès de ce projet a été cité explicitement par la BID en annonçant un prêt de plusieurs millions de dollars dans le pays pour le développement des énergies renouvelables continu.¹⁰

3.2.2 Statut actuel de l'énergie solaire en Haïti

Les systèmes solaires photovoltaïques sont utilisés sur une petite échelle à Haïti. Plusieurs initiatives—y compris l'installation de Boucan Carré, l'actuel programme « Ban m Limyè, Ban m Lavi », les efforts d'auto-génération aux Hôpitaux de Mirebalais et Bernard Mevs (voir l'étude de cas 1) —démontrent la faisabilité de l'énergie solaire photovoltaïque dans le pays.¹¹ Earthspark, une organisation qui a pour but d'éradiquer la pauvreté énergétique en Haïti, a ouvert un magasin qui vend des marchandises qui marchent à l'énergie solaire. Ceci inclut les lampes solaires, qui ont aidé les familles à économiser de l'argent comparativement à l'utilisation du kérosène et la bougie, et ont également permis à de nombreuses vitrines de rester ouvert plus tard et conduit à de nouvelles entreprises telles que les stations de chargement de portable. La fondation Sirona Cares a mis en place un programme de location de batteries rechargées à l'énergie solaire dans divers départements, y compris une station de chargement de 2 kW pouvant alimenter jusqu'à 100 batteries. Ces dernières sont louées aux consommateurs sur une base mensuelle pour un tarif qui inclut les frais de rechargement.¹²

Bien que le développement de l'énergie solaire ait été à ce point limité en Haïti, elle a eu un effet transformateur dans les communautés où elle est utilisée. Le pays n'a pas pleinement utilisé le chauffage solaire de l'eau à une échelle significative, l'eau chaude solaire représente encore un fruit mûr pour accroître l'absorption des énergies renouvelables dans le pays, avec des coûts étant bien inférieurs à ceux des PV par unité d'énergie produite.

Étude de cas 1. Autoproduction de l'énergie solaire en Haïti : L'Hôpital universitaire de Mirebalais

En Haïti, L'Hôpital Universitaire de Mirebalais (HUM), construit en 2013, illustre à quel point l'autoproduction d'énergie à partir de sources d'électricité abordables et renouvelables peut avoir des effets positifs considérables.

Même avant le séisme dévastateur de 2010, les systèmes électrique et sanitaire publics d'Haïti ont été classés parmi les pires de l'hémisphère occidental. En plus d'endommager l'infrastructure énergétique et perturber les services électriques déjà limités, le séisme a détruit les centres de santé existants, tué beaucoup de professionnels médicaux qualifiés et étudiants en soins infirmiers, et sévèrement endommagé l'hôpital général

de Port-au-Prince.

HUM, un espace de 205,000 pieds carrés, alimenté par le soleil avec 300 lits, est une initiative conjointe de Partners-in-Health établie à Boston et l'organisation haïtienne Zanmi Lasante. Lorsqu'il sera pleinement opérationnel, il fournira des services de soins de santé primaires à environ 185 000 personnes à Mirebalais et les communautés voisines, avec des patients provenant du Centre d'Haïti et de Port-au-Prince pour accéder aux soins secondaires et tertiaires. En tant que plus grand hôpital du pays—avec six blocs opératoires, une unité de soins intensifs néonataux et la seule installation publique en Haïti avec un TDM—l'UHM sera l'hôpital d'enseignement pour les prochaines générations d'infirmières, d'étudiants en médecine et de médecins haïtiens, en aidant à renforcer les capacités humaines indispensables.

Les énergies renouvelables ont été au cœur de la conception et de la mission de l'hôpital depuis sa création. HUM est alimenté par 1800 panneaux solaires sur les toits produisant un total de 400 kW, suffisant pour couvrir à 100 % les besoins en électricité de l'hôpital, même pendant les heures de forte demande; souvent, le surplus d'électricité peut être réinjecté dans le réseau. Même si l'hôpital est en train de négocier les conditions et la rémunération de cet arrangement avec EDH, ce qui pourrait servir de plus vaste modèle pour alimenter les énergies renouvelables autoproduites dans le réseau du pays et la région. Déjà, à l'instar de l'HUM, la première phase d'un système d'énergie solaire a été installée dans un autre hôpital, L'Hôpital Bernard Mevs à Port-au-Prince.

Si un plus grand effort est fait pour faire connaître le rôle de l'énergie solaire—le rôle dont elle peut jouir—dans l'amélioration des services de santé publique en Haïti, ainsi que le fait que l'HUM est en mesure de réalimenter son surplus d'énergie au réseau, cela pourrait galvaniser l'intérêt et l'appui pour l'autoproduction d'énergie dans tout le pays.

Source : Voir Note 11 pour ce chapitre.

3.2.3 Impressionnant potentiel d'énergie solaire d'Haïti

La cartographie des ressources entreprise exclusivement pour cette feuille de route indique qu'Haïti dispose d'un énorme potentiel solaire. L'éclairement horizontal global ou EHG varie de 5 à 7 kilowatts-heures par mètre carré par jour (kWh/m²/jour) dans la majeure partie du pays et se rapproche de 8 kWh/m²/jour dans certaines régions.¹³ (Voir l'encadré 3.1 et la figure 3.1.) À titre comparatif, l'Allemagne qui a environ la moitié de la capacité de solaire PV installée dans le monde, à quelques endroits avec un EHG de plus de 3,0 kWh/m²/jour et n'intervenant pratiquement pas plus de 3,5 kWh/m²/jour, et Phoenix—une ville du Sud-Ouest des États-Unis dans l'Arizona célèbre pour son potentiel solaire—a une moyenne de 5,7 kWh/m²/jour.¹⁴ Même si l'ensemble d'Haïti a une ressource solaire relativement uniforme et forte, la grande région de Port-au-Prince et la région côtière entre Gonaïves et Saint-Marc montrent un potentiel particulier, ce qui est particulièrement important étant donné que ces zones sont des centres de population dense.

Encadré 3.1. Mesures clés de l'irradiation et leur application à l'analyse des ressources solaires

L'évaluation solaire pour Haïti produite par 3TIER pour Worldwatch comprend trois mesures différentes pour l'irradiation solaire : l'éclairement horizontal global (EHG), l'éclairement normal direct (END) et l'éclairement horizontal diffus (EHD).

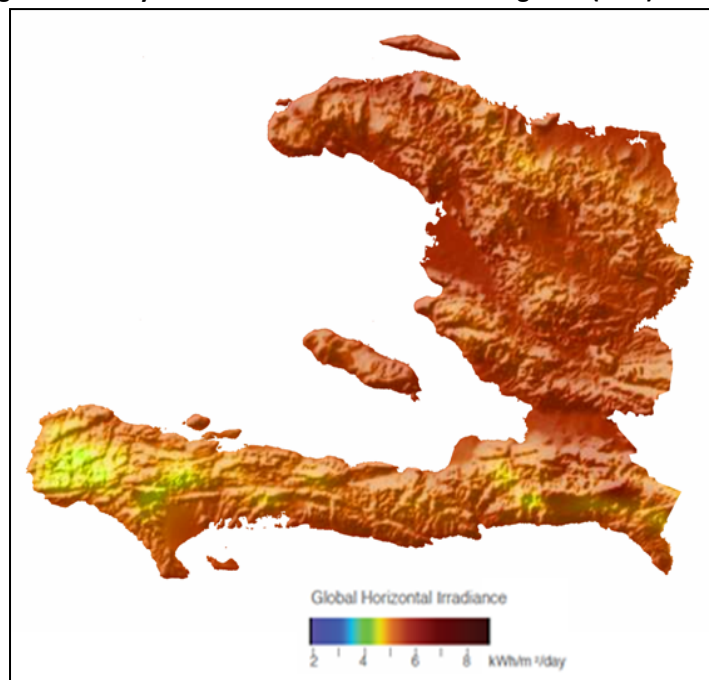
Mesures	Description	Application
EHG	Radiation solaire totale par unité de surface qui est interceptée par une surface plate et horizontale	Installations de PV solaire
END	Faisceau direct de radiation solaire totale par unité de	Les installations

	surface qui est intercepté par une surface plane qui est en permanence orientée vers le soleil	heliothermodynamiques et d'autres installations qui suivent la position du soleil
EHD	Rayonnement solaire diffus par espace unitaire qui est intercepté par une surface plate, horizontale, ne subissant aucun ombrage et ne se situant pas dans la voie directe du soleil.	Certaines installations photovoltaïques qui sont les mieux adaptées à diffuser la radiation (EHD est inclus dans le calcul de l'EHG)

Basée sur les conditions spécifiques de la ressource solaire et la pertinence des technologies solaires spécifiques en Haïti, cette évaluation se concentre principalement sur les mesures de l'EHG pour les installations solaires photovoltaïques et les END pour les applications des chauffe-eau solaires.

Pour plus de détails, voir l'Annexe II.

Figure 3.1. Moyenne de l'éclairement horizontal global (EHG) en Haïti



Source : 3TIER

En plus de la carte à l'échelle nationale de ressource solaire (voir la figure 3.1), notre étude réalisa une analyse détaillée pour six zones en Haïti : Cul-de-sac, Les Cayes, L'île de la Tortue, Parc Sonapi, Péligre, et Port-de-Paix.¹⁵ (Voir la figure 3.2.) Chaque zone est de 50 par 50 kilomètres (centrée sur l'emplacement identifié) et est divisée en points nodaux à haute résolution d'environ 1 par 1 kilomètre. Toutes les six zones ont de très fortes ressources solaires selon les normes mondiales : la moyenne mensuelle d'EHG est extrêmement élevée d'avril à août et fort sur les sites les plus faibles même pendant l'hiver, affichant moins de variations tout au long de l'année que la plupart des principales géographies solaires dans le monde.¹⁶ (Voir la figure 3.3.) Ce chapitre détaille les données pour Les Cayes, parce qu'il représente bien la variation saisonnière et diurne des autres sites.¹⁷ Étude de cas 2. Pour une analyse approfondie des cinq autres régions, voir l'Annexe III.

Figure 3.2. Carte des emplacements de l'évaluation de 3TIER des ressources solaires en Haïti

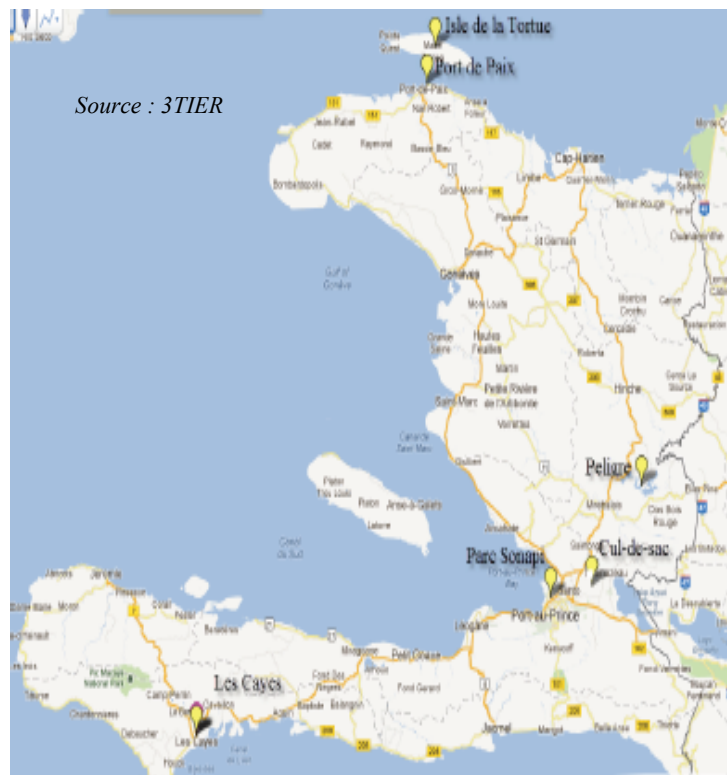
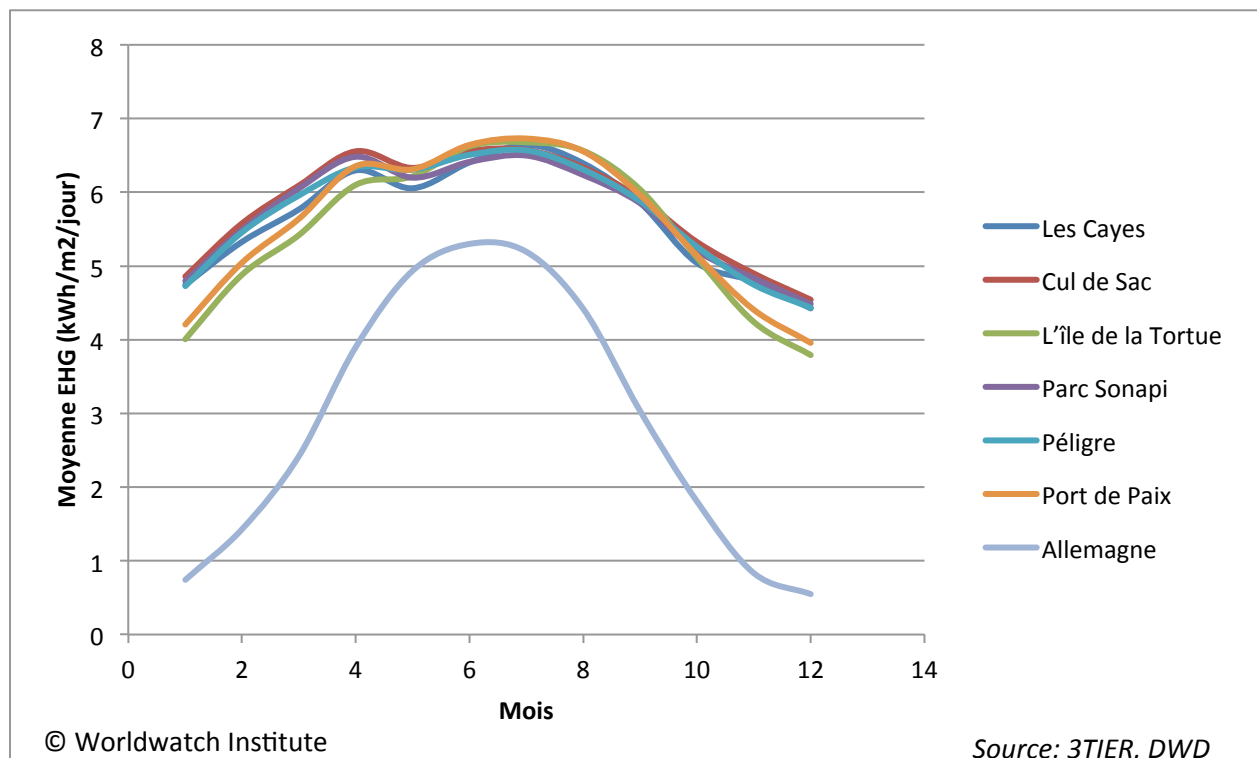


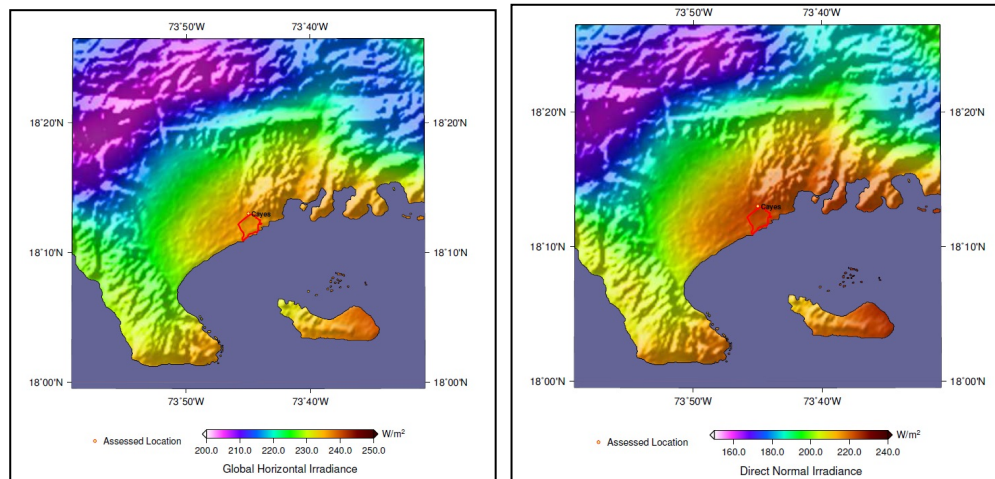
Figure 3.3. Comparaison de la moyenne mensuelle d'EHG, six zones en Haïti contre l'Allemagne



Étude de cas 2. Évaluation zonale des Cayes

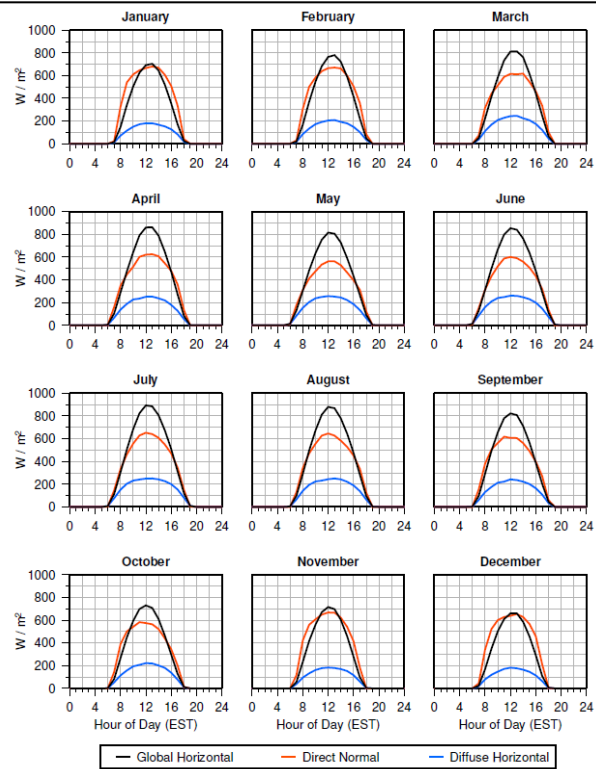
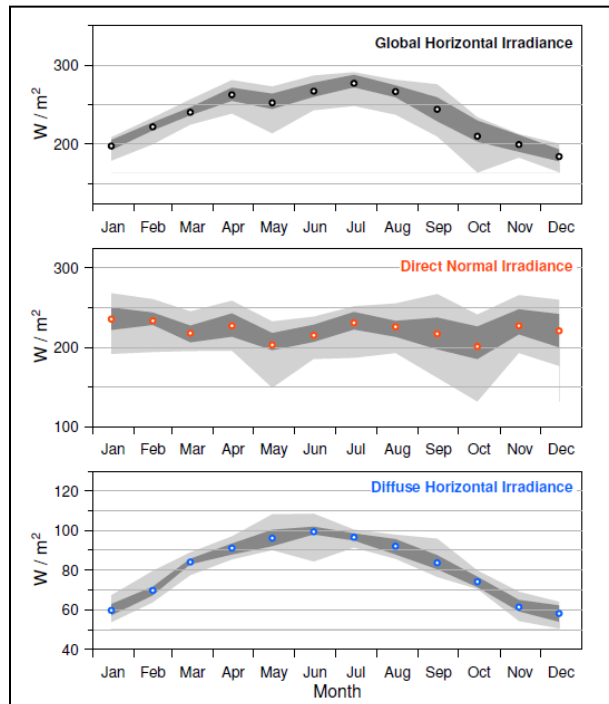
Les Cayes est le plus important port du sud d'Haïti, abrite environ 71 000 personnes et situé sur la péninsule méridionale à environ 200 kilomètres au sud de Port-au-Prince. Ressource solaire des Cayes de est la moyenne pour Haïti, mais fort solide selon les normes mondiales avec une moyenne à long terme de EHG de $235,2 \text{ W/m}^2$ ($5,65 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$) et une moyenne à long terme de END de 221 W/m^2 ($5,30 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$). (Voir figure 3.4.) Cela se compare favorablement avec la plupart de la région des Caraïbes et est nettement plus élevé que dans les zones d'Europe et d'Asie qui se vantent de forte pénétration d'énergie solaire. La moyenne EHD des Cayes est $1,94 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ ($80,6 \text{ W/m}^2$).

Figure 3.4. Moyenne à long terme d'END et d'EGH des Cayes, 1997-2011



La moyenne mensuelle de l'EHG varie tout au long de l'année, avec un pic en été, à partir du mois de juin jusqu'en août, en atteignant un niveau élevé de $276,8 \text{ W/m}^2$ ($6,64 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$) au mois de juillet. (Voir la figure 3.5.) L'EHG demeure élevé en mars, avril, mai et septembre allant de $5,76$ à $6,06 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$, et tombe à un minimum de $4,43 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ en décembre, bien que ce soit encore beaucoup plus élevé que dans de nombreuses régions du monde qui utilisent l'énergie solaire. La moyenne mensuelle d'END reste relativement constante tout au long de l'année, avec un maximum de $5,65 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ en janvier et un minimum de $4,82 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ en octobre. Cependant les moyennes mensuelles de l'END sont beaucoup plus variables que l'EHG d'année en année.

Figure 3.5. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHG et de l'END aux Cayes



Au cours de la journée, l’EHG culmine en début d’après-midi tout au long de l’année, à son plus haut niveau entre 10 h et 15 h, atteignant un sommet généralement entre 12 h et 13 h. (Voir la figure 3.5.) Le pic horaire signifie qu’il est systématiquement trois fois plus élevé que la moyenne journalière. L’END est également plus élevé au milieu de la journée, mais puisqu’il implique le suivi du mouvement du soleil, le point culminant est plutôt comparable à un plateau qui dure de 9 h à 16 h.

Dans l’ensemble, le potentiel solaire est extrêmement élevé aux Cayes. Un kilomètre carré de panneaux solaires photovoltaïques produirait en moyenne 5,65 kWh par jour, ce qui est considérablement plus que la moyenne d’électricité que consomme une famille haïtienne en une journée.

Source : Voir Note 16 pour ce chapitre.

3.2.4 Effets positifs du vent et de la température sur le potentiel d’énergie solaire

Les températures ambiantes et la présence de vent peuvent influencer le potentiel d’un site de production d’énergie solaire. Dans des conditions de test standard (CTS), qui supposent une température de module de 25°C, un seul module aleo solar photovoltaïque S16 175 (avec une puissance de 175 watts) peut générer un rendement annuel brut de 397 kWh en moyenne. Cela signifie qu’une zone d’un kilomètre carré pourrait produire 144 GWh d’électricité par année, 16,5 % de la production totale d’électricité en Haïti en 2011.¹⁸ (Voir le tableau 3.1.)

Tableau 3.1. Rendement potentiel brut annuel des modules solaires PV dans les six zones haïtiennes

Site	Génération annuelle par module de 175 watts*	Génération annuelle par kilomètre carré**	Superficie totale de panneau solaire nécessaire pour répondre à la production d’électricité d’Haïti en 2011	Part de production à partir d’un kilomètre carré de panneaux photovoltaïques en 2011

	kilowattheures	gigawatt-heures	kilomètres carrés	pourcentage
Cul-de-Sac	413,2	149,9	5,59	17,1
Parc Sonapi	405,5	147,1	5,70	16,8
Port-de-Paix	403,7	146,5	5,72	16,7
Les Cayes	397,0	144,0	5,82	16,5
Péligre	392,3	142,3	5,89	16,3
L'Île de la Tortue	391,8	142,2	5,89	16,2

* Comprend les effets du vent et de la température.

** En supposant que la production d'énergie par mètre est réduite de moitié pour prendre en compte l'entretien, la prévention de l'ombrage, et la construction d'autres équipements.

Source : Voir Note de fin 18 pour ce chapitre.

© Worldwatch Institute

Cependant, Lorsque la température du module augmente, les systèmes photovoltaïques connaissent une dégradation significative de puissance. Pour chaque degré au-dessus des CTS, le module perd environ 0,5 % de sa capacité. D'autres facteurs peuvent en outre affecter la production. Par exemple, la conversion des CTS en conditions d'essai à l'échelle industrielle (dite PTC, qui suppose une température ambiante de 20°C et une température de module qui est de 20 à 30°C au-dessus de la température ambiante), en plus d'une vitesse du vent de 1 mètre par seconde (m/s), conduit à une perte de jusqu'à 11 % de la capacité.

Les six sites d'étude en Haïti connaissent des températures similaires moyennes (entre 24,2°C et 26,1°C), donc des pertes d'efficacité résultant du réchauffement des panneaux seraient relativement uniformes sur tous les sites. Cependant cinq des six sites connaissent des vents relativement constants de plus de 3 m/s, qui permettraient de rafraîchir les modules et les rendre plus efficaces, résultant des rendements bruts annuels aussi haut que 413 kWh.¹⁹ (Voir le tableau 3.2.) Seulement Péligre connaît des vitesses de vent faibles (moyenne de 1,8 m/s), ce qui contribue à son rendement prévu inférieur de 392 kWh. Même si Les Cayes, Parc Sonapi, et Port-de-Paix ont des niveaux d'EHG inférieurs ou égaux à Péligre, ils ont des rendements bruts annuels estimés supérieurs en raison de leurs vitesses de vent moyennes plus élevées. L'île de la Tortue a toujours le rendement le plus faible prévu en raison d'avoir la moyenne d'EHG la plus basse.

Tableau 3.2. Effets du vent et de la température sur les rendements des modules solaires photovoltaïques dans les six zones haïtiennes

Site	Moyenne EHG	Moyenne END	Moyenne EHD	Vitesse moyenne du vent	Température moyenne	Estimation de rendement annuel brut
	(W/m2) · jour			m/s	°C	kWh
Cul-de-Sac	5 796	5 602	1 909	4,9	25,7	413,2
Parc Sonapi	5 707	5 436	1 949	5,1	26,1	405,5
Port-de-Paix	5 578	5 258	1 943	6,6	25,8	403,7
Les Cayes	5 645	5 304	1 935	3,3	25,9	397,0
Péligre	5 707	5 472	1 860	1,8	25,1	392,3
L'île de la Tortue	5 472	5 057	1 967	4,7	24,2	391,8

Source : Voir Note de fin 19 pour ce chapitre.

© Worldwatch Institute

3.2.5 Aperçu du potentiel d'énergie solaire

Une majorité du territoire d'Haïti semble avoir un EHG moyen d'au moins 6 kWh/m²/jour, signalant que l'énergie solaire photovoltaïque est le meilleur candidat pour fournir d'énergie supplémentaire dans les régions peuplées comme Port-au-Prince. Notre analyse montre qu'avec six kilomètres carrés de

panneaux solaires, Haïti serait en mesure de produire chaque année autant d'électricité que ses réseaux actuels ont générée pendant toute l'année 2011. Dans l'ensemble, les six sites d'étude semblent capables de soutenir la production PV au niveau industriel, et les pics potentiels solaires pendant les mois d'été pour tous les sites de l'étude.

En outre, l'énergie solaire photovoltaïque est une solution d'électrification potentielle qui pourrait fournir de l'énergie décentralisée dans de nombreuses communautés rurales. Les sites d'étude semblent également appropriés pour le chauffage solaire de l'eau et des installations solaires photovoltaïques résidentielles et commerciales, bien qu'ils peuvent ne pas être idéal pour le développement heliothermodynamique puisque les niveaux de END sont inférieurs dû à la couverture nuageuse dans ces endroits.

Bien que tous les six sites d'étude étudiés en détail dans cette feuille de route ont un fort potentiel d'énergie solaire, d'autres sites en Haïti se targuer de niveaux D'EHG encore plus élevés, supérieur à 7 kWh/m²/jour. À l'échelle du réseau, le développement de PV solaire ou l'heliothermodynamique peut être viable entre Saint-Marc et Gonaïves et autour du Cap-Haïtien. Des occasions existent aussi développement solaire hors réseau, particulièrement dans les communautés rurales en dehors des villes comme Port-au-Prince.

3.3 Potentiel d'énergie éolienne

3.3.1 Statut global de l'énergie éolienne

En dehors de l'hydroélectricité, le vent a été de loin la source la plus réussie d'énergie renouvelable avec 318 GW d'électricité éolienne installée dans le monde d'ici la fin de 2013.²⁰ Dans certains marchés, les coûts de l'énergie éolienne sont estimés entre 4 et 7 centimes de dollar par kWh dans des endroits attrayants, ce qui la rend concurrentielle avec des carburants fossiles.²¹

Bien que les turbines soient de dimensions variées, l'énergie éolienne est principalement utilisée pour la production à l'échelle industrielle parce que les faibles vitesses de vent accessibles par la plupart des petites turbines rendent les unités moins efficaces. Cela signifie que l'énergie éolienne est le plus souvent utilisée comme une source centralisée de la production d'électricité, contrairement aux systèmes solaires photovoltaïques qui peuvent être efficaces pour une distribution à petite échelle. Cependant, l'énergie éolienne décentralisée devient une option de plus en plus viable, avec la croissance des systèmes d'énergie éolienne à petite échelle, y compris les systèmes hybrides éolien-diesel de 50-100 kW dans les Caraïbes, et un projet financé par les États-Unis à la Dominique vise à démontrer la viabilité des installations de moins de 250 kW.²²

Les turbines éoliennes peuvent produire de l'électricité pour les gros consommateurs tels que les usines ou les fermes. Cependant, contrairement aux générateurs thermiques traditionnels sur place, le vent est intermittent et ne peut pas être mis en service à volonté. Connexion de ces éoliennes au réseau peut augmenter considérablement la valeur de l'électricité, car les propriétaires sont en mesure de vendre le surplus d'énergie.

3.3.2 Statut actuel de l'énergie solaire en Haïti

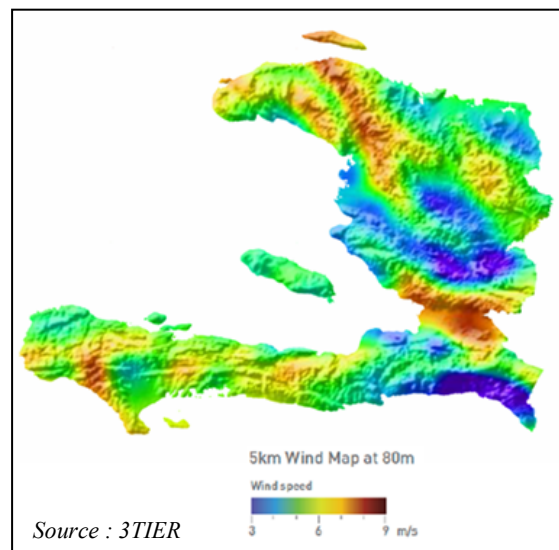
Le gouvernement haïtien a identifié l'énergie éolienne comme une priorité nationale, en déterminant que la ressource doit être développée partout où il existe des preuves qu'elle peut être économiquement viable.²³ Il n'existe actuellement aucune turbine éolienne opérant en Haïti. En 2009, la société belge 3E a effectué des évaluations du potentiel éolien dans cinq régions du pays à une hauteur de pivot de 50 mètres, altitude et en 2010, et la société Américaine NRLE a effectué une évaluation nationale à une hauteur de pivot de 80 mètres.

3.3.3 Potentiel d'énergie éolienne

Comme beaucoup des Caraïbes, Haïti bénéficie des alizés, des vents réguliers pendant toute l'année qui entrent dans la région du nord-est et renforcent l'hiver. La majeure partie du pays a des sites où la vitesse moyenne annuelle du vent est d'au moins 6 m/s à une hauteur de pivot de 80 mètres. Ceci suggère un bon potentiel d'énergie éolienne : selon une étude mondiale, environ 13 % des emplacements mesurés dans le monde ont des vitesses de vent de 7 m/s ou plus, qui est généralement une indication que le développement d'énergie éolienne à faible coût est possible.²⁴

La plus grande région de Port-au-Prince, celles du Sud-Ouest et du Nord montrent le plus de potentiel pour l'énergie éolienne.²⁵ (Voir la figure 3.6.) Les centres de population de Port-au-Prince, Gonaïves, et Port-de-Paix sont tous situés près de régions ayant des vents à vitesses moyennes annuelles de 7-9 m/s, et un couloir de vent potentiel très fort relie les deux dernières villes. Des vitesses moyennes annuelles de vents puissants d'environ 7 m/s se trouvent près de Miragoâne, Les Cayes, et de la partie sud de la province du Nord-Est.

Figure 3.6. Vitesse moyenne du vent en Haïti à 80 mètres

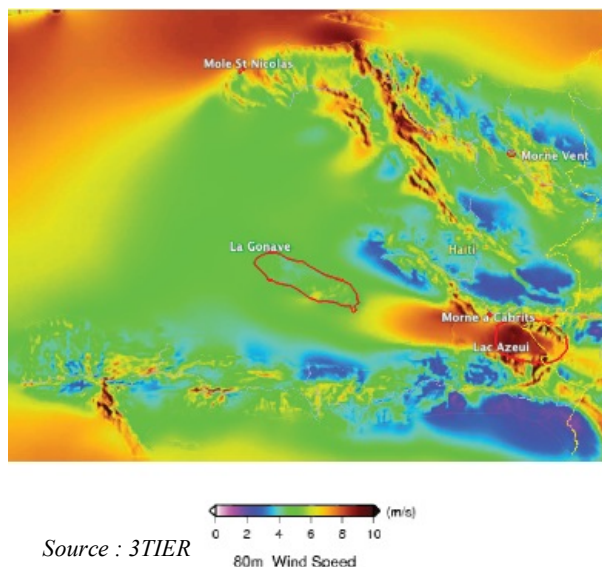


3.3.4 Ressource éolienne par zone

En plus de produire une carte nationale des ressources éoliennes (voir l'Annexe IV pour la méthodologie), 3TIER a effectué une analyse plus granulaire pour six zones : Lac Azuéli, La Gonâve, Môle-Saint-Nicolas, Morne-à-Cabrit, Morne Vent, et Tiburon.²⁶ (Voir la figure 3.7.) Les données représentent des données moyennes pour plusieurs points évalués dans chaque zone, qui ont été sélectionnés pas

pour refléter les parcs éoliens actuels, mais plutôt de mieux caractériser la zone du secteur éolien. Ce chapitre examine en détail les données pour le Lac Azuéli, le site éolien le plus prometteur d'Haïti.²⁷ (Voir étude de cas 3.) Pour les analyses des cinq autres zones, voir l'Annexe V.

Figure 3.7. Carte de 3TIER – Évaluation des ressources éoliennes en Haïti



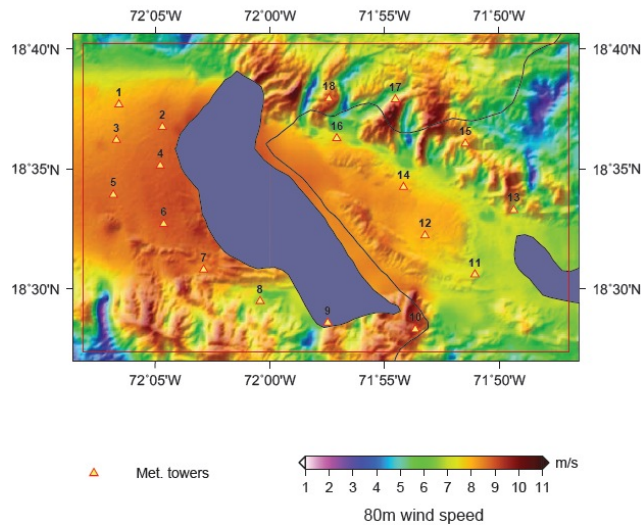
Étude de cas 3. Évaluation zonale du Lac Azuéli

Lac Azuéli, aussi connu comme Étang Saumâtre, est le plus grand lac d'Haïti, situé à 22 kilomètres à l'est de Port-au-Prince sur la Plaine du Cul-de-Sac le long de la frontière avec la République dominicaine. La ressource de vent fort dans ce couloir de ventilation (couloir de vent) est connue depuis un certain temps, et il y a eu un examen sérieux sur le développement d'un parc éolien dans la région.

Lac Azuéli a la plus grande vitesse de vent moyenne des six sites d'étude, à 8,13 m/s à une hauteur de pivot de 80 mètres pour tous les 18 points, mesurée sur une période de 25 ans. (Voir la figure 3.8.) Cela reflète la variation annuelle d'une moyenne élevée de 9,3 m/s en 1997 à une moyenne minimale de 7,2 m/s en 2010. Le facteur de capacité moyen au cours de ces 25 ans est de 62,6 % pour une hauteur de pivot de 80 mètres.^{iv} Bien que la vitesse moyenne du vent varie considérablement parmi les 18 points de mesure—allant de 6,71 m/s (un facteur de capacité de 48 %) à 9,44 m/s (un facteur de capacité de 76 %) même l'extrémité inférieure de cette fourchette serait encore commercialement viable pour un parc éolien. De plus, ce site est particulièrement attrayant de par sa proximité au plus grand centre urbain du pays (Port-au-Prince) et à la frontière de la République dominicaine, ce qui représente un potentiel d'interconnectivité.

Figure 3.8. Vitesse éolienne moyenne au Lac Azuéli

^{iv} Voir l'Annexe V pour plus d'information sur la méthodologie utilisée dans l'évaluation du potentiel éolien.



Sur une base saisonnière, les vitesses de vents sont plus élevées au Lac Azuéli de juin à août, avec des vitesses moyennes au cours de cette période allant de 9 m/s (août) à plus de 10 m/s (juin et juillet). Cela correspond à un facteur de capacité moyenne d'au moins 75 % au cours de cette période. Avril a la plus faible vitesse moyenne de vent, bien qu'il soit encore près de 7 m/s, ce qui correspond à un facteur de capacité moyenne d'un peu moins de 50 %. (Voir la figure 3.9.) Sur une base diurne, le Lac Azuéli montre moins de variations que la plupart des autres sites évalués dans cette étude, avec un pic en début d'après-midi de 14 h à 19 h et atteint son niveau le plus bas entre 1 h et 6 h (lorsque la demande de puissance est faible), malgré cela, le facteur de capacité moyen reste égale ou supérieure à 60 % au cours de ces heures. (Voir la figure 3.10.)

Figure 3.9. Variation saisonnière de l'énergie éolienne en facteur de capacité au Lac Azuéli

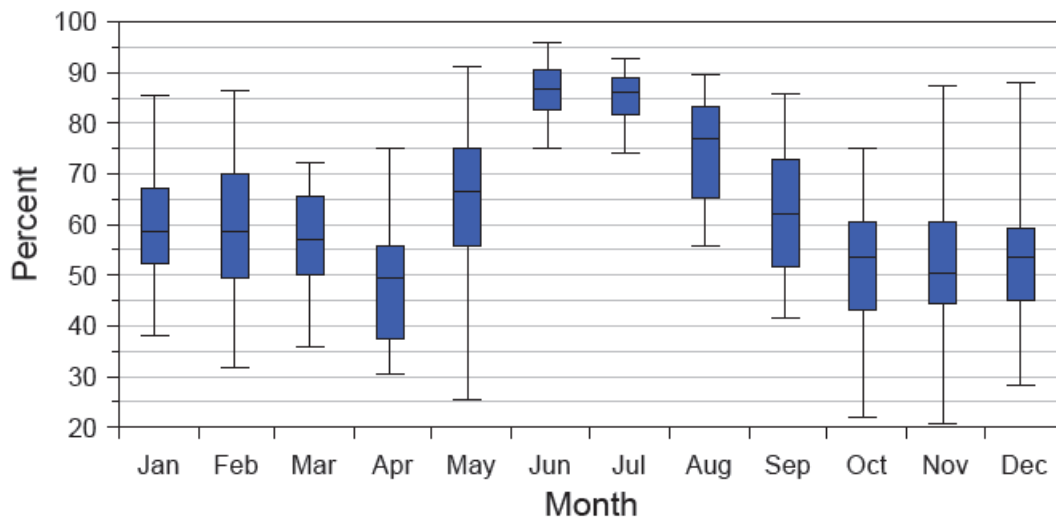
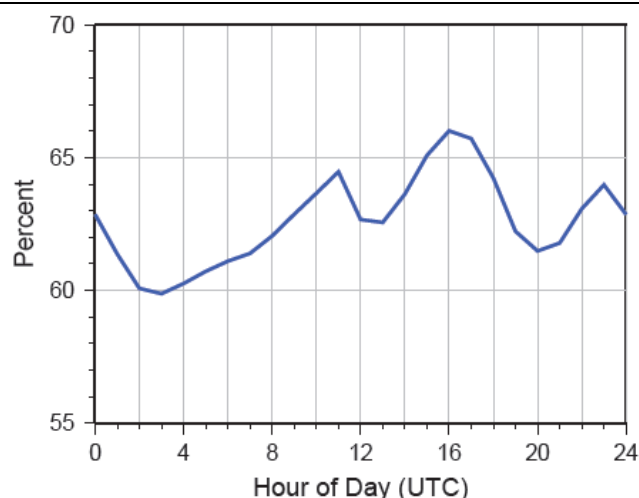


Figure 3.10. Variation diurne de l'énergie éolienne en facteur de capacité au Lac Azuéli



Source : 3TIER

Source : Voir Note de fin 27 pour ce chapitre.

Dans l'ensemble, Haïti a un potentiel de vent fort qui est favorable au développement de l'énergie éolienne. Les facteurs de capacité moyen brut à 80 mètres pour chaque zone de tolérance est de 26,5 % (vitesse moyenne du vent de 5,08 m/s) à 62,6 % (vitesse moyenne du vent de 8,13 m/s).²⁸ (Voir le tableau 3.3.) Cinq des six zones ont un facteur de capacité moyen brut à 80 mètres au-dessus de 30 %, la valeur minimale souvent utilisée pour déterminer si un site est favorable au développement éolien commercial.

Tableau 3.3. Vitesse moyenne du vent et facteur de capacité dans les six zones haïtiennes

Nom de la zone	Vitesse du vent			Facteur de capacité brute			Facteur de capacité nette		
	80 m	90 m	100 m	80 m	90 m	100 m	80 m	90 m	100 m
	mètres par seconde			pourcentage			pourcentage		
Lac Azuéi	8,13	8,24	8,34	62,6	63,5	64,3	53,2	54,0	54,7
Morne-à-Cabrit	7,32	7,41	7,50	50,1	51,1	52,0	42,6	43,4	44,2
Môle-Saint-Nicolas	6,55	6,63	6,71	43,8	44,7	45,5	37,2	38,0	38,7
La Gonâve	5,62	5,67	5,72	30,7	31,3	31,8	26,1	26,6	27,0
Tiburon	5,33	5,38	5,43	30,4	30,9	31,3	25,9	26,3	26,6
Morne Vent	5,08	5,16	5,23	26,5	27,4	28,2	22,5	23,3	24,0

Note : L'évaluation reflète une période de 25 ans.

Source : Voir Note 28 pour ce chapitre.

Il convient de souligner qu'aucune donnée n'était disponible sur place pour cette étude. Les données proviennent de résultats bruts fournis, et devraient être utilisées pour guider les futures études sur site pour le développement de projet. Les données météorologiques locales doivent être collectées pendant au moins un an avant le début de la construction du projet.

3.3.5 Résumé du potentiel d'énergie éolien

Haïti a un fort potentiel d'énergie éolienne dans l'ensemble, et plusieurs régions montrent les capacités de ressources qui sont appropriées pour le développement de l'énergie éolienne. Bien que la plupart des régions du pays sont situés à proximité de sites avec des vitesses moyennes annuelles du vent d'au moins 6 m/s, la grande région de Port-au-Prince, les régions du Sud-Ouest et du Nord montrent plus de potentiel. Malgré la variabilité au pays, la plupart des sites de l'étude démontrent une période de pointe

à la fin de la nuit et tôt le matin, ainsi que des pics saisonniers durant les mois d'été, qui pourraient aider à répondre aux besoins de refroidissement au cours de la saison légèrement plus chaude.

Sur les six sites d'étude, cinq ont un facteur de capacité moyen évalué à plus de 30 %, un niveau jugé approprié pour le développement éolien. Le Lac Azuéli et Morne-à-Cabrit montrent le potentiel le plus exceptionnel des sites évalués, avec les facteurs de capacité moyens supérieurs à 50 % à la hauteur de pivot de 80 mètres. Le Lac Azuéli, en plus d'avoir le potentiel global le plus élevé, montre peu de variation diurne, ce qui en fait de lui le site éolien le plus attractif en Haïti. Un peu plus de six kilomètres carrés de turbines éoliennes au Lac Azuéli seraient en mesure de produire autant d'électricité en un an que le pays entier a générée en 2011, Morne-à-Cabrit serait en mesure d'accomplir le même exploit avec seulement 7,5 kilomètres carrés de turbines éoliennes.²⁹ (Voir le tableau 3.4.)

Tableau 3.4. Résumé du potentiel d'énergie éolien en Haïti

Site	Moyenne facteur de capacité net*	Production annuelle par turbine 1,5 MW	Production annuelle par kilomètre carré*	Superficie totale nécessaire pour répondre à la production d'électricité d'Haïti en 2011	Part de production de l'année 2011 d'un parc éolien d'un kilomètre carré (30 MW)	Superficie totale nécessaire pour répondre au net de production projeté d'Haïti pour 2030
	pourcentag e	gigawatt-heures		kilomètres carrés	pourcentage	kilomètres carrés
Lac Azuéli	53,2	7,0	139,8	6,3	16,0	46,5
Morne-à-Cabrit	42,6	5,6	112,0	7,8	12,8	58,1
Môle-Saint-Nicolas	37,2	4,9	97,8	9,0	11,2	66,5
La Gonâve	26,1	3,4	68,6	12,8	7,8	94,8
Tiburon	25,9	3,4	68,1	12,9	7,8	95,5
Morne Vent	22,5	3,0	59,1	14,8	6,8	109,9

* À une hauteur de pivot de 80 mètres. Les pertes pour tenir compte de sillage sont estimées à 15 % (ralentit la vitesse du vent en raison de l'interruption des autres turbines), les pertes électriques, etc.

** Suppose 20 turbines éoliennes dans une zone d'un kilomètre carré.

Source : Voir Note 29 pour ce chapitre.

© Worldwatch Institute

Des efforts additionnels continuent d'être menés partout au pays afin d'évaluer le potentiel éolien. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a mis en place une station de détection sonore et de télémétrie près de Port-Salut dans le Département du Sud afin d'évaluer la possibilité d'installer un petit parc éolien (inférieur à 1 MW) dans le réseau régional des Cayes.³⁰

3.4 Potentiel hydroélectrique

3.4.1 Statut global des technologies hydrauliques

La majeure partie de l'énergie renouvelable produite dans le monde provient de l'hydroélectricité, qui a atteint une puissance installée totale de 1 000 GW à la fin de 2013.³¹ Mais en dépit d'être une source d'énergie renouvelable à faible carbone, les grandes installations hydroélectriques ont souvent des impacts environnementaux et socio-économiques graves y compris la dégradation de l'écosystème et parfois le déplacement massif des populations.³² Par exemple, le barrage des Trois-Gorges de 20 GW en

Chine a provoqué le déplacement de 1,3 million d'habitants de la région et a donné lieu à une importante érosion et des dangers de glissements de terrain.³³ L'analyse de Worldwatch se concentre donc principalement sur le potentiel de développement de l'hydroélectricité à petite échelle, qui a généralement moins d'impacts négatifs sur les humains et l'écologie.

Les petites centrales hydroélectriques sont utilisées partout dans le monde, particulièrement dans les zones reculées, et peuvent être une ressource renouvelable importante pour l'alimentation des communautés qui n'ont pas d'accès aux réseaux d'électricité nationaux. Habituellement classée comme l'hydroélectricité qui génère moins de 10 MW^v, une petite centrale hydraulique peut opérer comme les systèmes « run-of-the-river » qui détournent l'eau à des canaux menant à une roue hydraulique ou turbine, ou, semblable à de plus grandes centrales hydroélectriques, elle peut fonctionner comme des systèmes de barrage qui ont des réservoirs de stockage à petite échelle. L'hydroélectricité avec des réservoirs de stockage à petite échelle a l'avantage supplémentaire d'être en mesure de stocker de l'énergie potentielle qui peut ensuite être libérée lorsque les autres énergies renouvelables ne produisent pas. Bien que ces stratégies ne soient pas aussi répandues dans le monde, l'accumulation de l'eau de mer par pompage hydraulique est une autre forme de l'hydroélectricité qui pourrait jouer un rôle dans le stockage de l'énergie.

Parmi les avantages de petite hydraulique est sa capacité à fournir de l'électricité à bas prix et de l'électricité propre à des communautés qui n'ont pas accès à d'autres ressources énergétiques. Relative aux énergies renouvelables intermittentes comme le solaire et l'éolien, la petite hydraulique peut être mise en ligne rapidement et peut servir de source d'énergie de base. Mais la petite hydraulique a des coûts initiaux relativement élevés par rapport aux sources d'énergie conventionnelles et nécessite certaines caractéristiques du terrain y compris le débit des cours d'eau adéquate et de s'assurer que les utilisateurs soient proches de la ressource exploitée. La faible demande d'électricité des consommateurs en raison de l'absence d'usages économiquement productifs utilisés pour alimenter de nombreuses zones rurales rend souvent difficile la tâche d'attirer des financements. Octroyant des subventions ou la mise en place des mécanismes de financement préférentiels, ainsi que la culture des économies de fabrication de petites centrales hydroélectriques locales, sont indispensables pour l'initiation et le maintien de petits projets hydroélectriques. Cependant pour les zones reculées non reliées au réseau, les petites centrales hydroélectriques peuvent être l'une des sources d'alimentation les moins chères.

3.4.2 Statut actuel de l'hydroélectricité en Haïti

Haïti a actuellement 62 MW de capacité hydroélectrique installée, faisant de l'hydro la deuxième source d'électricité dans le pays. Cependant la capacité d'exploitation installée dans le pays est de seulement 40 MW, en raison de l'accumulation de sédiments dans les réservoirs et l'efficacité décroissante des turbines. Beaucoup de centrales hydroélectriques d'Haïti ne produisent pas la quasi-totalité de leur plein rendement : par exemple, bien que la capacité nominale de Péligre est de 54 MW il est estimé de fonctionner à près de 36 MW en raison de l'accumulation de sédiments et le fait que l'une de ses turbines n'est pas opérationnelle. En dehors du département d'Ouest, la capacité hydroélectrique installée est de 8 MW, bien que seulement la moitié de celle-ci soit opérationnelle. Le gouvernement a déclaré qu'il donnera la priorité aux petites et microcentrales hydroélectriques pour le développement des régions rurales isolées.³⁴

^v La définition d'une « petite » centrale hydroélectrique varie dans le monde. Certaines installations peuvent être définies comme petites, mini, micro ou pico, selon leur dimension.

3.4.3 Potentiel hydroélectrique

Selon les évaluations courantes du potentiel des ressources d'énergie hydroélectrique en Haïti, le pays dispose d'au moins 102 MW de capacité hydroélectrique supplémentaire, qui pourrait produire jusqu'à 896 GWh d'électricité par année.³⁵ L'une de ces évaluations porte sur 140 sites et couvre chacun les 10 départements ou provinces d'Haïti.³⁶ Au lieu d'évaluer la capacité hydroélectrique de l'ensemble du pays, l'étude ne comprend que les bassins versants où les données sur le flot des rivières, les précipitations et l'évapotranspiration étaient facilement accessibles.^{vi}

Dans l'ensemble, l'étude conclut que 27 sites dans six provinces conviennent aux petits projets hydroélectriques (>1 MW) et 72 autres sites du pays conviennent aux projets de micro-centrale hydroélectrique (0.1 –1 MW) les 41 autres sites évalués tous ont des capacités inférieures à 100 kW.³⁷ Cependant la quasi-totalité de ces sites—que ce soit petite, micro ou pico-centrales hydrauliques (<0.1 MW) —peut être exploitée d'une manière ou d'une autre. Bien que le développement d'un site avec un potentiel inférieur à 100 kW ne soit probablement pas rentable pour une grande entreprise de services industriels, il pourrait faire une différence significative pour un petit village éloigné du réseau.

Ouest, le département auquel appartient Port-au-Prince, a de loin la plus grande capacité potentielle de toute la région, à plus de 36 MW. Sud-Est est en deuxième position, avec seulement la moitié de la capacité du département de l'Ouest (18 MW), Grand-Anse et Nippes sont les deux seules autres régions avec un potentiel de production estimé être supérieure à 10 MW.³⁸ (Voir le tableau 3.5). Des efforts sont en cours afin d'évaluer divers sites hydroélectriques potentiels, notamment l'installation par le PNUE de sites de jaugeage des rivières sur trois rivières (Cavaillon, Ravine-du-Sud et Acul) dans le Département du Sud; ces stations cherchent à évaluer la faisabilité de l'installation de systèmes hydroélectriques au fil de l'eau liés au réseau régional des Cayes.³⁹

Tableau 3.5. Résumé du potentiel hydroélectrique en Haïti

Région	Nombre de sites évalués	Nombre de petits sites hydroélectriques (>1 MW)	Nombre de micro sites hydroélectriques (0.1 MW à 1 MW)	Nombre de pico sites hydroélectriques (<0.1 MW)	Moyenne de production d'électricité	Production annuelle d'énergie
					mégawatts	gigawatt-heures
Ouest	27	11	9	7	36,6	320,7
Sud-Est	18	3	14	1	17,9	157,2
Grande-Anse	9	6	3	0	14,4	126,0
Nippes	5	2	3	0	10,3	89,9
Centre	24	0	18	6	7,3	64,3
Sud	8	4	3	1	6,2	54,0
Artibonite	23	0	8	15	3,6	31,9

^{vi} Cette étude n'a évalué que le potentiel et doit encore vérifier la faisabilité en fonction de certains facteurs, y compris la topographie et la proximité des sources d'énergie aux centres urbains. La distance entre le site d'un projet hydroélectrique potentiel et le centre urbain le plus près détermine généralement la faisabilité dudit projet, du fait que le coût des lignes à haute tension augmente le coût de la production d'énergie.

Nord-Ouest	13	1	2	10	2,9	25,5
Nord	9	0	8	1	2,0	17,7
Nord-Est	4	0	4	0	1,1	9,3
Total	140	27	72	41	102,3	896,5

Source : Voir Note 38 pour ce chapitre.

3.4.4 Évaluation des ressources de l'Ouest

Parce que le département de l'Ouest est la région la plus développée et a la plus forte densité de population du pays, une capacité hydroélectrique supplémentaire dans cette région pourrait aider énormément dans la lutte contre les pannes d'électricité chroniques de la région et de commencer à combler l'écart significatif entre l'offre et la demande. Parmi les sites les plus prometteurs de la région se trouvent la Rivière Blanche et la Rivière Momance, qui ont portée stratégique car elles sont situées aux environs immédiats de Port-au-Prince.⁴⁰ (Voir le tableau 3.6.)

Tableau 3.6. Potentiel hydroélectrique dans le département de l'Ouest

Nom du site	Puissance installée potentielle	Production annuelle moyenne d'énergie
	mégawatts	gigawatt-heures
Rivière Blanche Ouest #2	8,5	74
Rivière Momance #1	5,1	45
Rivière Grise	4,5	39
Rivière Boucan Greffin	2,7	24
Rivière Blanche Ouest #1	2,2	19

Source : Voir Note 40 pour ce chapitre.

Bien que les évaluations aient indiqué un énorme potentiel pour plusieurs sites d'Ouest, il est nécessaire de poursuivre les études de potentiel hydroélectrique en Haïti, notamment dans Nord, Nord-Est, Nord-Ouest et Sud. Ces régions ont un taux d'électrification de seulement 1 %, et l'hydroélectricité pourrait leur fournir une source d'énergie disponible localement.⁴¹ (Pour une analyse complémentaire des neuf autres provinces d'Haïti, voir l'annexe VI).

3.4.5 Résumé du potentiel hydroélectrique

Il y a plusieurs sites en Haïti où des centrales hydroélectriques de petite capacité pourraient être développées. Les 102 MW de potentiel hydroélectrique supplémentaires estimés pourraient contribuer considérablement au système d'électricité actuelle d'Haïti de 240 MW. Les ressources des petites centrales hydroélectriques peuvent jouer un rôle important dans la fourniture de l'électricité à faible coût au réseau, ainsi que l'expansion de l'accès à des sources d'énergie aux nombreux sites distants actuellement mal desservies par le réseau. Il est important d'évaluer de façon plus détaillée les ressources hydroélectriques dans les régions du nord et du sud qui sont parmi certaines régions en Haïti où on enregistre les taux d'électrification les plus bas.

3.5 Potentiel bioénergétique

3.5.1 Statut global de la technologie énergétique de biomasse

L'énergie peut être générée à partir d'une grande variété de matériaux biologiques, y compris les résidus de cultures, déchets forestiers (biomasse ligneuse), et même des déchets solides municipaux. La

production d'électricité à partir de sources de biomasse a l'avantage de fournir la charge de base fiable d'énergie renouvelable et peut compenser une partie de l'intermittence de la production éolienne et solaire dans un système d'électricité intégré.

Dans la plupart des emplacements agricoles, les résidus de récolte suivent un modèle régulier de production et peuvent être mesurés proportionnellement à la superficie des terres utilisées pour la culture et le nombre de fois que la culture est produite chaque année. Les deux résidus de récolte et la biomasse ligneuse peuvent être utilisés pour de la chaleur ou de l'électricité, ou ils peuvent être gazéifiés pour avoir la même fonctionnalité que le pétrole et le gaz naturel, mais avec moins d'émissions nettes de carbone. De nombreuses sources potentielles de matières premières de biomasse existent dans les Caraïbes, y compris les résidus de récoltes tels que la bagasse de canne, les coques de café, la paille de riz, les racines de vétiver et les coquilles de noix de coco, ainsi que la biomasse ligneuse.

Un obstacle majeur au développement de la biomasse comme source énergétique est le défi logistique de la collecte des résidus de biomasse dispersés dans des conditions économiquement satisfaisantes. En outre, la dérivation des résidus de récolte à des fins énergétiques a le potentiel de compromettre la qualité du sol pour la production agricole future en supprimant une source d'éléments nutritifs du sol. Une bonne gestion des déchets agricoles est donc importante pour parvenir à un résultat social net positif de l'utilisation de la biomasse.

L'augmentation de la production de la biomasse peut également avoir de graves conséquences pour le milieu local, en affectant les principaux services des écosystèmes, la biodiversité et l'industrie du touristique. La production à grande échelle de cultures sources d'énergie peut encourager les pratiques agricoles de monoculture qui causent un ensemble de problèmes environnementaux locaux y compris la dégradation des sols, la perte de biodiversité, l'utilisation excessive de pesticides et d'engrais chimiques et la contamination des cours d'eau. L'utilisation accrue de la bioénergie peut également créer une concurrence avec les cultures vivrières pour les terres agricoles limitées, une tendance que dans certains endroits a fait monter les prix des denrées alimentaires et est un fardeau particulier sur les populations les plus pauvres.⁴²

Cependant, compte tenu du rôle important que la bioénergie peut jouer dans la matrice énergétique de l'avenir, cette ressource ne peut pas être ignorée. À court et à moyen terme, la production d'énergie à partir de la biomasse peut servir comme une source fiable, renouvelable de l'énergie de base, d'autant plus que des solutions sont en cours d'élaboration pour relever les défis de variabilité qui se posent avec d'autres sources d'énergie renouvelables telles que le vent et le soleil.

Tout comme la bioénergie, les combustibles d'origine biologique (ou biocarburants) peuvent être utilisés pour la production d'électricité, même si elles sont les plus couramment utilisées dans le secteur des transports. Notamment, le biodiesel dérivé de cultures oléagineuses, comme le jatropha, peut être utilisé comme un substitut du diesel pour alimenter les centrales thermiques. Cependant, l'utilisation de biocarburants pour la production d'électricité n'est pas adaptée pour les communautés qui sont moins dépendantes des carburants à base de pétrole. Il est aussi important de considérer les importantes répercussions de la production de biocarburants qui peuvent être semblables à ceux de la production de biomasse—tels que l'effet sur les prix des produits alimentaires locaux.

L'une des méthodes d'évaluation des ressources de biomasse est de modéliser les potentiels pour la culture de plantes dans des endroits particuliers, en examinant les variables environnementales telles que les précipitations annuelles, les éléments nutritifs du sol et les températures moyennes ainsi que

des variables comme la disponibilité des terres et des coûts économiques. Bien que les potentiels de ressources varient selon l'emplacement et la culture concernée, ils sont relativement faciles à évaluer en supposant que les données sont disponibles. Il est plus difficile, mais tout aussi important, de mesurer les impacts secondaires de développement de la biomasse, tels que les effets sur la production alimentaire. Évaluer le potentiel des déchets solides municipaux est généralement facile dans les zones qui ont des programmes de collecte et de stockage des déchets et qui maintiennent des données sur les quantités de déchets.

3.5.2 État actuel de la bioénergie en Haïti

Actuellement, on estime que 95 % des 10 millions d'Haïtiens utilisent le charbon de bois et le bois de chauffage pour leurs besoins quotidiens de cuisine, ensemble, ces carburants représentent 71 % de la consommation énergétique totale du pays (de charbon à 39 % et le bois de feu à 32 %).⁴³ Pourtant, Haïti est l'un des pays les plus déboisés du monde; entre 1990 et 2010, environ 31 000 hectares de couvert forestier naturel ont été perdus, ne laissant que 2 % de la couverture forestière originelle du pays.⁴⁴ Parce que le bois de chauffage et le charbon de bois sont issus de bois, l'industrie de l'énergie actuelle est insoutenable, et Haïti a besoin de trouver des remplaçants adéquats pour ces carburants dans un futur proche. Bien que de nombreuses solutions existent, une analyse solide des conséquences économiques, environnementales et sociales de chacune est nécessaire pour prendre des décisions éclairées au sujet du développement de l'énergie future.

L'industrie du charbon en Haïti a contribué à de nombreuses autres difficultés auquel fait face le pays. La déforestation a augmenté l'érosion, la pollution des fleuves du pays, en augmentant sa vulnérabilité aux inondations et endommager son secteur le plus important, l'agriculture. Cuisiner avec du charbon de bois conduit également à la pollution atmosphérique intérieure, en causant des maladies respiratoires dans un pays qui est déjà en proie à de nombreux autres problèmes de santé. Cependant l'impact du charbon de bois sur l'économie est important et sera étudié plus en détail dans le chapitre 5.

3.5.3 Potentiel bioénergétique

Bagasse de canne à sucre

Une option importante de biomasse en Haïti est la bagasse de canne, le matériau fibreux qui reste après que le jus soit extrait de la canne. Haïti produit déjà environ 1 MW d'électricité à partir de bagasse, mais jusqu'à 120 000 tonnes de la matière reste inutilisée chaque année.⁴⁵ C'est dans cette optique qu'Haïti a le potentiel pour installer 10 à 14 MW additionnels de cogénération de bagasse produisant entre 44 et 61 GWh d'électricité par an, soit l'équivalent de 5,0 à 6,9 % de la production totale d'électricité du pays en 2011.⁴⁶ (Voir tableau 3.7.)

Tableau 3.7. Potentiel de cogénération de bagasse de canne à sucre en Haïti

Bagasse inutilisée	Efficacité de cogénération	Capacité estimée de l'installation	Production annuelle potentielle	Part de la production nationale d'électricité en 2011
tonnes	kilowattheures par tonne	mégawatts	gigawatt-heures	pourcentage
119 000	370	10,1	44,0	5,0
119 000	510	13,9	60,7	6,9

Source : Voir Note 46 pour ce chapitre.

© Worldwatch Institute

Un problème avec la cogénération de bagasse de canne à sucre est que le carburant n'est disponible que pendant la saison de croissance de la canne à sucre, soit environ la moitié de l'année. Même si une centrale électrique pouvait fournir une énergie de base fiable au cours de la saison de récolte, elle devrait fonctionner avec un carburant complémentaire au cours de la saison de croissance. Par ailleurs, si une raffinerie a été alimentée uniquement à partir de bagasse, une part de la bagasse pourrait être comprimée et stockée pour l'utilisation comme carburant en dehors de la saison de récolte pour atteindre la production uniquement avec de la bagasse pendant toute l'année.

D'autres déchets agricoles, tels que la pulpe de café et les coques de noix de coco, contiennent également des matériaux fibreux qui pourraient être utilisés pour la production d'électricité. Cependant, ces types de déchets nécessitent un traitement et transport spéciaux, et pour le moment aucun gros volume d'approvisionnement n'est situé à proximité des centrales de biomasse. L'utilisation des cultures énergétiques dédiées comme matière première de la biomasse nécessiterait l'établissement d'une nouvelle industrie, ainsi que l'évaluation minutieuse des impacts environnementaux et des prix alimentaires.

Jatropha

Une autre récolte de biomasse potentielle est le jatropha, une plante oléagineuse qui peut pousser dans des climats arides avec des sols pauvres, le rend très approprié pour un pays comme Haïti qui a des terres déboisées ou dégradées. Une étude estime que 1,1 million d'hectares de production de jatropha pourraient satisfaire la demande énergétique du pays, parce que le pays a quelque 500 000 hectares de collines dégradées, le jatropha pourrait remplacer une grande partie de la demande de charbon de bois actuelle sans déplacer les cultures alimentaires.⁴⁷

Avec une certaine transformation, l'huile de jatropha pourrait être mélangée au biodiesel et utilisée pour la production d'électricité ou les véhicules de ravitaillement. L'huile de jatropha non traitée pourrait, avec peu ou aucune modification, alimenter les lampes à pétrole et même alimenter les ménages ou les producteurs d'électricité à petite communauté. Il pourrait également être utilisé pour remplacer le charbon de bois ou le bois de feu pour la cuisson, mais cela nécessiterait de nombreux Haïtiens pour passer de fourneaux à bois traditionnels au poêle à huile végétale, un changement qui s'est avéré impopulaire dans un projet pilote en Tanzanie.⁴⁸ Une autre option consiste à façonner les coquilles et les coques de fruits de jatropha en briquettes pour remplacer le charbon de bois, qui nécessitent peu ou aucune d'altération aux fourneaux traditionnels.

Racines de vétiver

Les déchets produits par la distillation des racines de vétiver lors de la production d'huiles aromatiques peuvent également être utilisés à des fins de cogénération. Il existe une industrie considérable de distillation de l'huile de vétiver dans le Département du Sud, avec un total de 11 distillateurs opérant 8 mois par année.⁴⁹ Les déchets des racines générés, que le PNUE estime à environ 8 000 tonnes par année, sont présentement abandonnés ou brûlés, et l'industrie de la distillation, grande consommatrice d'énergie, demeure totalement dépendante du mazout lourd.⁵⁰ Selon certaines évaluations, la cogénération des racines de vétiver pourrait produire une moyenne de 28,5 millions kWh pour une centrale de 6,5 MW opérant à 17,6 % de sa capacité.⁵¹ Le PNUE effectue présentement une étude de pré faisabilité sur le potentiel énergétique de la combustion des racines.⁵²

3.5.4 Résumé de la bioénergie

En utilisant les déchets inutilisés de la production de canne à sucre, Haïti pourrait fournir jusqu'à 9,5 % de sa production actuelle d'électricité en utilisant la bioénergie. Cette approche réduit la plupart des impacts environnementaux et le prix des produits alimentaires typiquement associés à la production d'électricité à base de biomasse en évitant la nécessité de faire pousser des cultures dédiées spécifiquement pour la production d'énergie. Cependant, les paiements pour la production d'électricité indépendante de la bagasse devraient être garantis, pour fournir des incitations appropriées pour les producteurs de sucre à améliorer l'efficacité de production et vendre l'électricité excédentaire au réseau. Le jatropha, qui est bien adapté pour les sols dégradés, pourrait remplacer une grande partie de la demande insoutenable de charbon en Haïti sans toutefois supplanter les cultures alimentaires. Avec le traitement, il pourrait également être utilisé dans le biodiesel pour la production d'électricité ou de carburants de transport.

3.6 Potentiel de transformation des déchets en énergie

3.6.1 Statut global de la technologie de transformation des déchets en énergie

Les déchets solides municipaux (DSM) contiennent une matière organique significative, et lorsqu'ils sont brûlés, ils peuvent actionner une turbine pour produire de l'électricité, semblable à toute autre centrale thermique. De plus, le gaz produit dans les sites d'enfouissement (principalement du méthane) peut être capté et utilisé pour alimenter une centrale électrique thermique. Les DSM sont avantageux car ils peuvent être utilisés comme source d'énergie de base. Parce que les déchets seraient autrement jetés, il est aussi une source de combustible abordable qui nécessite peu d'extraction de ressources ou de changement dans l'utilisation des terres.

3.6.2 Statut actuel de transformation des déchets en énergie en Haïti

Haïti héberge actuellement deux projets de production de biogaz, tous les deux dans le quartier de Bel-Air à Port-au-Prince. Ces projets ont connu beaucoup de succès, surtout depuis qu'ils ont formé des gens de la région pour construire et gérer les installations. Pourtant, les obstacles à l'utilisation des DSM en Haïti restent parmi eux une réticence culturelle à utiliser les déchets pour l'énergie, les coûts de construction élevés et une capacité limitée pour stocker les DSM et le biogaz. Néanmoins, les récentes épidémies de choléra mettent en évidence la nécessité d'une gestion des déchets plus efficace dans le pays, et le développement de centres de valorisation énergétique de biogaz pourrait aider Haïti à répondre deux de ses besoins les plus pressants : l'amélioration de l'assainissement et l'accès accru à l'énergie.

3.6.3 Potentiel de la transformation des déchets en énergie

Des études récentes montrent qu'il existe un potentiel pour la transformation des déchets en énergie en Haïti.⁵³ La zone métropolitaine de Port-au-Prince produit entre 1400 et 1600 tonnes de déchets solides municipaux par jour, et avant le séisme de 2010, pas moins de 40 % de ce matériel a été recueilli par les services de gestion des déchets. Si la région métropolitaine peut revenir à ce taux de collecte et utiliser les déchets comme une entrée pour la production d'électricité, Port-au-Prince pourrait alimenter une centrale de 5 MW. Même si cela peut sembler un ajout marginal, elle contribuerait de manière significative à l'offre en électricité d'Haïti. Si Port-au-Prince devait augmenter son taux de collecte à bien

au-dessus de 40 %, ce que de nombreuses organisations et entreprises espèrent atteindre, la ville génère suffisamment de DSM pour alimenter une centrale électrique de 12 MW.

D'autres villes et régions montrent également un potentiel pour les plantes de transformation des déchets en énergie.⁵⁴ (Voir le tableau 3.8.) La ville du Cap est particulièrement attrayante parce qu'elle est le seul autre lieu d'enfouissement majeur du pays à l'extérieur de Port-au-Prince. Selon les estimations du NREL, la production quotidienne de Cap-Haïtien de quelque 135 tonnes de DSM pourrait alimenter une usine de 470 kilowatts (en supposant un taux de collecte de 40 %).⁵⁵ Si la ville devait collecter près de 100 % de ses déchets, elle pourrait alimenter une usine de puissance supérieure à 1 MW. Actuellement, Cap-Haïtien a une capacité de production d'électricité fonctionnant à un peu plus de 2 MW, donc un supplément en capacité de 0,47 à 1 MW aiderait considérablement à alimenter cette ville de plus de 200,000 habitants.

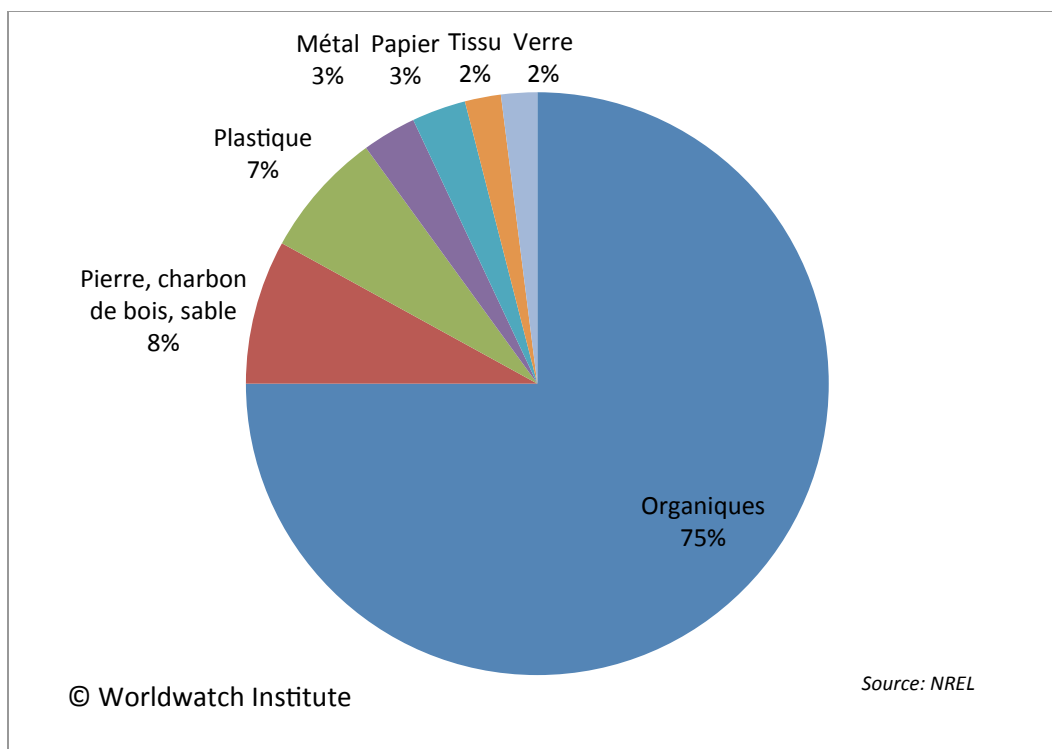
Tableau 3.8. Potentiel de déchets solides municipaux en Haïti

Ville	Capacité de production potentielle au taux de collecte de 40 %
	mégawatts
Port-au-Prince	4,79
Carrefour	0,82
Delmas	0,69
Pétionville	0,52
Cité Soleil	0,46
Gonaïves	0,44
Cap-Haïtien	0,47

Source : Voir Note 54 pour ce chapitre.

On estime qu'entre 65 et 75 % des DMS en Haïti proviennent de déchets de l'alimentation.⁵⁶ (Voir figure 3.11.) Parce que cette matière organique présente des niveaux d'humidité plus élevés que les déchets de papier, ce n'est pas un carburant efficace pour une utilisation dans les centrales de combustion. Au lieu de cela, les biodigesteurs, qui exposent les déchets organiques aux environnements de chaleur et faibles en oxygène, peuvent être utilisés pour convertir les déchets en carburant de méthane pour alimenter les générateurs ou cuisiner. En plus d'améliorer l'assainissement et de générer du méthane, les biodigesteurs produisent de l'engrais organique. Ainsi, alors qu'environ 50 à 70 % des DMS pourraient être convertis en méthane, les 30 à 50 % restant (constitué de solides et d'eau) pourraient être utilisés pour remplacer les engrais minéraux coûteux. Car le secteur agricole est une partie importante de l'économie haïtienne, ce qui peut fournir un produit important pour les collectivités locales.

Figure 3.11. Profil de déchets solides municipaux en Haïti



3.6.4 Résumé du potentiel de transformation des déchets en énergie

La transformation des déchets en énergie serait probablement en mesure d'alimenter uniquement les petites et moyennes centrales dans les grandes villes haïtiennes comme Port-au-Prince et Cap-Haïtien. De tels projets seraient bénéfiques, car elles aideraient à résoudre le problème de la gestion des déchets. Néanmoins, le potentiel global est limité. Les projets de biogaz à l'aide de la technologie de biodigester sont applicables sur une plus petite échelle et peuvent être utilisés dans une planification de l'électrification hors réseau.

3.7 Autres technologies d'énergie renouvelable

En plus des technologies des énergies renouvelables traditionnelles évoquées ci-dessus pour lesquelles Haïti dispose de ressources importantes deux options supplémentaires sont à explorer : l'énergie houlomotrice et marémotrice et l'énergie géothermique. En théorie, l'énergie houlomotrice et marémotrice a un potentiel important dans les pays insulaires comme Haïti, pourtant les coûts technologiques restent trop élevés pour le développement à l'échelle commerciale dans le pays. La géothermique, quant à lui, c'est une technologie mature qui peut fournir une part importante de la production d'électricité dans les pays à fortes ressources. Bien qu'il semble peu probable qu'Haïti a suffisamment de potentiel pour développer l'électricité géothermique, les systèmes de refroidissement et de chauffage géothermiques, qui n'ont pas les mêmes exigences en matière de ressources propres à chaque site, pourraient être mis en œuvre.

3.7.1 Énergie houlomotrice et marémotrice

L'énergie houlomotrice est une troisième forme d'énergie solaire et une seconde forme d'énergie

éolienne. Chauffe des poches d'air, pour produire un gradient de température qui induit la circulation atmosphérique sous forme de vent, ce qui entraîne alors l'eau pour produire des vagues. Les pics et les creux qui stockent l'énergie potentielle houlomotrice sont proportionnels à la rapidité et la régularité des coups de vent sur une surface d'eau libre.

L'énergie marémotrice, en revanche, est créée par des déséquilibres entre les forces gravitationnelles de la Terre, la Lune, le Soleil en orbite et les forces nécessaires pour maintenir les orbites en place. Les cycles réguliers des orbites créent un cycle régulier des entrées et sorties dans certains estuaires et chenaux de marée. Beaucoup de systèmes d'énergie marémotrice utilisent un schéma semblable aux turbines éoliennes, sauf que les unités sont situées sous l'eau à la base des estuaires et des chenaux de marée. Parce que l'eau est environ 1000 fois plus dense que l'air, les systèmes sont capables de produire environ 1000 fois plus d'énergie que l'énergie éolienne utilisant de l'eau en mouvement avec la même vitesse d'écoulement que l'air. Les évaluations de la production d'énergie marémotrice sont fondées sur des données océanographiques basées sur une grille dont les vitesses maximales actuelles, la profondeur des fonds marins, la hauteur maximale probable des vagues, la pente des fonds marins, la hauteur significative des vagues, et la distance du sol.⁵⁷

Il est important de noter que, contrairement à la plupart des autres technologies d'énergie renouvelable examinées dans ce chapitre, les technologies énergétiques marines sont loin d'être commercialement viables et ont des coûts prohibitifs. L'énergie des vagues et des marées rencontre des obstacles économiques et techniques similaires. Les coûts de construction et d'installation de ces systèmes, y compris les équipements de production et les câbles sous-marins, sont extrêmement élevés, et la capacité mondiale actuelle est presque exclusivement sous la forme de projets pilotes et de démonstration. Parmi les facteurs à considérer lors de l'élaboration des projets énergétiques marins sont la corrosion des équipements dans l'eau de mer, la coexistence avec d'autres utilisations des eaux côtières telles que la pêche et les loisirs, les obstacles de raccordement au réseau, les perturbations de l'écosystème potentiellement importants et la vulnérabilité des États insulaires aux changements climatiques. On ne comprend pas très bien comment le changement climatique et l'élévation du niveau des mers affecteront les courants, des marées et des vagues, et les équipements producteurs de l'énergie houlomotrice et marémotrice seraient vulnérables aux ouragans et autres conditions météorologiques extrêmes communes dans les Caraïbes.

Malgré les obstacles actuels, l'énergie des vagues et des marées pourrait bientôt jouer un rôle important dans certains endroits, y compris les petits États insulaires qui ont de vastes territoires côtiers. Comme les technologies arrivent à maturité et les coûts sont bas, ces sources pourraient devenir à long terme.⁵⁸ Il n'existe actuellement aucun développement d'énergie marine en Haïti, bien que l'intérêt ait été montré dans quelques endroits.⁵⁹ Des technologies énergétiques marines supplémentaires qui méritent davantage de recherche comprennent la conversion de l'énergie thermique des océans pour la production d'électricité et les systèmes de climatisation à l'eau de mer.

3.7.2 Énergie géothermique

L'énergie géothermique ou l'énergie thermique stockée dans la terre, peut être utilisée pour produire de l'électricité ou à fournir des services de chauffage et de refroidissement. De bonnes ressources géothermiques peuvent contribuer de manière significative au portefeuille de production d'électricité d'une région. Par exemple, la géothermie représente environ 27 % de la production d'électricité aux Philippines et 4.5 % en Californie.⁶⁰ Un avantage majeur de l'énergie géothermique par rapport à de

nombreuses autres sources renouvelables est qu'elle peut être utilisée comme source d'énergie de charge basse.

Pourtant, la géothermie joue un rôle limité dans la production mondiale d'électricité, avec seulement 12 GW installés à la fin de 2013.⁶¹ La principale limitation est la nécessité des réservoirs avec des températures très élevées à proximité de la surface de la Terre. Les Geysers en Californie, la plus grande centrale géothermique du monde, tirent parti des 300°C de vapeur à moins de deux kilomètres sous la surface.⁶² Cependant de telles ressources sont rares, et la plupart des réservoirs géothermiques profonds sont technologiquement ou économiquement impossibles à exploiter.

Haïti ne dispose pas actuellement de capacité géothermique installée, ni aucune évaluation des ressources géothermiques n'a été entreprise pour le pays. Cependant, les évaluations régionales montrent un faible potentiel pour l'île d'Hispaniola dans l'ensemble. Le plus grand potentiel géothermique dans les Caraïbes se trouve sur les îles des Petites Antilles, et, jusqu'à présent, seule la Guadeloupe a une capacité géothermique installée (4,5 MW). Haïti pourrait avoir un potentiel pour les systèmes géothermiques à petite échelle (<100 kW) qui dépend des flux relativement chauds de l'eau, et qui ne nécessite pas de puits, mais une étude plus approfondie des coûts et des ressources est nécessaire. Le pays abrite des sources chaudes bien documentées, dont certaines sont actuellement utilisées à des fins thérapeutiques.⁶³

Puisque Haïti n'a pas de haut potentiel géothermique, l'option la plus attrayante est le système géothermique de chauffage et de refroidissement. Étant donné que ces systèmes reposent sur des réservoirs avec des températures beaucoup plus basses, ils ne sont pas aussi spécifiques au site et peuvent être construits dans de nombreux endroits pour le chauffage direct ou pour actionner les thermopompes, dans le monde entier, au moins 78 pays utilisent l'énergie géothermique directement pour le chauffage.⁶⁴ En Haïti, les systèmes géothermiques pourraient fournir du rafraîchissement dans le climat tropical chaud, ainsi que fournir un contrôle d'humidité. Les tuyaux devraient être placés à seulement quelques mètres au-dessous du sol, ce qui en fait une technologie applicable pour les bâtiments gouvernementaux, commerciaux et les hôtels.

3.8 Résumé

Haïti a de très fortes propagations potentielles des énergies renouvelables au pays et pourrait théoriquement répondre à la quasi-totalité de ses besoins en énergie avec les ressources évaluées dans ce chapitre. Les parcs éoliens et la production distribuée d'énergie solaire PV sont particulièrement viables et devraient être le centre dans le mix énergétique du pays. Les estimations préliminaires fondées sur les évaluations détaillées des ressources menées ci-dessus montrent que l'installation d'un kilomètre carré de capacité de l'énergie solaire photovoltaïque à chacun des quatre des six sites examinés, et la construction des parcs éoliens moyens (30 MW) aux trois centrales d'éoliennes les plus favorables, pourrait fournir plus d'électricité que la production totale du pays en 2011.

En outre, les petites centrales hydroélectriques, la biomasse et la transformation des déchets en énergie peuvent chacun jouer un rôle limité, mais important dans l'alimentation du pays. L'amélioration de l'efficacité de la capacité de la biomasse existante peut fournir près de 7 % de la production d'électricité d'Haïti en utilisant uniquement des déchets agricoles, limitant ainsi les impacts négatifs sur l'environnement. Les petites centrales hydroélectriques en augmentations de capacité peuvent être particulièrement utiles pour élargir l'accès de l'énergie dans les régions éloignées et mal desservies.

Enfin, Haïti a besoin de développer une stratégie de gestion des déchets à long terme pour exploiter efficacement son potentiel de valorisation énergétique.

Même si Haïti n'a pas de potentiel pour le développement de l'énergie géothermique, le chauffage géothermique et les systèmes de refroidissement pourraient être utilisés dans des installations comme les bureaux gouvernementaux, les bâtiments commerciaux et les hôtels.

4 Amélioration du réseau et stockage de l'énergie

Principaux résultats

- Les systèmes de réseau électrique d'Haïti nécessiteront des améliorations importantes pour accueillir la demande croissante d'énergie, indépendamment du fait que ces besoins soient satisfaits avec des carburants fossiles ou de ressources renouvelables.
- Bien qu'il y ait du travail en cours pour améliorer le réseau électrique, cela est principalement axé sur la zone de service de Port-au-Prince, avec des résultats mitigés. Il y a un besoin urgent de se concentrer sur les solutions pour les zones en dehors de la capitale, ce qui contribuerait à stimuler le développement économique et faciliter l'afflux des gens des zones rurales à Port-au-Prince.
- Malgré une faible structure du réseau, le système actuel d'Haïti est bien adapté à l'intégration de l'énergie renouvelable, parce que les centrales diesel et fioul existantes peuvent être rapidement tirées vers le haut et vers le bas en réponse aux fluctuations de la production d'énergie solaire et éolienne.
- L'intégration de multiples sources d'énergie renouvelables sur une large zone géographique peut en outre réduire les problèmes d'intermittence liés aux énergies renouvelables, particulièrement, en combinant la capacité solaire et éolienne sur le réseau peut aplanir la variabilité saisonnière. Une analyse intégrée des ressources, de l'infrastructure du réseau, et de la demande actuelle et future est donc vitale.
- Les ressources renouvelables sont plus abondantes en été et plus rares en hiver. Une planification judicieuse des ressources intégrées sera nécessaire pour garantir la production renouvelable compatible durant les mois de l'hiver.
- L'énergie éolienne et solaire se complète bien, car le soleil atteint son point culminant à midi et le vent au cours de l'après-midi et le soir.
- La production décentralisée devrait être une priorité pour l'avenir. Les centrales renouvelables les plus petites et plus distribuées augmentent l'accès à l'électricité en Haïti en raison de la portée limitée de ses systèmes de réseau actuels. Les systèmes solaires PV domestiques et commerciaux peuvent réduire l'inefficacité des réseaux électriques en évitant les pertes.
- Les options de stockage de l'électricité, particulièrement les systèmes par batteries et d'hydro-pompage peuvent être couplés avec une capacité d'énergie renouvelable pour stocker l'énergie produite pendant les périodes de forte production et de faible demande, pour être fournie au réseau aux heures de pointe. Ces technologies arrivent à maturité rapidement et pourraient devenir des éléments importants d'un système énergétique Haïtien avec une part élevée d'énergie renouvelable.
- Haïti a besoin de profils de charge plus développés et les projections de la demande d'énergie pour aider à la planification de l'infrastructure de réseau.
- Les gaz naturels devraient être exploités de concert avec les énergies renouvelables, et non aux dépens de ces dernières. En bout de ligne, un investissement dans les énergies renouvelables combiné aux gaz naturels peut mener à un système énergétique plus dynamique, donnant plus de flexibilité au pays afin de réagir à tout changement mondial des politiques, de l'économie ou du prix de l'énergie.
- Haïti pourrait bénéficier de l'interconnexion avec les réseaux électriques voisins.

4.1 Aperçu du réseau actuel d'haïti

Haïti compte actuellement neuf réseaux isolés, couvrant les grandes villes comme Port-au-Prince, Saint-Marc, Jacmel, Les Cayes et Cap-Haïtien. La compagnie nationale, EDH, détient 100 % des réseaux de transmission et de distribution du pays, comprenant 900 km de lignes de distribution primaire et 1200 kilomètres de lignes secondaires.¹ La ligne de tension la plus élevée (115 kilovolts) reliant la centrale hydroélectrique de Péligre à Port-au-Prince, et les lignes de tensions inférieures (69 kV) transmettent l'électricité à partir des grandes centrales de diesel et de carburant lourd de la région de Port-au-Prince à la ville. Les réseaux de distribution les plus petits du pays s'appuient sur des lignes électriques de 23 kV.²

Haïti a produit environ 875 GWh d'électricité en 2011; de cette quantité, jusqu'à deux tiers a été perdu lors de la transmission ou de la distribution.³ (Voir la figure 4.1.) Le sous-investissement dans le système de transmission et de distribution, ainsi que les dommages résultant du séisme de 2010, ont contribué à des pertes supplémentaires de la qualité du réseau et la couverture. Plusieurs projets en cours visent à rénover et améliorer le réseau haïtien, y compris par le renforcement des principales institutions du secteur énergétique par la réhabilitation des centrales électriques, des postes et améliorer la gestion d'EDH.⁴ (Voir le tableau 4.1.)

Figure 4.1. Production, consommation et pertes d'électricité en Haïti, 1971–2010

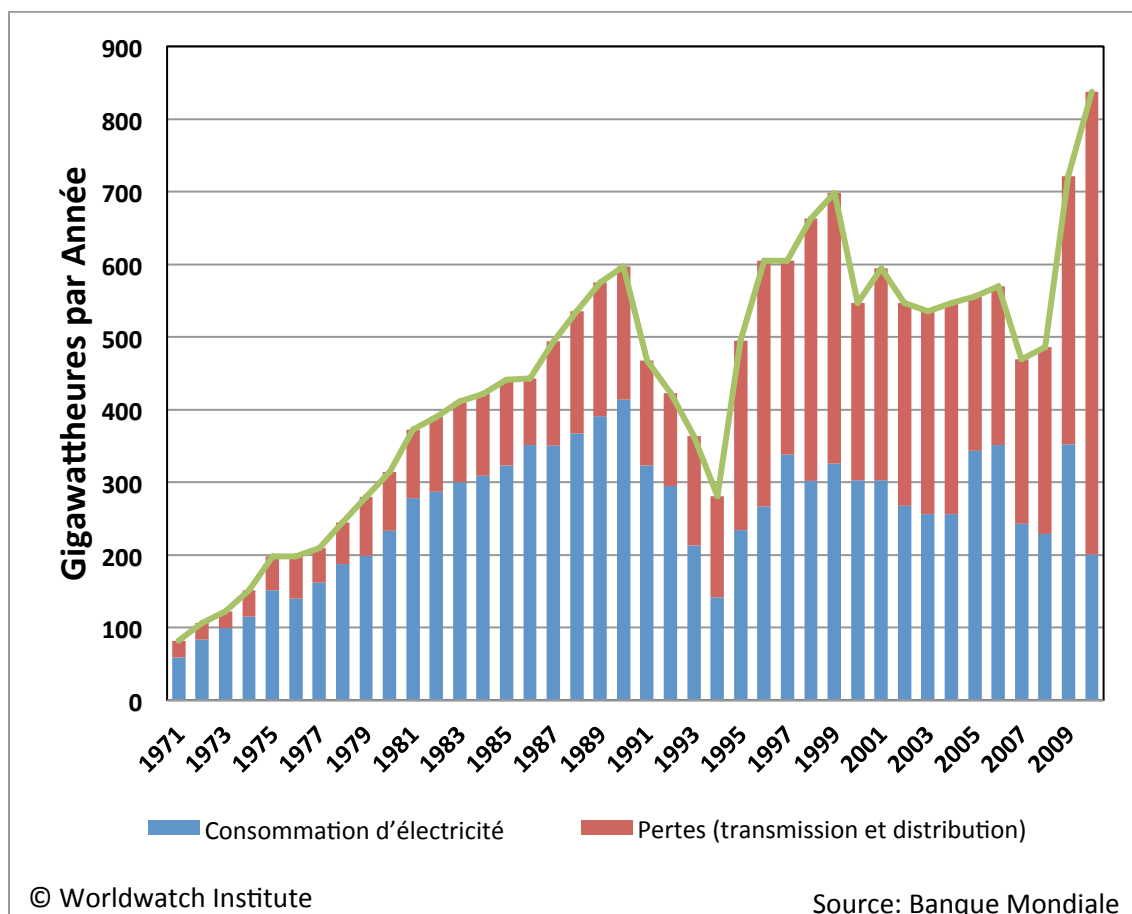


Tableau 4.1. Projets en cours d'amélioration du réseau en Haïti

Nom	Objectifs
La Reconstruction des Infrastructures Énergétique et des Projets d'Accès (Banque Mondiale)	Renforcer les institutions du secteur énergétique et améliorer l'accès à l'énergie; améliorer la performance d'EDH ainsi que la réhabilitation du réseau et étendre sa couverture; améliorer la réponse d'urgence du secteur énergétique en Haïti.
Transformation Institutionnelle et Programme de Modernisation du Secteur Énergétique (BID)	Renforcer les capacités et la viabilité financière d'EDH en prévoyant un entrepreneur indépendant pour assumer la responsabilité opérationnelle de l'entreprise sur trois phases dans le cadre de la Phase III sous la rubrique « Gestion des contrats de transition » financé par l'USAID. Se concentrer sur le soutien au cadre réglementaire du secteur énergétique, de faciliter la divulgation continue des informations du secteur clé, l'engagement d'EDH dans les rapports financiers annuels, et la mise en œuvre du système de gestion commerciale pour améliorer la facturation et les activités liées à la clientèle.
Réhabilitation de sous-station électrique (USAID/AECOM/Perini)	Réhabiliter cinq stations dans la zone métropolitaine de Port-au-Prince : Canapé Vert, Carrefour Feuilles, Toussaint Brave, Croix-des-Bouquets, et Nouveau Delmas.
Réhabilitation du Centrale Hydroélectrique de Péligre (BID)	Restaurer la capacité originale de 54 MW installée de la centrale tout en préservant sa capacité à contrôler les inondations et fournir l'irrigation dans la vallée de l'Artibonite.
Réhabilitation du Système de Distribution d'Électricité à Port-au-Prince (IDB)	Réduire les pertes d'électricité grâce à la réhabilitation des circuits de distribution de haute valeur et améliorer la gestion de d'EDH. La phase II vise à élargir et améliorer le service d'électricité pour le secteur industriel d'Haïti.

Source : Voir Note 4 pour ce chapitre.

4.2 Production décentralisée/distribuée

La production décentralisée, en particulier du système d'énergies renouvelables, devrait jouer un rôle important dans l'expansion des services d'électricité en Haïti ainsi que la réduction des coûts énergétiques du pays et la dépendance des importations de carburants fossiles. La production décentralisée se réfère généralement à l'électricité produite sur le site de consommation, et peut varier à l'échelle de quelques kW dans les installations résidentielles à des dizaines de MW pour les grandes productions industrielles.

Il est difficile de déterminer exactement quel niveau de production décentralisée doit être produit avant qu'il ne sera nécessaire pour Haïti de renforcer son réseau de distribution. Cependant, il est essentiel que les installateurs, et opérateurs de réseaux et les régulateurs ont une bonne compréhension des défis techniques associés à la production décentralisée—de l'inversion du flux de puissance à l'îlotage involontaire—ainsi que la façon de les aborder.⁵ (Voir encadré 4.1.) Il est également utile pour les ingénieurs des services publics de planifier pour une pénétration future de la production décentralisée en faisant l'entretien normalisé sur le réseau.

Encadré 4.1. Défis techniques et solutions associées à la production décentralisée

- L'inversion du flux d'alimentation. Dans les cas où une grande production d'énergie distribuée excède la demande locale d'électricité, ceci augmente la tension dans le réseau local et peut dépasser la tension que le réseau fournit, inversant le flux d'énergie. Le flux d'énergie inversée peut surcharger et endommager l'équipement électrique si le réseau connaît déjà un flux de puissance près de sa capacité maximale. Pour concevoir un système qui répond efficacement à l'inversion du flux d'alimentation et aux paramètres de flux de puissance maximale, les ingénieurs doivent d'abord identifier l'infrastructure unique du réseau et la production distribuée à chaque nouvelle grande installation—aussi bien que sur une base agrégée localisée s'il y a une forte densité de petites installations de production décentralisée.

- La régulation de tension. La régulation de tension permet aux opérateurs de réseau d'assurer une haute qualité de l'électricité par le maintien de la tension de ligne de distribution entre 5 à 10 % de la tension de fonctionnement conçue. Les systèmes de production distribuée fluctuent en sortie de tension pendant le fonctionnement, ou pendant la mise en marche ou l'arrêt, et peuvent potentiellement nuire aux charges sensibles (comme le matériel de fabrication) auxquels ils fournissent l'énergie. Les compensateurs statiques (un dispositif électrique spécialisé pour les systèmes à haute tension) et les changeurs de prises en charge (mécanismes contenus dans les transformateurs de puissance) peuvent réguler les niveaux de tension en réglant de façon incrémentielle la puissance sur la ligne de distribution.
- Distorsion harmonique. Lorsque la fréquence fondamentale du courant électrique est déformée par les autres fréquences d'interférence, cela peut provoquer le dépassement de la capacité du système de transmission par le courant efficace totale, conduisant à une surchauffe et des problèmes de régulation de tension. Toute unité de production décentralisée connectée au réseau doit se conformer aux limites de distorsion harmonique maximale, comme indiqué à la norme 519 de l'Institut des Ingénieurs Électriciens et Électroniciens (IEEE en Anglais). Les onduleurs modernes sont capables de réduire l'effet de distorsion de production décentralisée jusqu'à un point négligeable. Les filtres électriques passifs et actifs sont des dispositifs électroniques qui peuvent également supprimer les harmoniques.
- Perturbation du régime de protection. Cela peut se produire quand un réseau existant dispose de plusieurs mesures en place pour protéger contre les flux de puissance bidirectionnel ou un dépassement de la capacité maximale de la ligne de transmission. Lorsqu'un nouveau système de production décentralisée commence réinjecter de l'énergie dans le réseau électrique, un fusible (par exemple) peut fondre si le flux de puissance dépasse un certain seuil, pour éviter d'endommager le réseau en aval. Les fusibles, disjoncteurs, relais, disjoncteurs à ré-enclenchement et les sectionneurs peuvent tous besoin d'être reconçus.
- Îlotage involontaire. C'est le problème le plus important qui peut se produire avec les systèmes de production décentralisée, bien qu'il ait été en grande partie résolu par l'amélioration du niveau de l'onduleur. Dans l'éventualité d'une panne de réseau, les disjoncteurs isolent automatiquement la section du réseau dans lequel une coupure de courant se produit. Un générateur qui fournit toujours la puissance au sein de cette « île » pendant une interruption du réseau peut interférer avec la procédure d'isolement du disjoncteur, conduisant à des interruptions plus longtemps que prévue. Plus sérieusement, un technicien essayant de fixer une ligne qu'il croit être débranché mais est en réalité toujours alimentée peut créer un danger mortel. En outre, si un générateur fonctionne à l'intérieur d'un îlot, le courant alternatif (AC) sur l'île peut commencer à alterner en phase avec l'AC sur le réseau, et une reconnexion instable peut gravement endommager l'équipement.

Les solutions passives et actives existent pour empêcher l'îlotage en débranchant la production décentralisée dans un délai normalisé. Les méthodes passives mesurent la puissance du réseau au point de raccordement de l'unité de production décentralisée et débranchent l'appareil si le réseau électrique s'arrête, mais ils sont conçus pour être insensibles afin d'empêcher une déconnexion inutile. Les méthodes actives résolvent la question d'îlotage, en injectant périodiquement de petits éclats de courant dans le réseau et en observant la réponse, mais ils sont critiqués pour réduire la qualité de l'alimentation.

Source : Voir Note 5 pour ce chapitre.

Compte tenu des pertes techniques et non techniques élevées en transport et distribution des réseaux d'Haïti, les systèmes de production décentralisée peuvent avoir un impact économique positif significatif. Puisque ces systèmes produisent de l'électricité au point d'utilisation qui n'a pas besoin de passer dans le réseau, un kilowattheure provenant d'un panneau solaire sur le toit est plus précieux qu'un kilowattheure provenant d'une centrale de fioul lourd ou diesel (équivalent à 3 kWh à partir d'une

centrale électrique si les pertes sont de 66 %). L'intégration d'un système de production décentralisée avec le réseau en vertu d'un mesurage net, cependant un régime tarifaire signifierait qu'une partie de la production du système serait soumise aux pertes du réseau.

Les pertes du réseau d'Haïti sont répercutées sur les prix élevés de l'électricité, qui rendent les systèmes décentralisés financièrement plus attrayants en Haïti que dans les pays où les prix de l'électricité du réseau sont plus faibles. En outre, l'installation de ces systèmes permettrait de réduire le nombre de kilowatt-heures-globales qui doivent être générés dans le pays, par l'amélioration de l'efficacité du système de l'électricité. Par conséquent, la promotion de la production décentralisée est une priorité nationale digne.

4.2.1 Mini-réseaux pour l'électrification rurale

Les mini-réseaux, une forme de production décentralisée, apportent une solution techniquement et économiquement réalisable pour l'électrification rurale. Un mini-réseau est décrit comme étant « un système discret d'énergie constitué de sources d'énergie réparties (par exemple, les énergies renouvelables, conventionnel, stockage) et les charges capables de fonctionner en parallèle, ou indépendamment du réseau principal ». ⁶ Dans le cas d'électrification rurale, les mini-réseaux sont isolés du grille principal, avec la possibilité d'interconnexion avec le système du plus grand réseau si l'extension de ce dernier devient une possibilité. ^{vii}

Les conceptions des mini-réseaux varient en fonction des ressources et des technologies disponibles localement. De nombreux projets de mini-réseaux passés ont été alimentés par des générateurs diesel, communément utilisés pour produire de l'électricité dans les régions éloignées. Les générateurs diesel ont de faibles coûts initiaux et de capitaux et sont répartissable—capable de produire de l'électricité en cas de besoin, avec le combustible susceptible d'être stockée jusqu'à son utilisation. Cependant le diesel est sensible à la volatilité très élevée des prix, surtout dans les zones reculées. Les perturbations de l'approvisionnement dans des zones isolées (comme dans le cas d'un mini-réseau rural) peuvent diminuer la distribution des générateurs diesel, éliminant l'un des rares avantages que les générateurs diesel ont sur les mini-réseaux d'énergies renouvelables. ⁷ En plus de fournir des contraintes, la combustion diesel a des impacts environnementaux et sanitaires, affectant la qualité atmosphérique locale et en contribuant aux problèmes respiratoires et autres problèmes de santé. ⁸

En dépit de leurs coûts initiaux plus élevés, les systèmes d'énergie renouvelables sont souvent bien adaptés à profiter des ressources énergétiques locales (par exemple, l'énergie solaire, l'hydroélectricité, la biomasse) et, s'ils sont bien conçus et gérés, ils ont un avantage de coût à long terme distinct sur les générateurs diesel dans les régions éloignées. Les technologies qui utilisent l'énergie solaire, éolienne et hydro évitent les coûts de carburant et la possibilité de pénuries d'approvisionnement, mais ils doivent faire face à la question de la variabilité (par exemple, le soleil ne brille pas toujours) et utilisent des solutions de stockage d'énergie. Les systèmes à base de biomasse, en revanche, sont semblables à des générateurs diesel, mais nécessitent l'acquisition d'une charge stable et suffisante. Avec une alimentation en carburant suffisante, ils peuvent fournir des facteurs de grande capacité et le dimensionnement approprié pour répondre aux charges de mini-réseaux. ⁹ Avec un financement adéquat pour payer les technologies de production d'énergie renouvelable et de stockage de l'énergie,

^{vii} Puisque seulement 3 des réseaux sous-nationaux ont une capacité opérationnelle de plus de 10 MW, la majorité des réseaux du système actuel pourrait déjà être classée comme des mini-réseaux.

systèmes de mini-réseaux d'énergie renouvelables sont une option efficace et économiquement viable pour l'électrification rurale.

Une autre option efficace de conception est le mini-réseau hybride. Les systèmes de mini-réseaux hybrides combinent les énergies renouvelables, le stockage d'énergie, et le soutien de générateur diesel pour réduire au minimum les inconvénients de chaque système. Les systèmes hybrides sont souvent l'option au moindre coût (à long terme) comme une grande part de l'énergie renouvelable peut réduire les coûts de carburant et réduire les coûts totaux de l'énergie, tandis que l'utilisation des soutiens diesel peut réduire la nécessité pour les technologies de stockage d'énergie coûteuses et garantir un approvisionnement plus fiable d'électricité.¹⁰ En outre, de nombreuses collectivités éloignées ont déjà accès à des générateurs diesel qui peut être affecté ou utilisés comme générateurs de secours pour un mini-réseau à l'échelle communautaire. Ces systèmes hybrides peuvent générer jusqu'à 75-99 % de l'alimentation totale de l'énergie renouvelable, en supprimant un grand nombre des impacts sur la santé et l'environnement avec l'utilisation des générateurs diesel, mais fournit encore de l'électricité fiable.¹¹

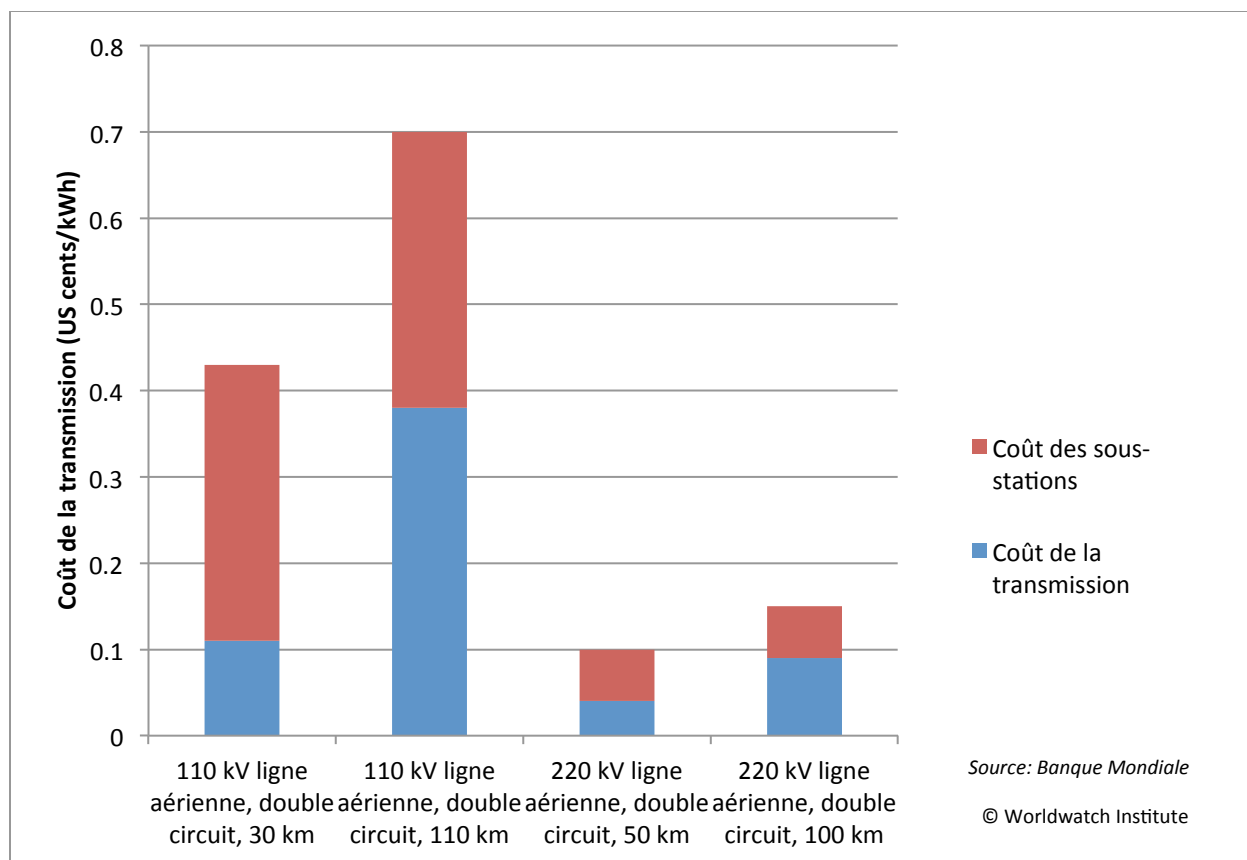
Le développement de mini réseau existe déjà en Haïti. En grande partie parce que EDH a été en mesure d'étendre l'accès au réseau de seulement 10 % au cours des dernières décennies, des dizaines d'organisations ont commencé la construction de mini réseaux dans tout le pays.¹² L'EDH a participé au développement de 28 mini-réseaux à base de diesel pour des localités partout au pays, mais ces réseaux font face à un manque de financement chronique et sont maintenant pour la plupart non-opérationnels; un projet en cours cherche à incorporer plusieurs de ces réseaux à un système intégré.¹³ Earthspark a lancé un mini réseau dans ville Les Anglais du département du sud à la fin de 2012. Elle a d'abord commencé avec 14 clients, mais a augmenté à plus de 400 clients.¹⁴ Le réseau utilise la technologie des compteurs intelligents sur mesure pour rendre possible un modèle d'entreprise d'énergie prépayé. Au cours de l'année 2014, ce mini-réseau est appelé à devenir un système solaire hybride diesel, bien qu'il fonctionne actuellement que sur des moteurs diesels.¹⁵ Le succès et le dynamisme de ce projet mettent en évidence le potentiel de mini-réseaux et la technologie des compteurs intelligents en Haïti.

4.3 Raccordement au réseau et l'intégration de production centralisée

À l'échelle commerciale, la connexion et l'intégration avec le réseau de transport posent des problèmes pour la production variable. La production à partir des installations éolienne et solaire à l'échelle commerciale est beaucoup plus dépendante du lieu que la production de plantes à base de carburants fossiles qui consomment des charges d'alimentation portables (bien que souvent coûteux à transporter). Trouver un site viable pour la production renouvelable exige un équilibre entre les ressources disponibles à l'emplacement de sa proximité à l'infrastructure existante. En Haïti, même dans les zones à fortes ressources renouvelables, le coût de l'extension du réseau peut rendre le développement prohibitif dans certaines des zones étudiées dans cette feuille de route.

Les calculs préliminaires de Worldwatch avec l'utilisation du modèle de la Banque mondiale pour l'évaluation des technologies de l'électricité (META en Anglais) démontrent que, dans l'ensemble, la connexion au réseau ne présente pas un coût supplémentaire important pour le développement des énergies renouvelables en Haïti. Basé sur les résultats de la modélisation, même la construction d'une ligne de transmission de 50 km—par exemple, du Lac Azeui à la grande région de Port-au-Prince—contribuerait moins de 1 centime de dollar par kWh au coût de l'électricité à partir d'un nouveau parc éolien.¹⁶ (Voir figure 4.2.)

Figure 4.2. Estimations des coûts de raccordement au réseau en Haïti



Note : Le modèle META de la Banque Mondiale n'inclut pas les lignes de transmission du réseau haïtien aux tensions de 69 kV et 138 kV. Les estimations de coûts de cette figure s'avèrent une approximation des coûts basée sur une ligne de transmission à tension similaire.

Flexibilité du réseau—la rapidité à laquelle un système d'électricité peut ajuster la fourniture d'électricité et charger—est important pour répondre à la demande de puissance d'Haïti surtout si il y a une forte pénétration des énergies renouvelables variable. La flexibilité est une fonction à la fois des caractéristiques physiques du réseau et de sa conception opérationnelle et du marché.¹⁷ Tous les réseaux ont besoin d'une certaine souplesse pour équilibrer les fluctuations de la demande tout au long de l'heure et du jour, ainsi que les changements imprévus de l'offre dans des situations telles que mauvais fonctionnements ou des événements météorologiques violents. L'intégration de la variable de génération ajoute un autre élément de la variabilité du système de grille et nécessite généralement plus grande flexibilité du réseau. Par conséquent, les changements qui peuvent accroître la flexibilité globale du réseau ou de réduire le besoin de flexibilité pour répondre aux fluctuations de la demande augmenter le potentiel pour accueillir des niveaux de production variable plus élevés.

Certaines des caractéristiques physiques qui déterminent la flexibilité sont hors du contrôle des opérateurs de réseau. Par exemple, les grands réseaux ou les zones d'équilibrage, qu'ils soient mesurés par le nombre d'installations de production ou la zone géographique couverte, sont plus flexibles parce que la variabilité de l'offre et de la demande peut être lissée par agrégation dans les zones d'équilibrage avec des types de centrales électriques plus diverses. La capacité du parc de production pour fournir la variabilité de répondre à l'évolution des variables de production augmente linéairement aussi bien que la zone d'équilibrage se développe, mais la variabilité de la génération augmente linéairement moins.¹⁸ Par exemple, deux parcs éoliens dans différents endroits vont générer une puissance combinée qui est moins variable que celle qui soit unique par exploitation. Une étude dans l'État de New York, une

superficie de deux fois la taille d'Haïti, a découvert que la combinaison des 11 zones du système électrique de l'état a réduit la variabilité horaire du vent de 33 % et 5 minutes de la variabilité du vent de 53 %.¹⁹

Pour des raisons similaires, le nombre et la capacité (en MW) des interconnexions avec les réseaux voisins sont également corrélés positivement avec la flexibilité du réseau. Si les réseaux voisins sont équipés pour fournir mutuellement la variabilité nécessaire afin de faire face à l'excès ou la production manquante, ils peuvent recréer l'avantage d'une plus grande zone d'équilibrage à l'intérieur d'un réseau unique. Dans le cas d'Haïti, l'interconnexion avec la République dominicaine pourrait renforcer le potentiel des énergies renouvelables des deux pays. Pour les communautés frontalières haïtiennes qui ne sont pas desservies par le réseau, cette interconnexion pourrait fournir le moyen le plus probable et économiquement réalisable pour se connecter éventuellement. Lac Azuéi—la région d'Haïti avec la ressource éolienne la plus substantielle—est situé à proximité à la fois Port-au-Prince et la frontière dominicaine, et pourraient potentiellement servir de source de charge importante pour interconnecter les réseaux. Un grand parc éolien au Lac Azuéi comprendrait une partie importante du profil de charge d'Haïti, et l'interconnexion avec la République dominicaine diminuerait les risques que la production variable de l'installation apporterait au réseau haïtien.

Les corrélations entre la production et la demande renouvelables aident aussi à déterminer le montant de la production variable qui peut être intégré confortablement. Si les hausses et les baisses de la production solaire ou éolienne correspondent bien à celles de la demande, il est plus facile de les intégrer avec le reste du parc de production. Sur ces chiffres, Haïti ne semble pas être un endroit idéal pour les grosses productions variables centralisées. Les petites îles ont tendance à avoir de petits réseaux et géographiquement isolés (le cas échéant), et bien que les lignes de transmission subaquatiques peuvent être construites, le coût augmente rapidement avec la distance et la profondeur qu'ils doivent traverser.²⁰ Le réseau actuel d'Haïti est plus petit que les réseaux régionaux aux États-Unis et les réseaux nationaux dans de nombreuses régions qui ont des pénétrations élevées existantes de production variable. Des études indiquent, cependant, que certaines régions insulaires, comme Oahu dans l'état américain d'Hawaï, peuvent être en mesure d'intégrer la production variable avec le réseau sans sacrifier la fiabilité.²¹ (Voir étude de cas 4.)

Étude de cas 4. Capacité d'intégration éolienne et solaire dans la grille d'Oahu, Hawaï

Une étude récente du réseau d'Oahu, Hawaï, démontre le potentiel d'un petit réseau insulaire d'intégrer l'énergie éolienne et solaire sans sacrifier la stabilité. Le réseau d'Oahu est assez petit, avec moins de 1 800 MW de capacité installée et la production annuelle de près de 8 000 GWh. L'étude a examiné la possibilité d'intégrer jusqu'à 500 MW d'énergie éolienne et 100 MW d'énergie solaire dans le réseau, qui représenterait plus d'un quart de la production d'électricité du système. Il a révélé que jusqu'à 95 % de l'énergie éolienne produite pourrait être remis avec succès au réseau, qui, avec la production d'énergie solaire, réduirait la consommation de carburant de 30 % sans sacrifier la fiabilité du système.

L'étude a révélé que les trois changements relativement simples aux opérations du réseau permettraient à Oahu d'atteindre ces résultats. Tout d'abord, Oahu aurait besoin d'utiliser la dernière technologie de prévisions relatives au vent et engager ses unités de production rapide de démarrage à l'avance, ce qui réduit la nécessité pour les unités de régulation de gérer les fluctuations de vent inattendus. Un changement simultané serait une augmentation des exigences « up-réserve » (unités de régulation qui fonctionnent à un niveau de production basique qui peut être augmenté sur demande de l'exploitant du réseau) pour tenir compte de la variation de sous horaire, car Oahu fonctionne sur un horaire d'acheminement économique. Ces mesures permettraient à la fois d'augmenter la quantité d'énergie éolienne qui peut être acceptée par réseau de 7 % et de réduire les coûts de

carburant du système de 14 %.

La deuxième étape du processus consiste à réduire le niveau minimum de fonctionnement stable des installations de charge basique appartenant à l'utilitaire d'Oahu. Oahu est plus dépendant du charbon qu'Haïti, et 95 % de son électricité provient des unités relativement rigides. Toutes les centrales de base ont un niveau de production minimum à laquelle elles peuvent fonctionner en toute sécurité. Souvent à des moments de faible demande d'électricité, l'énergie éolienne ne peut être acceptée parce que les installations de charge de base classiques répondent déjà aux exigences de charge à ce niveau minimum. Si ces minima ont été abaissés, plus l'énergie éolienne pourrait être acceptée par le réseau. La mise en œuvre d'une telle stratégie nécessiterait aussi d'avoir un « down-reserve » (unités de régulation qui fonctionnent à un niveau de production basique qui peut être diminué sur demande de l'exploitant du réseau), pour assurer la stabilité au cas où la charge baisse de manière inattendue. Ceci augmenterait la quantité d'énergie éolienne qui peut être acceptée par réseau de 14 % et de réduire les coûts de carburant du système de 9 %.

Selon l'étude, le troisième changement qui pourrait alléger le vent et l'intégration solaire sur Oahu serait de réduire l'exigence « up-reserve » en profitant des unités de production rapide de démarrage et d'autres ressources à la disposition de l'exploitant du réseau. Ceci n'affecterait pas la quantité d'énergie éolienne acceptée par le réseau, mais réduirait légèrement les coûts de carburant. Ces stratégies ont soulevé le taux de chaleur moyenne du parc (la quantité d'énergie primaire nécessaire pour produire une certaine quantité d'électricité) en raison de la dépendance accrue sur unités de pointe et les réserves obligatoires, mais les coûts de carburant ont encore chuté de 30 % dans l'ensemble. Les complications opérationnelles sont restées, notamment face à la variabilité sous horaire, mais les auteurs ont conclu que l'intégration est possible sans sacrifier la stabilité.

Source : Voir Note 21 pour ce chapitre.

Les planificateurs de la grille ont le contrôle sur d'autres facteurs physiques qui influent sur la flexibilité du réseau. Résistance du réseau—la capacité de transport de l'électricité à partir de son point de production à son point de demande—elle est positivement corrélée avec la flexibilité du réseau; cependant, il peut être limité par les anciens réseaux de transport et de distribution, comme il en existe en Haïti. Pour ces raisons, les ressources hydroélectriques d'Haïti ne sont pas aussi utiles pour l'équilibre de la production variable comme on pouvait s'y attendre.

L'hydroélectricité est souvent considérée comme le complément idéal de production variable parce que les installations qui stockent l'eau derrière les barrages peuvent être activées presque instantanément. Cependant, la production hydraulique en Haïti dépend fortement du niveau de précipitations, et toute l'eau qui s'accumule dans des réservoirs est rapidement utilisée pour produire de l'électricité, au lieu d'être stockée. En conséquence, ces installations (comme actuellement exploités) ne sont pas aussi utiles pour faire face à la variabilité, contrairement aux systèmes comme la Bonneville Power Administration aux États-Unis. Pacific Northwest qui a régulièrement utilisé les centrales hydroélectriques pour équilibrer des quantités croissantes de la production éolienne. Cela pourrait changer, bien entendu, si la capacité de production globale est augmentée de manière significative, comme avec l'ajout de nouvelles sources renouvelables.

En l'absence d'amélioration continue de l'infrastructure et la conception du marché, la capacité du réseau d'Haïti pour absorber la production variable peut ralentir la croissance de la production d'énergie renouvelable dans le pays. Bien qu'une grande partie de ce que dicte la capacité d'un réseau à accepter la production variable soit prédéterminée, Haïti peut adopter de nombreuses étapes pour faciliter le processus.

4.4 Intégration des ressources énergétiques renouvelables complémentaires

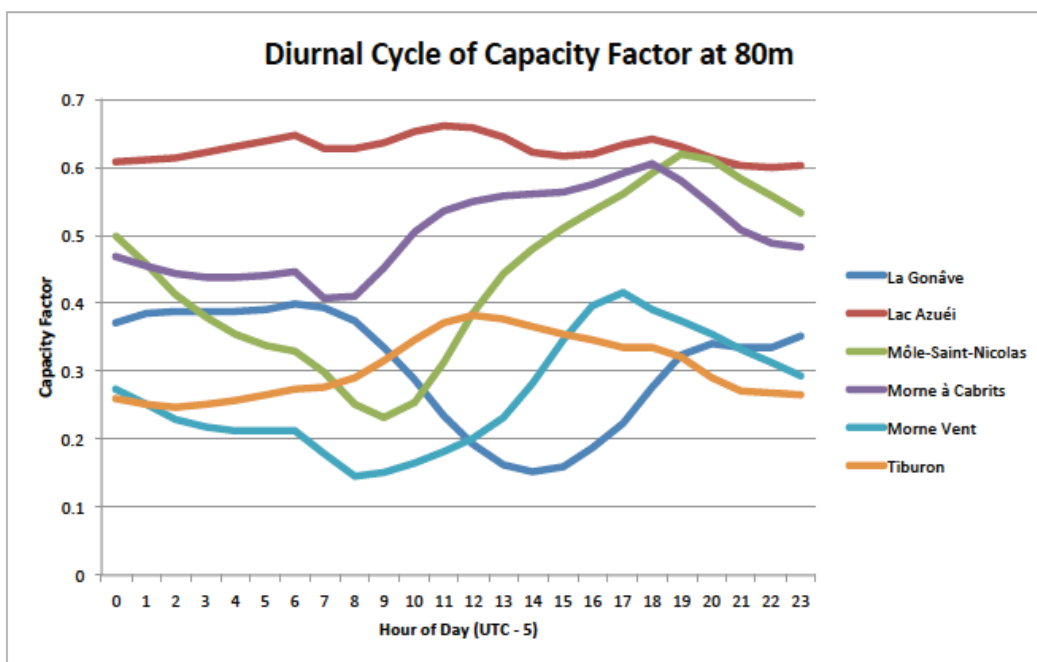
Un des plus grands défis liés à la nature variable de l'électricité à partir de nombreuses sources renouvelables est d'identifier les ressources complémentaires—soit du potentiel renouvelable à partir de sources ou des zones géographiques différentes qui sont les plus fortes à différents moments de la journée ou de l'année. Si les ressources sont complémentaires, la période de faiblesse pour que l'un puisse coïncider avec une forte production d'un autre sur le même réseau, la création d'un niveau relativement stable de la production totale. Le soleil et le vent sont à la fois des sources d'énergie variables, et en Haïti, la petite hydroélectricité est en partie de capacité ferme et en partie variable, car elle fluctue selon les saisons.

L'énergie éolienne fournit un exemple particulièrement utile des avantages de l'intégration des ressources complémentaires, puisque l'intermittence est l'un des plus grands défis de l'énergie éolienne. Le vent ne souffle pas en permanence, mais varie considérablement tout au long de l'année et de la journée. Le niveau de prononciation de cette variation et la façon dont les ressources éoliennes avec différents modèles de variabilité dans un pays peuvent être intégrées pour réduire l'intermittence, contribueront à la détermination de la viabilité de l'ajout de l'énergie éolienne au réseau d'électricité. La variation saisonnière est utile pour la planification et l'ordonnancement d'entretien des réseaux électriques à long terme, alors que la variation quotidienne est particulièrement important pour examiner si et quand la hausse de la production éolienne coïncide avec celle de la demande quotidienne en électricité.

La fréquence avec laquelle les sites potentiels d'énergie éolienne subissent des changements significatifs dans la production sur de courtes périodes connues comme « événements de rampe », joue aussi un rôle dans la détermination de leur attractivité. Nos évaluations examinent la variation du vent pendant 10 minutes et toutes les heures à partir de sites représentatifs. Dans les deux cas, la diversification géographique réduit à la fois le nombre et la taille des événements de rampe—soit des changements positifs ou négatifs de la production qui sont supérieurs à 5 % de la capacité installée—mais l'effet est beaucoup plus grand au cours des intervalles de 10 minutes, car il y a moins de temps pour plusieurs sites à être touchés par le même type de temps. Une façon de réduire significativement la variabilité de la production éolienne est de placer des parcs éoliens dans plusieurs emplacements géographiques avec une diversité des variations saisonnières et quotidiennes, afin de niveler la production quotidienne et annuelle.

Les résultats des six zones d'étude en Haïti indiquent que les ressources éoliennes dans diverses zones géographiques semblent avoir des profils de production quotidienne similaires, bien qu'il existe des variations qui présentent une occasion pour la complémentarité.²² (Voir figure 4.3.) Par exemple, Môle-Saint-Nicolas, Morne-à-Cabrit, et Morne Vent atteignent tous leur hausse en début de soirée, tandis que La Gonâve connaît la hausse du début à la fin de la matinée. Lac Azuéli et Tiburon semblent avoir moins de variation diurne, ce qui est bien car le Lac Azuéli a de loin, le plus grand potentiel de vent des six zones.

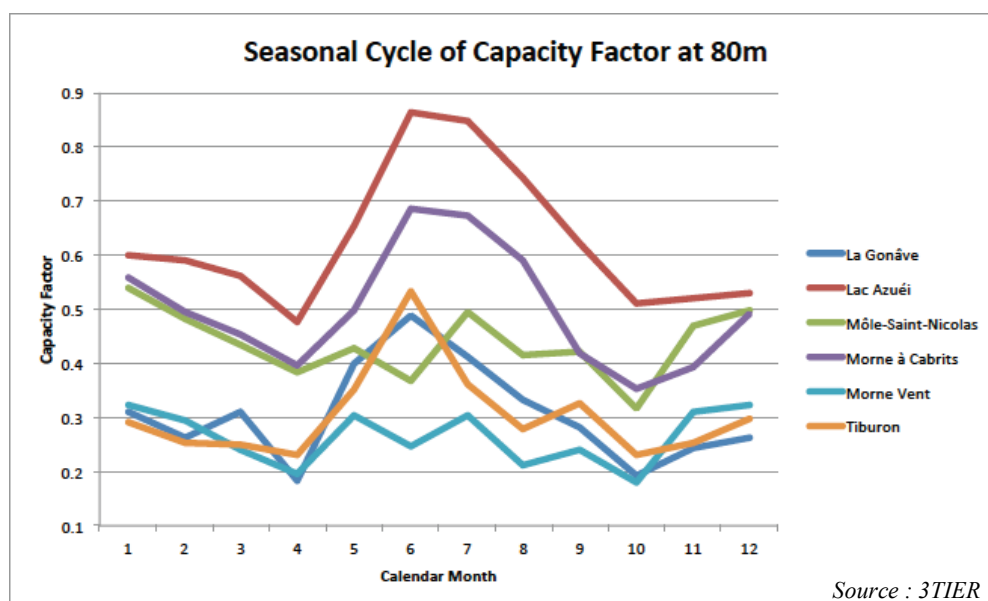
Figure 4.3. Variabilité diurne du vent sur les six zones haïtiennes



Source : 3TIER

La similarité de production saisonnière parmi les six zones est encore plus prononcée.²³ (Voir figure 4.4.) Comme la plupart des pays tropicaux, Haïti connaît des variations saisonnières significatives, y compris de fortes pluies saisonnières, et les conditions météorologiques ont tendance à être fortement influencée par les zones de haute et basse pression de longue durée, ce qui se produit relativement constante. Le potentiel éolien du pays tend à être plus élevé pendant les mois d'été, de mai à août, mais la tendance n'est pas uniforme dans tous les endroits, avec la configuration des vents à Môle-Saint-Nicolas et Morne Vent moins variant pendant l'année.

Figure 4.4. Variabilité saisonnière du vent sur les six zones haïtiennes



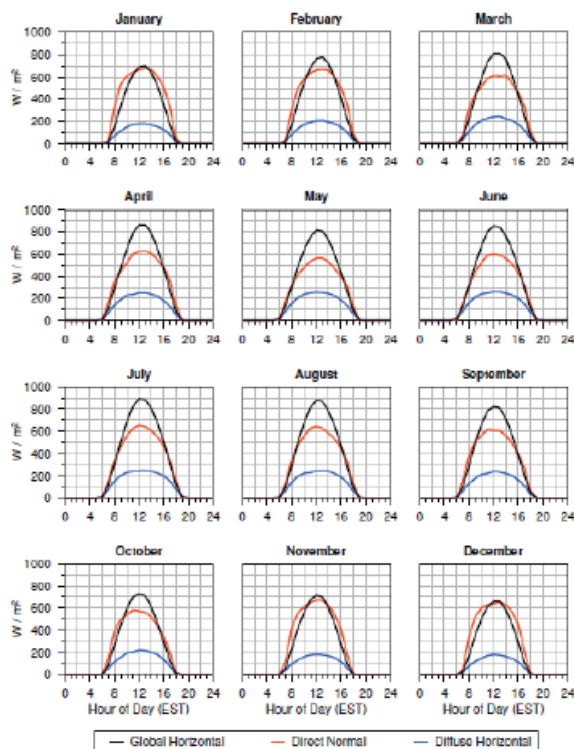
Source : 3TIER

Les régimes saisonniers des vents sont relativement uniformes d'année en année aussi, mais il y a des variations. Les vents d'été connaissent presque toujours une hausse de juin à août; cependant, les vents hivernaux et d'automne ont été plus variables au cours des 10 dernières années, avec plus de variation des vitesses de vent décembre janvier et septembre-novembre d'une année à l'autre. Cette variabilité peut conduire à des défis en matière de planification des réseaux électriques et la programmation de l'entretien à long terme.

La concentration de turbines éoliennes a aussi un effet significatif sur les événements de la rampe, et plus encore en examinant ces événements sur des périodes de 10 minutes. Une plus faible concentration des turbines, avec moins d'unités par point de quadrillage, ce qui signifierait l'installation d'une capacité donnée occuperait plus d'espace. La vitesse du vent vue par chaque turbine serait moins fortement corrélée avec la vitesse du vent vue par les autres turbines de l'installation, en faisant des événements de la rampe moins sévère et moins fréquente. En général, la relation entre la superficie couverte et le nombre d'événements de rampe sur une période de 10 minutes est à peu près exponentielle, alors qu'il est à peu près linéaire quand on regarde la variation horaire. Cependant le seul fait d'augmenter la taille des installations n'est pas une solution, car une petite rampe dans un gros projet peut être supérieure en mégawatts à une grande rampe dans un petit projet.

En ce qui concerne l'énergie solaire, des études sur les six zones indiquent que les potentiels solaires connaissent leur hausse en mi-journée, entre 10 h et 14 h.²⁴ (Voir figure 4.5.) Puisque l'énergie solaire dépend de la lumière du soleil, il existe peu de complémentarité à se trouver entre les différents sites de la même région, car elles produisent de l'énergie en même temps. De même, la variation saisonnière des ressources solaires semble être assez uniforme en Haïti.

Figure 4.5. Variation saisonnière et diurne de l'énergie solaire à Les Cayes



Source : 3TIER

La production complémentaire de différentes ressources renouvelables, telles que le vent et le soleil, peut également être intégrée sur le même réseau pour lisser les variations saisonnières et quotidiennes. En Haïti, les ressources solaires et éoliennes connaissent des hausses à des heures différentes, ce qui signifie qu'elles pourraient se compléter mutuellement sur une base quotidienne. Les ressources éoliennes sont souvent plus fortes au cours de la soirée et tôt le matin, donc le vent pourrait fournir de l'énergie où les installations solaires ne produisent pas.

Cependant la complémentarité saisonnière entre le soleil et le vent n'est pas aussi claire. Ces deux ressources ont tendance à atteindre un point culminant en été, de juin à août et d'atteindre leur plus bas niveau au cours de l'hiver d'octobre à février. Mais le potentiel solaire accélère en mars et avril, ce qui signifie qu'il peut compenser les trempettes dans le potentiel de vent au cours de ces mois. La variation diurne de la configuration des vents est également importante, car le vent est plus utile quand il se produit pendant les périodes de forte demande. Bien que le profil de la charge d'électricité quotidienne d'Haïti ne soit pas disponible, comme beaucoup de ses pays voisins, sa demande maximale a lieu pendant la nuit.

Heureusement, le potentiel hydroélectrique d'Haïti est élevé de septembre à décembre, ce qui signifie que l'hydroélectricité peut compenser le faible potentiel d'énergie solaire et éolienne au cours de ces mois.²⁵ (Voir figure 4.6.) Les mois les plus difficiles pour un réseau d'énergie renouvelable intégré vont de janvier à mars, car l'hydro, l'énergie solaire et éolienne ont toutes un potentiel relativement moyen à faible cours de ces mois. (Voir le tableau 4.2.) Cependant, puisque ces ressources ont toutes tendance à atteindre un point culminant pendant l'été, il pourrait y avoir une certaine complémentarité saisonnière avec la cogénération à partir de la bagasse à d'autres moments de l'année, car la saison de non-récolte de la canne à sucre est de mai à novembre. Cependant plus de recherche doit être faite sur la disponibilité saisonnière de bagasse de canne en Haïti.

Figure 4.6. Variabilité saisonnière de l'hydroélectricité en Haïti

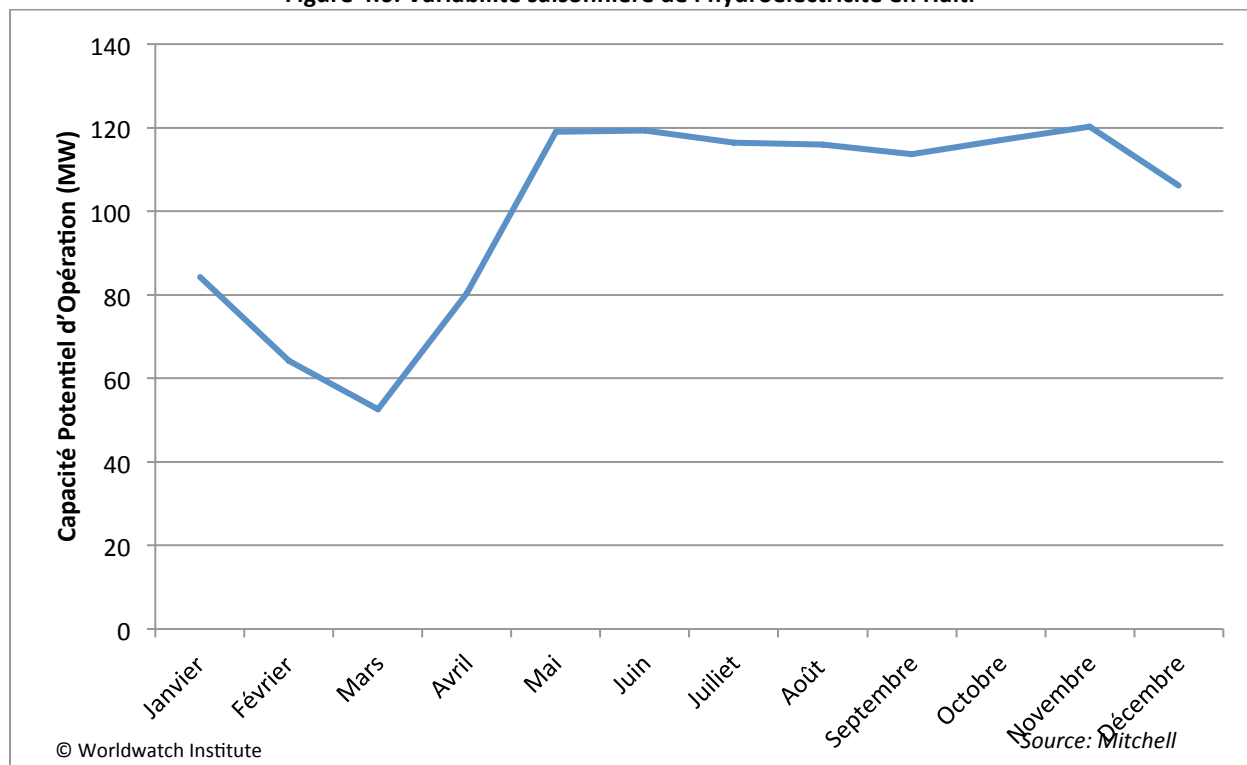


Tableau 4.2. Résumé de la variabilité saisonnière de l'énergie renouvelable en Haïti

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Solaire	moyen	moyen	moyen	très élevé	élevé	très élevé	très élevé	très élevé	élevé	moyen	moyen	moyen
Éolien	faible	faible	faible	très faible	moyen	très élevé	très élevé	élevé	moyen	très faible	faible	faible
Hydro	moyen	très faible	très faible	moyen	élevé	élevé	élevé	élevé	élevé	élevé	élevé	assez élevé

4.5 Opérations, marchés et prévision

Les aspects opérationnels influencent également la flexibilité globale du réseau, pas moins parce qu'il y a de nombreuses situations où la production flexible existante ne peut être accessible en raison des règles de cadres institutionnels ou de planification du réseau. Chaque réseau est régi par des codes de réseau qui définissent comment et si le vent ou les dispositifs solaires répondent à certaines conditions du réseau, y compris les baisses soudaines de tension et la surproduction. Si les codes de réseau ne sont pas conçus pour accueillir le vent et l'énergie solaire photovoltaïque, les opérateurs de réseau peuvent par exemple, réduire plus d'énergie renouvelable que nécessaire.

La vitesse à laquelle les marchés de l'électricité fonctionnent affecte aussi la flexibilité du réseau, avec un équilibre du marché en temps quasi réel permettant une meilleure réponse à la variabilité imprévue que les marchés horaires.²⁶ Dans un marché unique de l'énergie, l'étendue des échéanciers peut exister : certains générateurs fournissent une puissance constante stable et signent des contrats à l'avance parce que leur coût de manœuvre est trop élevé pour répondre aux signaux du marché; d'autres concluent de nouveaux contrats (pour un certain niveau de production à un certain prix) e chaque période de marché; et d'autres encore répondent aux variations de la charge ou à délivrer dans le délai de du marché comme l'exploitant du réseau l'exige. Ce dernier segment du marché, le marché des services auxiliaires, est généralement le plus cher du point de vue de l'exploitant du réseau car il nécessite des générateurs pour rapidement accélérer ou freiner la production. Ces générateurs sacrifient donc l'efficacité de la flexibilité, et exigent un prix élevé pour faire valoir un tel arrangement.

Historiquement, la plupart des marchés énergétiques ont fonctionné avec une période de marché d'une heure, de sorte que ceux dans cette deuxième catégorie (producteurs intermédiaires et de pointe) concluent de nouveaux contrats avec l'opérateur toutes les heures. Cela signifie que les changements dans la charge ou la fourniture durant cette heure doivent être équilibrés en utilisant les services de régulation. Si cette période de marché, fournissant l'expédition économique peut être raccourcie à 5 ou 15 minutes, comme elle l'a été dans de nombreuses régions des États-Unis et ailleurs, le marché incite davantage la flexibilité de production et il est moins nécessaire de payer pour les services de régulation.²⁷

La raison en est que le prix de rajustement du marché va changer plus fréquemment, et les établissements intermédiaires et de pointes qui peuvent produire économiquement seront alors plus précisément adaptés à la quantité d'énergie nécessaire pour répondre à la charge au cours de la période de marché. Une étude de l'Opérateur de Système Indépendant de New York (NYISO en Anglais) a constaté que la fourniture de réponse intra-horaire de cette manière—en s'appuyant sur les incitations économiques d'un marché sous-horaire—a été démontrée sans frais ajouté. Libérer les producteurs qui

vendent sur le marché de réglementation d'avoir à répondre à autant de changements de charge fournit une plus grande flexibilité qui peut être utilisée pour lisser les rampes de génération de variable.²⁸

La qualité des prévisions solaire et éolienne affecte aussi la facilité d'intégration au réseau électrique. Plus la génération de variable produite avec précision et l'exploitant du réseau sont en mesure de prévoir la production éolienne et solaire, moins ils devront compter sur le marché de réglementation pour tenir compte des changements imprévus. Améliorer la prévision peut être aussi simple qu'améliorer la méthodologie ou la technologie utilisée, mais il y a aussi des éléments opérationnels. Plusieurs études de prévision du vent ont montré que l'erreur de prévision est considérablement réduite lorsqu'elles sont agrégées sur une vaste zone géographique, ce qui suggère qu'il est préférable de prévoir la production d'un système de production variable dans son ensemble plutôt que de l'installation de manière autonome.²⁹ L'erreur de prévision diminue également à mesure qu'elle s'approche en temps réel. Les marchés qui fonctionnent avec envoi économique plus rapide sont mieux équipés pour prévoir la quantité de production variable qu'ils auront à portée de main au cours de chaque période de marché.

Haïti a une place précise pour l'amélioration de ces mesures. Conversion à l'expédition plus rapide, surtout avec un système de production d'énergie dominé grâce à des technologies qui sont bien adaptées à fonctionner comme des établissements intermédiaires ou des centrales de base et de pointe, auraient des avantages considérables pour l'intégration de la production variable.

La discussion de flexibilité du réseau est basée sur l'hypothèse que l'opérateur du réseau doit fournir la quantité d'énergie nécessaire pour répondre à la charge à tout moment. La nécessité de modifier rapidement l'énergie fournie pour répondre aux variations de la charge ou de la production variable est fondée sur cette exigence. Cependant en Haïti, le délestage—suspension temporaire de la distribution d'énergie à certains clients—est utilisé couramment pour faire face aux pénuries de production. Si Haïti continue de compter sur le délestage, ceci en substance rend l'intégration de la production variable plus facilement, car elle apporte une solution à une situation où les chutes inattendues de la production ne peuvent pas être rapidement compensées.

Cependant si Haïti s'est engagé à mettre fin à sa dépendance aux délestages, des pénétrations élevées de la production variable pourraient rendre la tâche plus difficile. Tant l'effet de délestage sur l'intégration de la production variable que l'effet de cette intégration sur toutes les tentatives pour mettre fin à la dépendance des délestages méritent un examen plus approfondi. Intégration de la production variable doit être manipulée avec précaution afin d'éviter toute augmentation de la nécessité de délestage. La gestion de la demande prévue pour certaines classes de clients, surtout les gros consommateurs, pourrait aider à répondre à la demande d'approvisionnement de la production variable d'une façon ordonnée et préalablement convenue.

4.6 Rôle du pétrole et du gaz naturel dans la compensation de la variabilité

La nature de la production d'énergie non variable sur le réseau national peut affecter la capacité du système d'électricité pour répondre aux fluctuations de la production d'énergie solaire et éolienne. Des changements rapides dans la production de générateurs variables doivent être contrebalancés par des augmentations ou des diminutions rapides de la production d'autres générateurs qui sont explicitement désignés comme étant responsables (à la direction de l'exploitant du réseau) pour répondre à ces changements.

Certaines technologies des centrales électriques sont mieux adaptées à cette tâche que d'autres. Les turbines à vapeur alimentées au charbon, par exemple, prennent beaucoup de temps à s'adapter, et ils perdent de leur efficacité quand ils ne fonctionnent pas à leur charge de calcul. Le cycle impose des contraintes mécaniques sur ces centrales, susceptibles de développer une augmentation des besoins d'entretien et une durée de vie plus courte. Les autres technologies d'usine telles que les turbines de pétrole, de gaz naturel ou de moteurs à pistons, s'adaptent très rapidement, et perdent moins d'efficacité lorsqu'elles sont exploitées à charges partielles.

Haïti semble plus attrayant par ces mesures. La dépendance du pays du mazout et du diesel signifie qu'une part très importante de son système de production est de la variété la plus flexible. Les générateurs diesel peuvent fournir une alimentation de secours au réseau pendant les périodes de faible production d'énergie renouvelable. En supposant une infrastructure de transmission pouvant connecter et intégrer toutes les nouvelles capacités, l'utilisation de la production de diesel ou biodiesel, même à cet effet pourrait permettre une production d'électricité renouvelable à plus de 90 %. (Voir chapitre 5.)

On estime également que la rénovation des centrales électriques actuelles et les transformant en cycle combiné, peut coûter aussi peu qu'un dixième du prix que coûterait la construction de nouvelles centrales à cycle combiné, principalement parce que les développeurs arrivent à contourner le coût du permis, les incertitudes et les questions foncières.³⁰ Par conséquent, la rénovation la production à base d'huile pourrait être une solution à faible coût pour soulager les énergies renouvelables dans le réseau. Ces rénovations n'emboîtent pas Haïti sur la dépendance des carburants fossiles à long terme, ce qui lui permet de faire la transition vers les technologies à faible émission de carbone car elles deviennent moins coûteuses à l'avenir.

En plus de la production à base de pétrole, le gaz naturel liquéfié (GNL) pourrait compléter un système d'énergie renouvelable. Puisque le GNL peut être envoyé rapidement en réponse aux fluctuations de la demande, il peut être utilisé pour étudier la variabilité renouvelable à court ou à moyen terme. Un rapport de mars 2011 explore les options d'approvisionnement futures en électricité pour la région des Caraïbes et conclut que, pour Haïti, le GNL est l'option de carburant la moins chère à presque tous les facteurs de capacité.³¹ (Voir le tableau 4.3.) Le rapport précise également que les technologies d'énergie renouvelables telles que l'énergie éolienne et l'hydroélectricité seront économiquement viables dans le pays jusqu'en 2028. En 2013, la construction d'un terminal GNL a été entamée près de Tianyen, au nord de Port-au-Prince. Les étapes futures du projet comprennent la construction d'un pipeline afin d'alimenter le secteur industriel de la capitale.³²

Tableau 4.3. Scénarios pour l'alimentation en Haïti, 2009–2028

	Capacité ajoutée d'ici 2028	Technologie	Importation infrastructure	Économies sur scénario de base
Scénario de base	540 MW	unités diesel à basse vitesse (LSD en Anglais) de 20 MW (27 en total)	Importé	—
Scénario de carburant	540 MW	Gaz naturel liquéfié (GNL)	Importé via un terminal de GNL en 2014	US \$433 millions
Interconnexion scénario renouvelable	540 MW, inclus 81 MW Éolien	20 MW d'unités diesel à basse vitesse; 81 MW Éolien	—	US \$76 millions

Scénario intégré	540 MW, plus 81 MW Éolien	GNL; 81 MW Éolien	Importé via un terminal de GNL en 2014	US \$476 millions
Importation d'énergie à partir de la République dominicaine (RD) via ligne terrestre	—	Fioul lourd ou GNL	Construction d'une ligne de transmission de 563 km entre Port-au-Prince et Santo-Domingo, US \$242 millions	Les économies nettes de US \$ 235 millions (augmente les coûts de la RD de US \$322 millions, diminue les coûts pour Haïti de US \$556 millions)

Voir Note 30 pour ce chapitre.

Note : Le « scénario intégré » est le « scénario de carburant » en plus des ajouts de capacité éolienne trouvés dans « Interconnexion Scénario Renouvelable »

Bien que le rapport fournisse les premières indications utiles sur la combinaison d'options de production d'électricité disponibles en Haïti, le modèle ne donne pas une analyse solide complète. Les décideurs doivent être conscients de ces limites dans l'interprétation des résultats de l'étude et élaborer des plans énergétiques futurs. D'une part, l'analyse reconnaît mais ne permet pas de quantifier les risques politiques, institutionnels, réglementaires ou les risques financiers associés à chaque option, même si ces facteurs auront une incidence sur la faisabilité d'un projet à long terme, particulièrement en Haïti. Des questions telles que la sécurité énergétique, les impacts environnementaux et les risques technologiques et politiques potentiels peuvent présenter des obstacles réels pour la mise en œuvre de l'un des scénarios analysés.

Le rapport examine uniquement à grande échelle et les systèmes connectés au réseau mais ne tient pas en compte la viabilité économique des systèmes de production décentralisée en Haïti. C'est une importante lacune, car le pays n'a pas de réseau national pour relier les régions rurales (qui abrite la majorité de la population non électrifiée) aux centrales de grande envergure proposées. Un modèle de production centralisée nécessiterait des investissements massifs dans le réseau, pourtant EDH, le gouvernement d'Haïti et le secteur privé n'ont pas actuellement le capital initial pour l'extension du réseau.

La demande d'électricité reste relativement faible en Haïti, et le surdéveloppement d'une infrastructure coûteuse comme le GNL est une préoccupation légitime. Le service public d'Haïti a eu un coût d'exploitation de seulement US \$200 millions pour l'exercice 2010-11, tandis que le coût financier pour un terminal de réception de GNL est estimé à entre US \$100 millions et US \$2 milliards.³³ En outre, le GNL pourrait être un trop grand projet d'infrastructure pour Haïti s'il est construit à l'échelle qui est économique et selon les normes d'aujourd'hui. Si Haïti devait s'engager à GNL à une échelle semblable à la République dominicaine, un terminal serait probablement plus que suffisant pour alimenter le secteur énergétique du pays en entier; un seul terminal pourrait servi de point de passage obligé pour les besoins en électricité de la nation tout entière.

Il est important qu'Haïti ne poursuive pas le gaz naturel au détriment des énergies renouvelables. En fin de compte, un investissement dans les énergies renouvelables en plus du gaz naturel peut conduire à un système d'alimentation plus dynamique, en donnant à Haïti une plus grande flexibilité pour réagir à tout changement dans la politique, l'économie ou la tarification énergétique mondial à l'avenir. Il est également important que les coûts de GNL à petite échelle soient plus étroitement évalués pour Haïti.

4.7 Stockage d'électricité

Les systèmes de stockage d'énergie—y compris les batteries, l'énergie hydraulique par pompage, le stockage d'énergie d'air comprimé, le stockage thermique en fusion de sel et l'hydrogène—peuvent relever le défi de l'intermittence des sources d'énergie renouvelables variables telles que le solaire et l'éolienne.³⁴ (Voir le tableau 4.4.) Ces systèmes conservent le surplus d'énergie renouvelable produite pendant les périodes où la production dépasse la demande, et envoi cette énergie en période de faible production d'énergie renouvelable. Puisque les systèmes de batterie sont actuellement les plus matures et largement mis en œuvre la technologie de stockage d'énergie, ils sont l'option la plus probable à être mis en œuvre en Haïti à court terme.

Tableau 4.4. Options technologiques de stockage d'énergie

Option	Description	État actuel de la technologie	Échelle de la technologie	Coût par décharge d'énergie	Coût moyen actualisé de stockage	Coûts d'exploitation annuels	Aptitude pour Haïti
Accumulateurs au plomb	Largement utilisée avec les technologies hors réseau. Les plus couramment utilisés pour stocker l'énergie électrique à partir de systèmes photovoltaïques, y compris au niveau des ménages.	Technologie mature	10 MW ou moins	US \$300 à 800 par kW	US \$0.25 à 0.35 par kWh _{vie}	US \$30 par KW par année	Convient aux les applications hors réseau. Les préoccupations environnementales et sanitaires proviennent de l'absence d'entretien et l'élimination des piles usagées.
Les piles au nickel-cadmium (NiCd)	Ont une densité d'énergie et une durée de vie plus élevée que les batteries au plomb, mais sont plus coûteuses.	Technologie mature Comme dans le cas du plomb-acide, elle est utilisée pour les systèmes d'alimentation autonomes mais est considérée comme trop coûteuse pour le stockage en vrac.	De quelques kW à des dizaines de MW	US \$3000 à 6000 par kW (dans le stockage en vrac)	Données non disponibles	Données non disponibles	Identique au précédent.
Batteries au lithium-ion	Les piles rechargeables sont largement utilisées dans des applications mobiles en raison de la densité d'énergie élevée. Différents types offrent différents avantages et inconvénients.	Technologie émergente. Besoin davantage de développement pour le stockage de l'énergie de la production d'électricité, mais offre la promesse.	10 MW ou moins	US \$400 à 1000 par kW	US \$0.30 à 0.45 par kWh _{vie}	US \$25 par KW par année	Besoin de plus de R&D.
Piles à métal liquide	Utilise la réaction sodium-soufre et nécessite des	Technologie précommerciale, émergente	100 MW ou plus	US \$1000 à 2000 par kW	US \$0.05 à 0.15 par kWh _{vie}	US \$15 par KW par année	Coûteux et pas encore suffisamment

(NaS)	températures de fonctionnement élevées. D'autres types de batteries sont en cours de développement pour le stockage des applications à grande échelle.						développé pour être utile. Possibilité de coupler avec l'énergie éolienne, une fois que la technologie est plus développée.
Batteries de vanadium redox et à flux zinc-brome (VRB et BBZ)	Utilise le stockage d'énergie électrochimique, tout comme les batteries au plomb, mais nécessitent un peu d'entretien. Les grands potentiels de capacité rendent VRB approprié pour le stockage de l'énergie éolienne; les ZBB sont plus appropriés pour les systèmes à plus petite échelle.	Technologie précommercial, émergente	25 kW à 10 MW	US \$1200 à 2000 par kW	US \$0.15 à 0.25 par kWh _{vie}	US \$30 par KW par année	Coûteux et pas encore suffisamment développé pour être utile. Possibilité de coupler l'une ou l'autre de ces options avec l'énergie éolienne, une fois que la technologie est plus développée.
Accumulation par pompage hydraulique	Plus couramment utilisé pour le stockage de l'énergie à grande échelle, et pour compléter l'énergie solaire et éolienne. En période de faible demande d'énergie, l'électricité excédentaire est utilisée pour pomper de l'eau en amont vers un réservoir. Pendant la demande maximale (ou faible production d'énergie), l'eau stockée est libérée par une centrale hydroélectrique pour produire de l'électricité. Nécessite des ressources hydroélectriques et des paysages montagneux.	Technologie mature	Typiquement 200 MW ou plus	US \$1000 à 4000 par kW	US \$0.05 à 0.15 par kWh _{vie}	US \$5 par KW par année	Très approprié. Évaluations nécessaires pour identifier les sites viables.
Stockage d'Énergie à Air Comprimé	Fonctionne de manière semblable à l'accumulation par pompage	Technologie mature Expansion limitée en raison	500 MW ou plus	US \$800 à 1000 par kW	US \$0.10 à 0.20 par kWh _{vie}	US \$5 par KW par année	Dépend de la disponibilité des sites de stockage naturel.

(SEAC)	hydraulique et s'intègre bien dans un système de micro réseau. Pendant les périodes de faible demande d'énergie, l'électricité à bon marché est utilisée pour alimenter un moteur, lequel fait fonctionner un compresseur qui pousse l'air dans des réservoirs souterrains ultra-compact. Pendant les périodes de forte demande, l'air comprimé est libéré et chauffé avec du gaz naturel, permettant à l'air d'élargir et de pousser une turbine qui propulse un générateur pour produire de l'électricité.	de la disponibilité des sites de stockage naturel.					
Stockage thermique	Souvent utilisé en conjonction avec les systèmes CST. S'appuie sur des matériaux d'absorption de chaleur, tels que le sel fondu, pour absorber et de stocker la chaleur. Dans de tels systèmes, l'énergie thermique peut être stockée dans le sel fondu pendant des heures, et dans certains cas jusqu'à quelques jours. Cette chaleur stockée peut ensuite être libérée pour aider à produire de l'électricité la nuit ou pendant les temps nuageux.	Les projets de démonstration en cours	Taille en MW	US \$50 par kWh US \$375 par kW (à 50 MW pour 7,5 heures)	Données non disponibles	Données non disponibles	Dépend de l'aptitude de génération de CST pour Haïti.
Stockage d'énergie à volant	Utilise l'électricité pour accélérer un rotor à des vitesses	Technologie émergente. Utilisé	100 kW à 200 MW	US \$2000 à 4000 par kW	Données non disponibles	US \$15 par KW par année	Pour combler les applications de puissance dans les

	très élevées et stocke l'énergie sous forme d'énergie de rotation.	principalement pour l'alimentation de secours/ en apportant de l'énergie.					établissements critiques (par exemple, les hôpitaux), potentiellement.
Stockage d'Énergie à Aimants Supraconducteurs (SEAS)	Stocke l'énergie du champ magnétique résultant de l'écoulement du courant continu à travers une bobine supraconductrice qui a été refroidi en dessous de sa température critique supraconductrice. SAES est très efficace, en perdant moins de son énergie stockée que tout autre système de stockage d'énergie. Peut être expédié très rapidement.	Technologie émergente. Utilisé pour le stockage d'énergie à courte durée et l'amélioration de la qualité d'énergie. De nombreux défis techniques restent à surmonter.	Les unités de 1 MWh est utilisées pour le contrôle de qualité de l'alimentation et la stabilité du réseau, unité de 20 MWh est un modèle de test, actuellement viable pour l'alimentation à court terme (secondes) dans la gamme de 1 à 10 MW.	Les coûts d'investissement sont estimés de US \$200,000 à 500,000 pour les systèmes ayant une capacité de stockage d'énergie de 200 kWh et 1 MWh. Les coûts varient souvent selon la tendance.	Données non disponibles	Données non disponibles	Ne convient pas en raison de la charge et l'application limitée.
Condenseurs électrochimiques	Stocke l'énergie dans la double couche électrique à l'interface électrode/électrolyte	Toujours en développement pour une utilisation avec les systèmes d'énergie renouvelable.	Commerciallement viable pour des centaines d'échelle de kW pour les besoins de puissance courtes (secondes), à l'échelle industrielle, de stockage à long terme (des heures) est actuellement impossible	US \$1500 à 2500 \$ par kW (projeté)	Données non disponibles	Données non disponibles	Ne convient pas.
Stockage de l'hydrogène	L'hydrogène est produit par électrolyse de l'eau ou le reformage de gaz naturel avec de la vapeur. L'hydrogène est ensuite comprimé ou liquéfié et stocké pour une conversion ultérieure en	Technologie future. Il existe encore des obstacles en ce qui concerne le stockage et la sécurité de l'hydrogène.	Taille en MW	S.O.	Données non disponibles	Données non disponibles	Ne convient pas.

	énergie électrique.						
--	---------------------	--	--	--	--	--	--

Source : Voir Note de fin 34 pour ce chapitre.

©Institut Worldwatch

Il y'a eu également un intérêt en Haïti pour les systèmes d'accumulation par pompage hydraulique, qui utilisent l'électricité surplus des centrales électriques au cours des périodes de faible demande d'énergie pour pomper de l'eau en amont pour être stocké dans des réservoirs, puis libérés par la suite comme l'hydroélectricité pendant les périodes de forte demande. La terre montagneuse d'Haïti convient bien aux systèmes d'accumulation par pompage hydraulique de haute chute, qui pourrait être couplé avec parcs solaires ou éoliens situées à proximité des cours d'eau viables. Les évaluations sont nécessaires pour déterminer s'il y a des endroits qui ont un potentiel pour les systèmes de pompage hydroélectriques et qui minimiserait les impacts écologiques liés au développement de grandes centrales hydrauliques (voir chapitre 3). Une autre option est l'accumulation de l'eau de mer par pompage hydraulique, qui présente l'avantage de se fier à l'eau de mer stockée au lieu de l'eau douce.³⁵ (Voir étude de cas 5.)

Étude de cas 5. Potentiel de stockage de l'eau de mer par pompage hydraulique

Comme les systèmes d'accumulation par pompage hydraulique traditionnels, les systèmes d'eau de mer utilisent l'électricité excédentaire des centrales pendant les périodes de faible demande d'énergie pour pomper de l'eau en amont pour être stocké dans des réservoirs comme énergie potentielle. Puis, quand la demande augmente, les réservoirs sont ouverts, permettant à l'eau de passer à travers les turbines hydroélectriques pour générer l'électricité nécessaire pour répondre à la demande d'énergie. Mais au lieu d'avoir un lac, une rivière ou une autre source d'eau douce pour servir de réservoir inférieur, les systèmes d'eau de mer pompe de l'eau salée en amont de l'océan à un réservoir foncier ci-dessus. Cela réduit l'empreinte d'eau douce du système et élargit considérablement le potentiel d'accumulation par pompage hydraulique car il est moins spécifique de site.

L'unique système d'accumulation d'eau de mer par pompage hydraulique du monde se trouve sur la côte nord d'Okinawa au Japon, a commencé ses opérations en 1999 et a le potentiel de générer jusqu'à 30 MW d'énergie. La centrale hydroélectrique a une hauteur totale de 136 mètres (la distance verticale, ou dénivellation, entre l'entrée de l'usine et la turbine), et le réservoir supérieur est situé à seulement 600 mètres du littoral. Pour relever les défis uniques du système, y compris sa dépendance à l'eau salée et son interaction unique avec l'océan, les ingénieurs ont conçu des technologies spéciales. Par exemple, pour empêcher les fuites d'eau salée dans l'environnement, ils ont inclus un revêtement en caoutchouc spécialisé au réservoir supérieur; si le revêtement fait défaut, les détecteurs d'eau de mer et les jauges de pression dans les tuyaux de drainage alerteront les opérateurs du système de l'infiltration, et l'eau salée peut alors être réinjectée dans le réservoir supérieur.

Pour maintenir la longévité et l'efficacité du système, les ingénieurs ont utilisé la fibre de verre en plastique renforcé pour la conduite forcée (le tuyau qui transporte l'eau depuis l'entrée à la turbine), ce qui empêche la corrosion due à l'eau salée de l'équipement et dissuade l'adhérence des organismes marins. La turbine de génération est faite d'acier inoxydable austénitique, est reconnue comme étant le plus anticorrosif des options en acier inoxydable testées. Finalement, pour limiter l'impact de la centrale hydroélectrique sur l'écosystème marin, les ingénieurs ont construit la sortie d'évacuation dans une zone de développement de corail minimal et entouré par une digue de blocs en béton pour réduire la vitesse de l'eau qui retourne à l'océan.

Des systèmes similaires ont été proposés ailleurs. À Glinsk en Irlande, une centrale d'accumulation d'eau de mer par pompage hydraulique de 480 MW serait en mesure d'accepter environ un tiers de l'électricité excédentaire produite par les 5000 MW de turbines éoliennes qui devrait être opérationnel à l'échelle nationale en 2020. À Lanai en Hawaï, une usine d'eau de mer de 300 MW proposée serait utilisée principalement pour faciliter une plus grande pénétration d'énergie renouvelable dans l'état, le stockage du surplus d'électricité à partir d'un projet de 400 MW d'énergie éolienne devrait entrer en ligne à l'avenir.

En général, l'accumulation par pompage hydraulique présente des avantages importants. Plus important encore, il sert comme un moyen relativement pas cher pour stocker le surplus d'électricité, ce qui est important pour la source d'énergie renouvelable variable comme l'énergie solaire et éolienne, et peut réduire la nécessité d'utiliser les centrales de pointe basées sur des carburants fossiles pour répondre aux besoins d'énergie pendant les périodes de forte demande. Les avantages supplémentaires du pompage hydraulique de l'eau de mer comprennent des exigences en eau douce beaucoup plus faibles et moins de changements dans l'utilisation des terres (y compris la déforestation et ses impacts climatiques associés), car un seul réservoir doit être créé ou exploité sur la terre. Une plus grande flexibilité d'implantation permet aux centrales de stockage d'être construites près des installations de production d'électricité, y compris pour les énergies renouvelables comme l'énergie solaire et éolienne.

Les systèmes d'accumulation de l'eau de mer par pompage hydraulique seraient une solution pratique pour le stockage d'énergie en Haïti. Non seulement ils sont la plupart des centres de population du pays situés sur la côte, mais il y a un important potentiel d'énergie renouvelable—particulièrement l'énergie éolienne—situé sur ou près de la côte, ce qui fait des systèmes d'eau de mer un excellent outil pour intégrer ces ressources dans un réseau électrique fiable, à faible émission de carbone.

Source : Voir Note de fin 35 pour ce chapitre.

L'énergie éolienne combinée et le système d'accumulation par pompage hydraulique, comme celle d'El Hierro aux îles Canaries (voir l'annexe VII), permettraient de répondre à certains des plus grands défis de l'énergie en Haïti. En raison des facteurs de faible capacité et l'insuffisance des infrastructures du réseau, la demande énergétique d'Haïti éclipsé souvent l'offre, et le pays est moins capable de satisfaire sa demande énergétique en saison sèche cause de la production d'hydroélectricité réduite. À Port-au-Prince, la capacité de production disponible a chuté de près de 45 MW en saison sèche due à un manque d'eau de pluie disponible pour la production d'énergie hydroélectrique.³⁶ Un système éolien et de pompage hydraulique pourrait compenser les pertes de capacité en ces temps et contribue à atténuer les difficultés d'Haïti pour satisfaire l'approvisionnement énergétique.

4.8 Réduction

Lorsque l'approvisionnement en électricité dépasse la demande pour de courtes périodes de temps, les opérateurs du réseau peuvent choisir de « restreindre », ou de réduire, la production à partir de sources d'énergie renouvelables intermittentes comme l'énergie éolienne ou solaire, afin de stabiliser le système d'électricité. Les conditions d'interruption varient au quotidien, mais de grandes quantités de réduction se produisent souvent même lorsque les centrales conventionnelles fonctionnent à leur minimum et les unités de démarrage rapide telles que les générateurs diesel sont éteints.

La réduction doit être minimisée autant que possible. Lorsque générateurs éoliens (ou moins fréquemment, solaire) sont priés de réduire leur production, ceci peut entraîner une perte importante de revenus. Des systèmes avec de grands besoins de restriction peuvent diminuer la sécurité des investissements et l'intérêt des investisseurs sur le marché. Les politiques de soutien aux énergies renouvelables peuvent contrecarrer cette peur et peuvent prévoir l'indemnisation de l'électricité produite de sources renouvelables, même si elle est limitée. La réduction est également économiquement désavantageuse car une fois que les parcs éoliens ont été construits ou les panneaux solaires installés, les coûts marginaux de cette production d'énergie renouvelable sont proches de zéro; ainsi, la consommation de l'énergie renouvelable au lieu de l'électricité à partir de charbon, de pétrole ou de gaz naturel conduirait à d'importantes économies dans les dépenses de carburant.

Cependant, les besoins de réduction ne devraient pas empêcher Haïti d'accélérer l'utilisation des énergies renouvelables. L'objectif d'Haïti devrait être plutôt de construire un système qui soit aussi flexible que possible pour minimiser la réduction mais qui profite encore des avantages d'un système énergétique durable. Un moyen important de limiter réduction et accroître la flexibilité du système est d'investir uniquement dans les options de production à partir de carburants fossiles qui peuvent réagir rapidement aux changements de l'offre par des ressources intermittentes. Ceci devient de plus en plus important car la part d'énergies renouvelables augmente. Les centrales de pétrole et de gaz naturel sont plus appropriées pour cette tâche que les centrales électriques au charbon. L'utilisation du charbon constitue un obstacle pour une expansion plus accélérée des énergies renouvelables et nécessite sensiblement plus grandes quantités de réduction que les systèmes qui utilisent le gaz naturel flexible ou les centrales à base de pétrole. Une autre option pour limiter réduction est l'utilisation de stockage d'énergie.

4.9 Interconnexion du réseau avec la république dominicaine

L'interconnexion des réseaux entre Haïti et la République dominicaine pourrait apporter des avantages aux deux pays; cependant, l'idée doit être étudiée de façon plus détaillée. De nombreux observateurs en dehors d'Haïti ont suggéré que la production d'alimentation une telle interconnexion doit être située en République dominicaine, mais on se préoccupe du fait que si l'offre est interrompue en Haïti (pour des raisons politiques ou autres), ensuite la République dominicaine aura plus de pouvoir de négociation. Avant de finaliser un plan d'interconnexion, il doit y avoir une meilleure compréhension et un accord entre les deux pays concernant les droits de production.

Ayant une production des deux côtés de la frontière qui alimente l'interconnexion—par exemple, dans un grand parc éolien à proximité du Lac Azuéi en Haïti et une usine de gaz naturel en République dominicaine—pourraient aider à maîtriser ces tensions. Une transmission et une production près des frontières qui détenue exploitée conjointement par les deux pays pourrait être une autre solution. Dans l'ensemble, Haïti devrait maintenir sa participation dans la discussion de l'interconnexion régionale, car il semble que la région des Caraïbes affiche une tendance dans cette direction, et Haïti ne doit pas être exclu de ces plans si toutefois ils progressent.

4.10 Résumé

Il existe de grandes occasions pour le développement des énergies renouvelables en Haïti. La production distribuée est particulièrement attrayante et devrait être au cœur de la planification de l'électricité à l'avenir. Non seulement elle fournirait de l'énergie aux populations qui n'ont pas accès au réseau national, mais aussi permettrait d'éviter les pertes élevées de courant lors de la transmission et la distribution. Bien que les grandes centrales électriques centralisées soient souvent considérées comme étant la norme (due principalement à des économies d'échelle), ce chemin est moins viable pour Haïti. La dépendance significative du GNL et quelques grandes installations de production nécessiterait la construction d'un réseau centralisé, un projet d'infrastructure qui serait à la fois économiquement et logistiquement difficile. Une option plus efficace consiste à moderniser la flotte actuelle des centrales diesel, qui réduirait sensiblement les coûts d'exploitation, réduire les émissions de particules et de gaz à effet de serre, et faciliter la transition vers l'énergie durable.

Bien qu’Haïti, comme étant un petit pays relativement isolé, fait face à un défi particulier en intégrant la production variable dans son réseau, son parc de production flexible et ses ressources solaires et éoliennes élevées, fait de lui un endroit attrayant pour le développement des énergies renouvelables. Les nombreuses externalités positives associées aux énergies renouvelables—y compris réduction de la dépendance des carburants fossiles, amélioration de la qualité de l’air, et la création d’emplois—rendent le développement encore plus bénéfique.

Les défis techniques associés à la fois à l’énergie solaire et éolienne centralisée et distribuée devront être adressés à tous les projets initiaux pour favoriser la pénétration nettement plus élevée des énergies renouvelables. La manipulation de production décentralisée devrait être considérée lors de la conduite d’entretien et les mises à niveau des réseaux de distribution, et l’amélioration de la portée et la capacité du réseau de transmission devrait être une priorité absolue afin de permettre l’acceptation de plus grandes quantités de production variable. L’effet de production variable sur la nécessité de délestage devrait également être examiné avec soin. Cependant, avec l’amélioration des infrastructures du réseau, le montant de la production flexible disponible à la flotte de production conventionnelle d’Haïti suggère qu’une partie importante de la production variable peut être intégrée avec succès dans le réseau national.

Les portefeuilles énergétiques qui n’ont pas la diversité augmentent la susceptibilité d’un pays aux fluctuations de l’offre et le prix, ainsi que d’accroître sa dépendance à l’égard des fournisseurs individuels. Bien que de nombreuses technologies d’énergie renouvelable ont des coûts initiaux élevés, la plus petite échelle de ces projets permet aux pays de maintenir la diversité, décentralisé les portefeuilles et d’accroître leur résilience aux catastrophes naturelles et économiques. Le gaz naturel devrait être exploité de concert avec d’autres sources d’énergie renouvelables afin de maximiser la diversité et la flexibilité.

5 Voies technologiques pour répondre à la demande future d'électricité d'Haïti

Principaux résultats

- En supposant une infrastructure de transmission fonctionnelle pouvant se connecter à toutes les nouvelles capacités et les intégrer au réseau, un secteur d'électricité durable, fondée sur une part d'énergie renouvelable de plus de 90 % d'ici 2030 est techniquement possible en Haïti.
- La faible consommation actuelle d'énergie en Haïti et ses plans ambitieux de développement économique à l'avenir nécessitera la construction d'une importante quantité de nouvelles capacités de production.
- La demande d'électricité annuelle d'Haïti devrait atteindre 6500 GWh en 2030, et demande maximale est estimée à plus de 1 GW d'ici cette date.
- Les analyses horaires montrent que les usines de gaz naturel sont des solutions plus flexibles par rapport aux centrales à charbon, avec des temps de rampe plus rapides et des niveaux d'exploitation minimum inférieurs, permettant une meilleure intégration des plus grandes parts d'énergie renouvelable.
- Des investissements dans de nouvelles centrales à charbon limiteront finalement la quantité d'énergie renouvelable que le système peut intégrer.
- Investissements simultanés dans de nouvelles centrales à charbon, gaz naturel, et les énergies renouvelables limiteront la quantité d'énergie renouvelable que le système peut intégrer et augmentera la rentabilité des préoccupations pour de nombreuses centrales.

Le secteur électrique d'Haïti est à un carrefour. Le système énergétique actuel n'est pas en mesure de subvenir aux besoins en électricité de la plupart des Haïtiens, et la production d'électricité repose majoritairement sur une source d'énergie, le pétrole (85 %), suivi par l'énergie hydroélectrique (15 %). Ce chapitre évalue différentes voies technologiques pour l'avenir qui permettraient au secteur électrique d'ajouter une capacité de production importante tout en réduisant sa dépendance à l'égard des carburants fossiles importés. Le chapitre décrit les options possibles pour satisfaire la demande croissante avec des parts croissantes d'énergie renouvelable tout en rénovant et en remplaçant les vieilles centrales.

Bien que le réseau haïtien ait besoin de mises à niveau et d'extension, ce chapitre se concentre uniquement sur les scénarios de production d'électricité. Il suppose qu'une infrastructure de transmission en fonction sera capable de se connecter et intégrer toutes les nouvelles capacités requises. Cette hypothèse semble raisonnable selon les instructions que le réseau d'Haïti ait besoin de rénovation et d'extension peu importe si la demande future est remplie par de nouveaux investissements dans les énergies fossiles ou les énergies renouvelables. (Voir chapitre 4.)

Le chapitre commence par présenter les projections de la demande que de jeter les bases pour l'évaluation du développement de la combinaison de production électrique d'Haïti d'ici 2030. Ceci est particulièrement important étant donné qu'Haïti ne dispose pas actuellement d'une projection approuvée par le gouvernement pour la demande future en électricité. Le chapitre aborde ensuite une variété de scénarios pour l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique et les détails de leurs résultats. Il établit une distinction entre une analyse annuelle, qui évalue la façon dont la

demande annuelle peut être assurée dans tous les scénarios, et une analyse horaire, qui offre une résolution plus élevée pour satisfaire la demande sur une journée moyenne en 2030.

Le chapitre conclut qu'un système d'électricité basé en grande partie sur les énergies renouvelables est techniquement possible en Haïti. Même si une quantité importante de nouvelles capacités de production sera nécessaire, investir uniquement dans l'énergie conventionnelle supplémentaire n'est pas nécessaire. Les centrales pétrolières existantes conviennent bien pour l'intégration d'une part croissante des ressources renouvelables intermittentes et peuvent fonctionner comme un pont vers un système basé en grande partie sur les énergies renouvelables.

5.1 Projections de la demande

Dans notre analyse de scénario, nous évaluons comment la demande future d'électricité en Haïti peut être satisfaite au mieux en utilisant différentes technologies de production. L'évolution de la demande d'électricité dépend de nombreux facteurs, y compris les changements dans la croissance économique (PIB), la croissance de la population, les prix de l'électricité, et l'intensité énergétique de l'économie. Lorsque possible, notre analyse du système de l'électricité d'Haïti s'appuie sur des données existantes; cependant, puisqu'il n'y a pas de projection de la demande future énergétique approuvée par le gouvernement, nous avons utilisé les données provenant de plusieurs sources—y compris du MTPTC, de la Banque mondiale, la BID, l'USAID, 3TIER, de l'ingénieur Francis Mitchell, et la firme de consultant et de gestion Nexant—pour élaborer une projection d'ici 2030.

Dans le développement de notre projection de la demande, nous supposons que Haïti connaîtra une croissance économique importante et permettra d'atteindre l'accès universel à l'électricité d'ici 2030. En utilisant des estimations de croissance de la population, nous supposons que d'ici 2030, la consommation moyenne d'électricité par habitant en Haïti ressemblera à celui des cinq pays voisins : la République dominicaine, El Salvador, Honduras, Jamaïque et Nicaragua. Nos projections tablent une croissance annuelle en demande d'électricité de 9 % de 2012 à 2020, et de 13.4 % de 2021 à 2030, pour atteindre un total de 6.500 GWh en 2030. (Voir figure 5.1.) Sur la base de cette demande annuelle, la demande maximale est estimée à plus de 1 GW d'ici 2030, indiquant qu'Haïti aura besoin d'ajouter de nouvelles capacités importantes afin d'assurer la demande aux heures de pointe de la journée pour les 20 prochaines années. (Voir figure 5.2.)

Figure 5.1. Projections pour la demande d'électricité en Haïti, 2010-2030

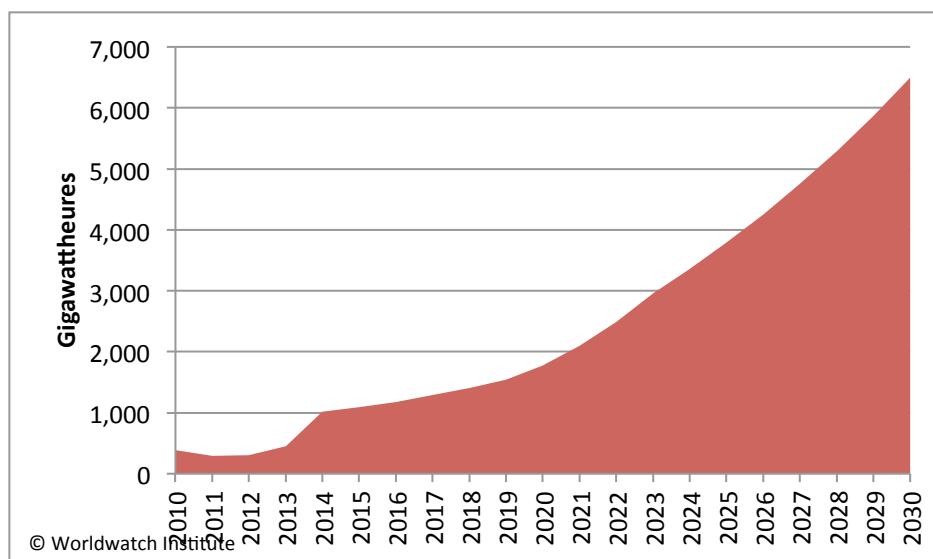
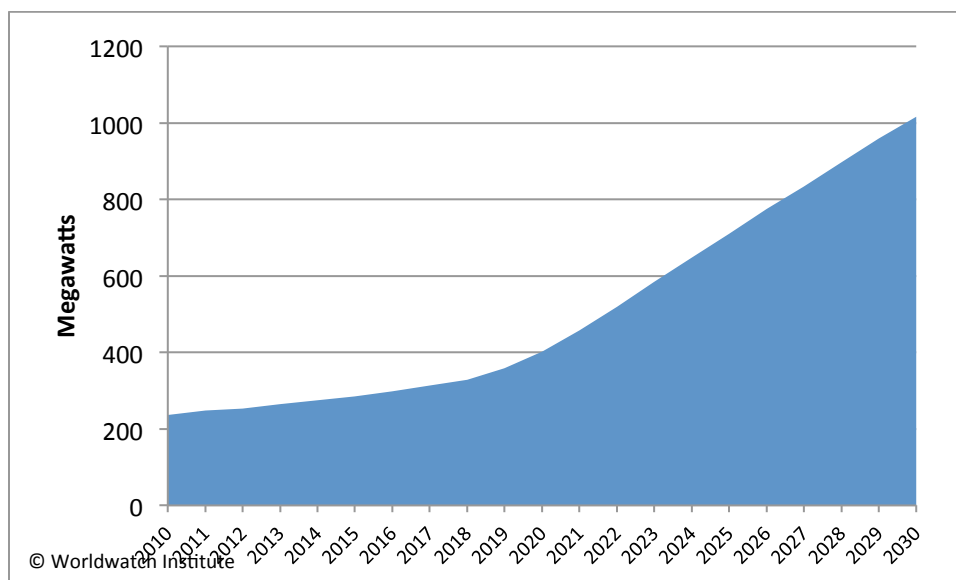


Figure 5.2. Projections pour la demande maximale d'électricité en Haïti, 2010 – 2030



Cependant, la demande d'électricité a le potentiel pour être plus faible que les saillies présentées ici. Comme indiqué au chapitre 2, des solutions d'efficacité énergétique disponibles pourraient placer l'économie d'Haïti sur la voie de demande énergétique inférieure, en faisant une transition vers un système d'électricité largement basée sur les énergies renouvelables. Nous avons adopté le scénario de base de croissance ici pour montrer que la transition vers un système énergétique plus durable peut être atteinte même avec des hypothèses conservatrices; en d'autres termes, si cette hausse de la demande peut être satisfaite en utilisant les énergies renouvelables, la transition devrait être encore plus facile en cas de baisse de la demande.

Dans les scénarios qui suivent, nous présumons que la production d'électricité en Haïti connaîtra avec le temps, une augmentation équivalente à la demande, et une diminution des pertes sur le réseau. Pour

simplifier les scénarios, pertes de réseau sont internalisés dans les chiffres de la demande et de la production. L'objectif du gouvernement haïtien est d'assurer un accès sécurisé, fiable et constante à l'électricité pour tous les clients.¹ Ce chapitre montre les différentes voies de la façon dont cela pourrait être fait; le chapitre 6 compare ensuite les coûts des différentes options.

5.2 Types de scénarios

Sur la base de nos projections de la demande, Worldwatch a élaboré quatre scénarios de transition pour évaluer la façon dont une part croissante d'énergies renouvelables peut être utilisée pour répondre aux besoins futurs de l'énergie en Haïti. (Voir le tableau 5.1.) Ces résultats sont comparés à un scénario de maintien du statu quo qui suppose que, en dépit de la demande croissante, Bouquet électrique actuel d'Haïti reste inchangé pour 2030.

Tableau 5.1. Scénarios de Worldwatch pour une transition d'énergie renouvelable en Haïti en 2030

Scénario*	Part des énergies renouvelables de production d'électricité	Hypothèses pour les ajouts de capacité au-delà de l'énergie renouvelable
BAU (commerce comme à l'accoutumée)	15 %	Toutes les sources de production agrandissent en fonction de leur part actuelle de production
1	52 %	200 MW additionnels de gaz naturel est en ligne d'ici 2020, pour parvenir à 500 MW d'ici 2030
2	56 %	200 MW additionnels de charbon est en ligne d'ici 2020, pour atteindre 500 MW d'ici 2030
3	85 %	300 MW additionnels d'huile sont ajoutés au cours de 2020 à 2030
4	90 %	210 MW additionnels de gaz naturel sont ajoutés au cours de 2020 à 2030

* Basé sur une projection de la demande moyenne.

Les scénarios se différencient par le niveau de pénétration des énergies renouvelables en 2030, allant d'une part de 15 % dans BAU (commerce comme à l'accoutumée) à un scénario ambitieux qui a renouvelables répondant à 90 % de la demande d'électricité d'Haïti pour cette année. Dans les scénarios, l'énergie solaire et éolienne constitue la majorité des ajouts de capacité renouvelables, et leurs potentiels sont calculés sur la base de l'évaluation des ressources présentée dans le chapitre 3. L'hydroélectricité et la production à base de bagasse devraient se développer afin de faire usage de potentiel supplémentaire de ressource inexploitée, comme nous le verrons dans le chapitre 3.

Les scénarios varient également dans le carburant classique utilisé dans la phase de transition. Dans tous les scénarios, la consommation d'électricité non couverte par les énergies renouvelables est produite par un mélange variable de gaz naturel, de charbon et/ou des raffineries de pétrole. Les vieilles centrales sont censées être désaffectées en fonction de leur âge et la durée de vie moyenne (environ 35 ans pour les centrales au charbon et 30 ans pour le gaz naturel et les raffineries de pétrole). Dans trois des scénarios de (scénarios 1, 2 et 4), Worldwatch suppose que pas de nouveaux investissements dans les usines de pétrole seront faites; dans le scénario 3, une autre capacité à base d'huile de 300 MW est ajoutée pour compléter un grand portefeuille d'énergie renouvelable. Dans les quatre scénarios de transition, le rôle de la production de pétrole est de diminuer au fil du temps, comme prévu par le gouvernement et qui reflète les coûts élevés de la production à base d'huile par rapport aux solutions de rechange. (Voir chapitre 6.)

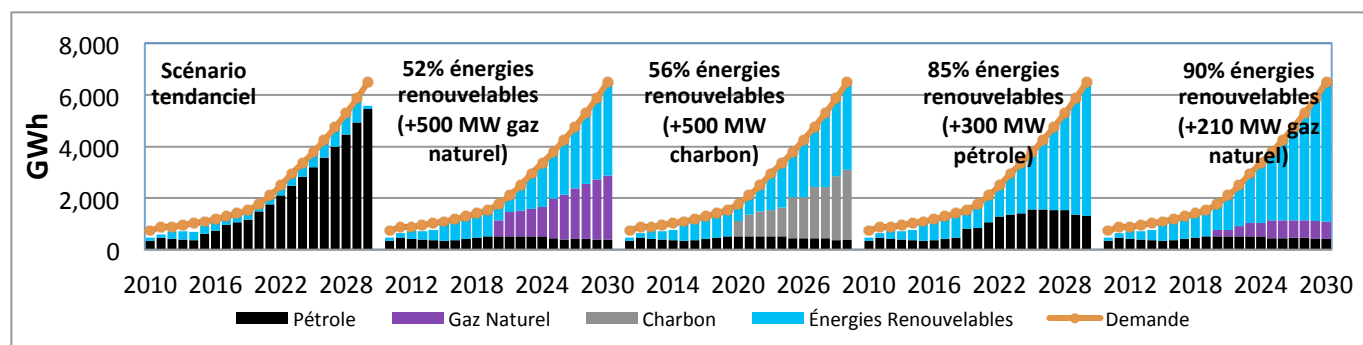
Compte tenu de l'intérêt actuel du gouvernement haïtien en matière d'investissement dans des centrales au charbon ou au gaz naturel, nous supposons qu'une ou les deux options seront le carburant préféré dans les scénarios où d'autres ajouts de capacité sont nécessaires au-delà de la capacité d'énergie renouvelable ciblée et les projets conventionnels actuellement prévus.² Cette hypothèse devrait être considérée comme conservatrice, cependant, compte tenu des coûts socio-économiques différents et les avantages des différentes voies technologiques, comme nous le verrons dans le chapitre 6.)

Comme l'analyse qui suit illustre, les quatre scénarios de transition sont techniquement possibles, y compris une part de 90 % d'énergies renouvelables d'ici 2030. Nos scénarios de démontrent que mélange d'électricité actuelle en Haïti est un bon point de départ pour une transformation ambitieuse vers un système basé en grande partie sur les énergies renouvelables.

5.3 Résultats du scénario : analyse annuelle

Dans notre analyse annuelle, nous évaluons comment la demande annuelle d'électricité d'Haïti en 2030 peut être satisfaite dans les différents scénarios. (Voir figure 5.3.) Dans le scénario du commerce comme à l'accoutumée, toutes les sources de production existantes conservent leurs actions actuelles de la composition électrique (85 % de pétrole, 15 % d'énergies renouvelables), mais la production globale augmente puisque la demande augmente. D'autre part, les scénarios 1-4, dépeignent différentes voies pour un rôle accru des énergies renouvelables, en reflétant les différents niveaux d'ambition et des mélanges de carburants fossiles.

Figure 5.3. Demande d'énergie et production selon tous les scénarios, 2013–2030



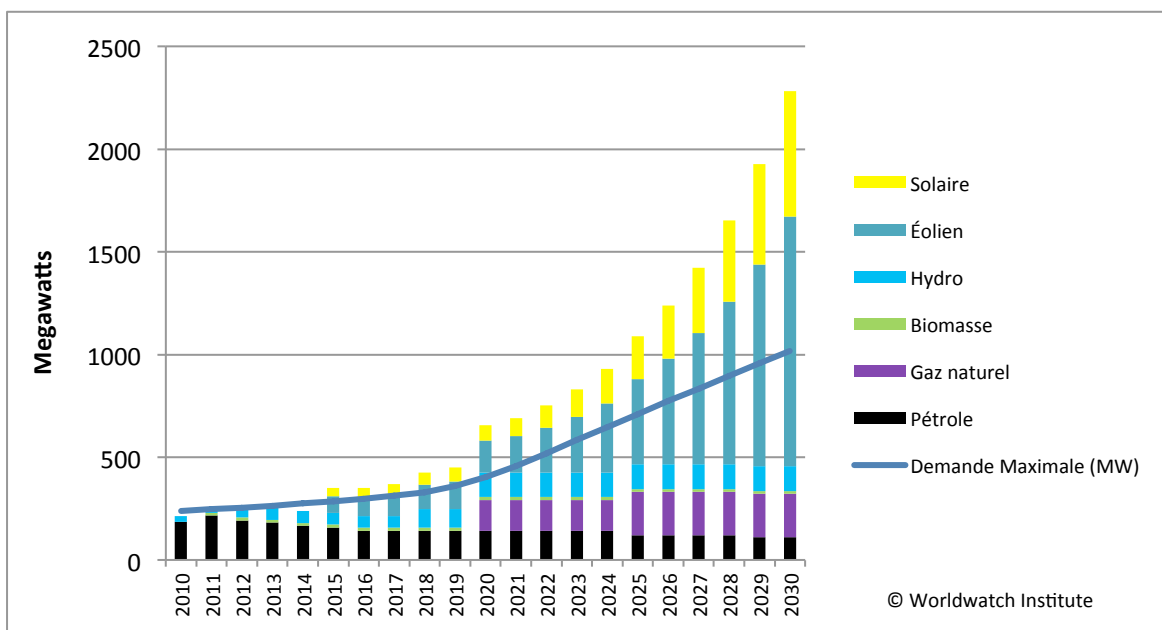
Le Scénario 1 représente une transition ambitieuse mais gérable pour les énergies renouvelables—comprenant 52 % de la production en 2030—accompagnée d'une baisse de la part de la production à base d'huile et de nouveaux investissements dans le gaz naturel qui atteignent 500 MW d'ici 2030. Le Scénario 2 est semblable au Scénario 1, mais au lieu d'investir dans le gaz naturel, Haïti investit dans le charbon et un peu plus d'énergie renouvelable, en réalisant 56 % de la production renouvelable. Le Scénario 3 entraîne une transition plus importante aux énergies renouvelables—85 % en 2030—mais implique aussi des investissements dans la production à base d'huile supplémentaire. Le Scénario 4 est la transition la plus importante aux énergies renouvelables (90 %) et consiste à investir dans 210 MW de capacité de gaz naturel en 2030.

Comme les énergies renouvelables sont développées dans les Scénarios 1 à 4, la part de l'électricité à partir de technologies à base de pétrole tombe bien en dessous du courant de 85 %, permettant une élimination progressive près de la production à base d'huile. En 2030, le pétrole représente 20 % de la production dans le Scénario 3 (reflétant une petite quantité de la capacité de l'huile nouvellement ajoutée) et seulement 6 % de la production dans les Scénarios 1, 2 et 4 (remplacé par une petite part de nouvelles centrales au charbon ou capacité de gaz naturel). Dans les quatre scénarios de transition, la capacité de pétrole restant est utilisée comme une réserve de secours, offrant des services auxiliaires importants, mais en minimisant la consommation de pétrole globale d'Haïti.

Compte tenu de l'âge des installations électriques existantes du pays, environ la moitié de la capacité de production actuelle de pétrole d'Haïti sera mise à la retraite d'ici 2030. Ces installations existantes jouent un rôle crucial dans les quatre scénarios de transition en fournissant au système la flexibilité requise pour une intégration harmonieuse des ressources renouvelables intermittentes, permettre les aménagements en puissance pour équilibrer l'offre et la demande à tout moment. En raison de leur capacité à réagir à la variabilité annuelle, saisonnière, quotidienne et horaire de la production d'énergie renouvelable, les raffineries de pétrole sont un allié des énergies renouvelables dans l'optimisation des économies faiblement carbonées.³

Deux des Scénarios (scénarios 1 et 4) comprennent aussi la production de gaz naturel. Tout comme les plantes de pétrole, centrales au gaz naturel ont l'avantage d'être flexible et capable de bien interagir avec des ressources renouvelables intermittentes. La figure 5.4 présente une analyse pour le Scénario 4, qui illustre une haute sécurité d'approvisionnement avec l'addition d'une petite quantité de la capacité de gaz naturel. La figure montre la contribution relative de chaque technologie de production. Parce que les ressources intermittentes telles que les ressources éoliennes et solaires ne produisent pas en permanence, la capacité installée augmente successivement avec une part croissante d'énergie renouvelable variable. Le modèle estime qu'un total de 2282 MW de capacité énergétique d'installée, duquel 1960 MW est renouvelable, est nécessaire pour satisfaire la demande annuelle.

Figure 5.4. Demande maximale et capacité installée dans le scénario 4



Le Scénario 4 représente le chemin de la croissance gérable pour les énergies renouvelables en Haïti. Le pays aurait besoin d'ajouter près de 1900 MW d'énergies renouvelables à sa capacité hydroélectrique existante pour augmenter sa part des énergies renouvelables à 90 % d'ici 2030. La capacité d'énergie éolienne installée prévue (1,217 MW) est le double de celui de l'énergie solaire photovoltaïque (609 MW), et ensemble, ces technologies représentent 93 % de la capacité totale d'énergie renouvelable d'ici 2030.⁸ L'hydroélectricité constitue la plus grande de la part des énergies renouvelables restantes. Le rôle de l'énergie de la biomasse est marginal et est limité au potentiel de la bagasse de canne existant.

Comparativement au Scénario 4, les scénarios 1 et 3 exigent de plus grands investissements dans l'énergie conventionnelle. Une analyse plus approfondie de ces Scénarios montre que l'investissement soit dans le charbon (Scénario 2) ou le pétrole (Scénario 3) avec la menace des énergies renouvelables soit d'en limiter l'utilisation ou entraîne une sous-utilisation des deux centrales électriques conventionnelles et renouvelables, ce serait remettre en cause leur rentabilité économique. En général, toutes les technologies d'énergies renouvelables devraient être moins chères que le charbon et le pétrole d'ici 2030 (voir chapitre 6), soulevant des inquiétudes sur l'attractivité économique des Scénarios 2 et 3.

La flexibilité des centrales au gaz naturel permet un meilleur équilibre avec les énergies renouvelables, ce qui conduit à moins d'effusion de production de charge. En conséquence, Haïti devrait chercher à optimiser l'utilisation du gaz naturel, plutôt que d'encourager les investissements dans le charbon et d'autres technologies qui risquent d'interdire les énergies renouvelables et mettre le pays sur une trajectoire de croissance insoutenable.

5.4 Résultats du scénario : analyse horaire

La demande pour les services électriques change continuellement tout au long de la journée, la saison et l'année. En plus d'examiner la demande annuelle et la production, il est donc utile d'analyser les principaux scénarios à l'échelle horaire pour évaluer comment les sources d'énergie renouvelables intermittentes se comportent tout au long de la journée, et comment les sources de production distribuables, compte tenu de leurs limites opérationnelles, peuvent aider à aborder certaines variabilités. L'analyse ici utilise le profil de charge d'une journée typique en 2030, avec une demande maximale de 1017 MW. Cependant, selon la saison et le type de jour (semaine ou week-end/vacances), le profil de charge sera susceptible de changer, en influençant la demande maximale et la contribution de chaque source de production, surtout les énergies renouvelables. Néanmoins, une évaluation d'une journée typique offre une bonne indication des défis techniques et économiques et des occasions qui se présentent dans un système d'électricité à haute pénétration des énergies renouvelables.

Un profil de charge ou une courbe du système représente graphiquement le comportement de la demande d'électricité sur une période de temps déterminée. L'analyse horaire dans cette section est

⁸Le rapport entre le vent et le soleil utilisé ici est un résultat optimisé pour atteindre l'objectif de satisfaire la charge maximale au quotidien avec réduction minimale et un coût minimum; il pourrait varier en fonction de l'évolution de la courbe de charge réelle, les coûts actualisés de l'énergie éolienne et solaire, et la proportion de systèmes d'alimentation distribués qui sont intégrés dans le réseau.

basée sur un profil de charge que Worldwatch a créé spécifiquement pour ce rapport.⁹ Il suppose que les caractéristiques du profil actuel d'Haïti, telles que les périodes de forte demande, restent les mêmes, mais que les niveaux de demande sont plus élevés. Pour créer le profil de charge pour l'année 2030, nous avons pris notre demande de pointe prévue pour Haïti en 2030 (voir la section 5.2) et construit un profil modelé sur la courbe du système pour un jour ordinaire de la semaine en 2012 en République dominicaine. (Nous présumons que les profils de charge pour les grandes économies de la Caraïbe sont de forme similaire, et que l'économie d'Haïti sera à l'image d'autres pays des Caraïbes en 2030.)

L'analyse qui suit prend en compte les potentiels de ressources horaires pour l'énergie éolienne et l'énergie solaire sur une période de 25 ans, comme évalué dans le chapitre 3. Il estime également les taux d'utilisation, les niveaux minimaux d'exploitation, et les taux de rampe pour les sources spécifiques de puissance distribuable. L'analyse évalue comment l'électricité produite toutes les heures et la compare avec la demande d'électricité, permettant d'évaluer le montant de l'équilibrage de charge nécessaire en période de niveaux particulièrement élevés ou faibles d'intermittence. Cette analyse horaire est une étape importante vers la planification du système de production, car le but de toute utilité est de fournir des services d'électricité fiables et ininterrompus en tout temps. Une analyse toutes les heures au niveau du réseau peut également révéler la pénétration maximale de l'énergie renouvelable qu'un réseau peut gérer sur une journée typique en 2030.

Worldwatch a utilisé cette méthode pour calculer la limite supérieure de la production annuelle d'électricité renouvelable. Dans notre évaluation, nous effectuons des analyses du système d'électricité toutes les heures pour tous les scénarios d'énergie. Nous supposons que les sources intermittentes d'électricité ne sont pas restreintes et que les sources distribuables peuvent être adaptées, selon le type de centrale et la spécification, pour satisfaire la demande. L'analyse suppose un réseau fonctionnel à l'avenir avec une transmission considérablement réduite et des pertes de la distribution en 2030. Elle suppose également que l'énergie est distribuée en fonction du prix—c'est-à-dire la préférence est donnée au générateur de plus faible coût de production d'électricité du réseau.

Nos analyses horaires pour les Scénarios 1 à 4 indiquent que les quatre scénarios conduisent à des niveaux très différents de pénétration renouvelables sur une base quotidienne. Dans le Scénario 1 (voir la figure 5.5), avec une part des énergies renouvelables de 52 % et l'expansion de la production de gaz naturel, la restriction est faible à un maximum de charge de seulement 2 % en mi-journée. La pénétration des énergies renouvelables atteint un maximum de 63 % au cours de la journée et plonge à 39 % dans la soirée.

Dans le Scénario 2 (voir la figure 5.6), avec 56 % de la consommation annuelle d'énergie renouvelable et l'expansion de la production de charbon, il y a un excès significatif sur le réseau en mi-journée, avec jusqu'à 10 % de la charge devant être restreinte car les centrales à charbon ne sont pas en mesure d'être exécutées de manière plus flexible. La pénétration des énergies renouvelables atteint un maximum de 68 % au cours de la journée et plonge à 41 % dans la soirée. Les résultats pour le scénario 2 indiquent que le recours à la puissance de charbon pour la production de base limiterait sérieusement la capacité d'Haïti à s'y intégrer au plus grande part d'énergie renouvelable.

⁹ Haïti n'a pas un profil de charge parrainés par le gouvernement, et parce que l'EDH ne satisfait pas la demande nationale d'électricité, un profil de charge d'EDH ne serait pas représentatif de la demande pour Haïti.

Dans le Scénario 3 (voir la figure 5.7), avec 85 % de la consommation annuelle d'énergie renouvelable et l'expansion de la capacité de pétrole, il y a également une production excédentaire sur le réseau, et 7 à 10 % de la charge devra être versée en milieu de journée sauf si le stockage de l'électricité est disponible. La pénétration des énergies renouvelables atteint un maximum de 100 % au cours de la journée et plonge à 63 % dans la soirée.

Dans le Scénario 4 (voir la figure 5.8), avec 90 % de la consommation annuelle d'énergie renouvelable et une petite quantité de nouvelles capacités de gaz naturel, les résultats sont semblables au Scénario 3, mais des niveaux plus élevés d'énergies renouvelables sont possibles car le gaz naturel est une source de production très flexible avec des temps de rampe rapides et des faibles niveaux de fonctionnement minimaux. Dans le Scénario 4, l'énergie renouvelable est en mesure de répondre à 100 % de la demande en électricité pendant 11 heures de la journée, bien que de faibles niveaux de production à base d'huile continuer de fonctionner pendant ces heures. Les parts des énergies renouvelables chutent jusqu'à 71 % dans l'après-midi. Bien que le scénario 4 ait la plus grande part de l'énergie renouvelable, il a aussi les niveaux de restriction des plus élevés—jusqu'à 18 % de la charge en mi-journée lorsque les deux énergies solaire et éolienne produisent à des niveaux élevés. Dans l'ensemble, environ 6.5 % de la production d'énergie renouvelable est restreinte dans le Scénario 4.

Figure 5.5. Analyse de la charge horaire dans le scénario 1

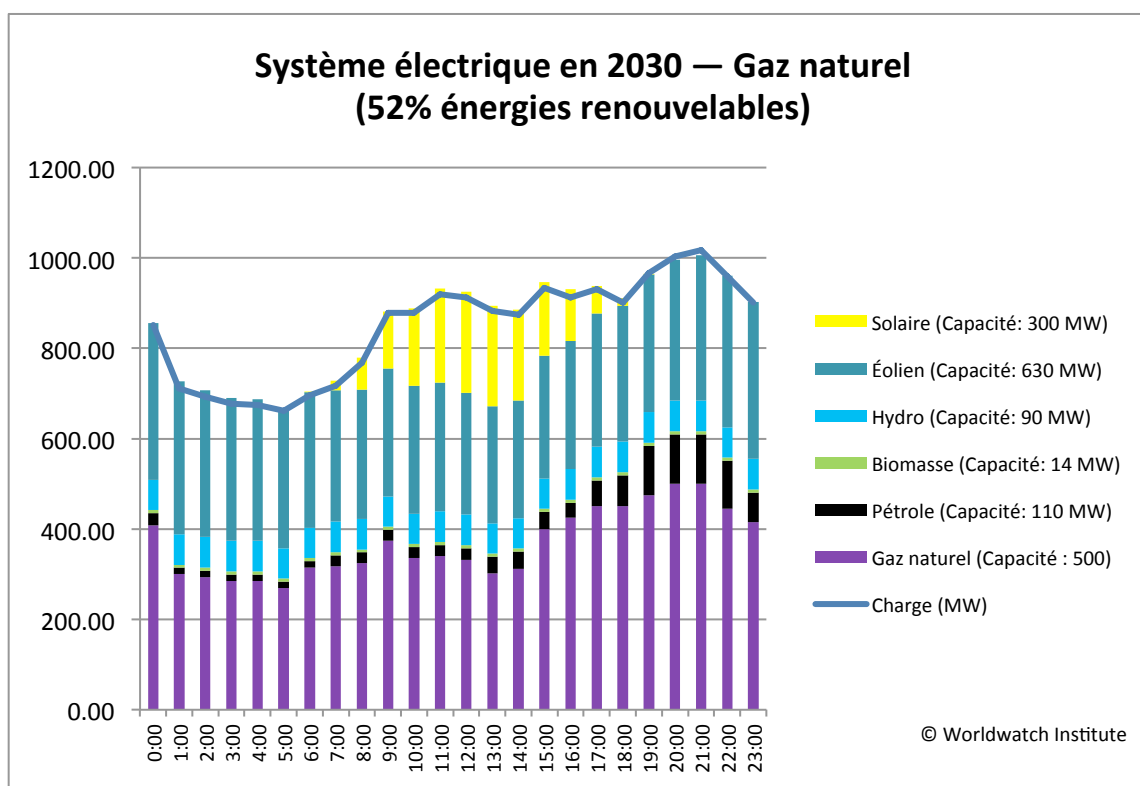


Figure 5.6. Analyse de la charge horaire dans le scénario 2

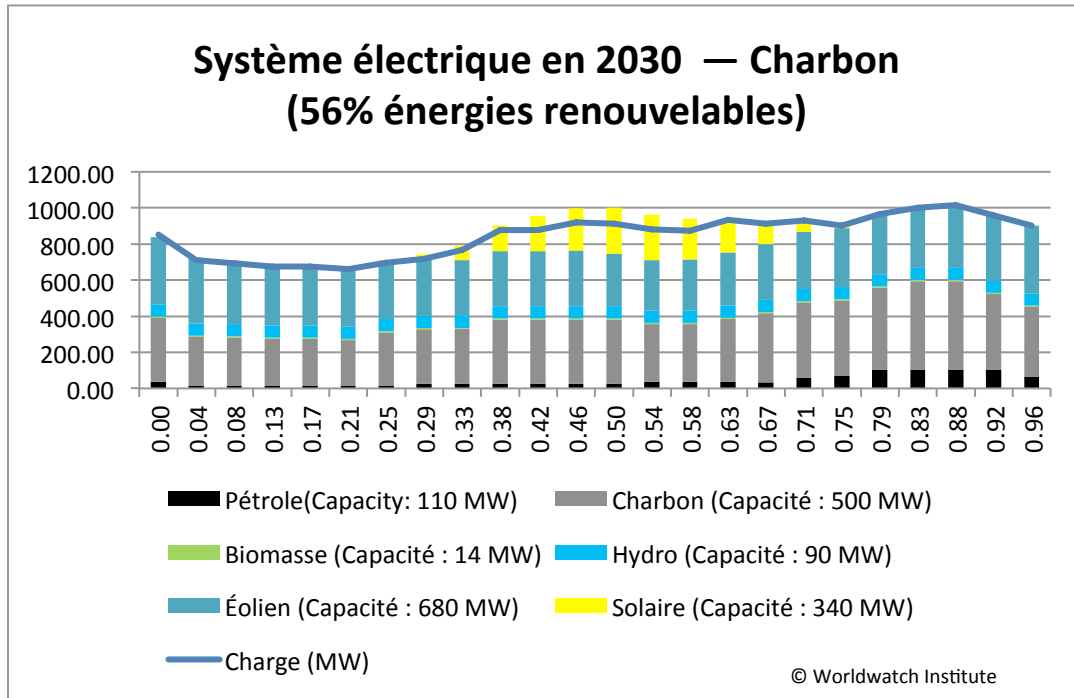


Figure 5.7. Analyse de la charge horaire dans le scénario 3

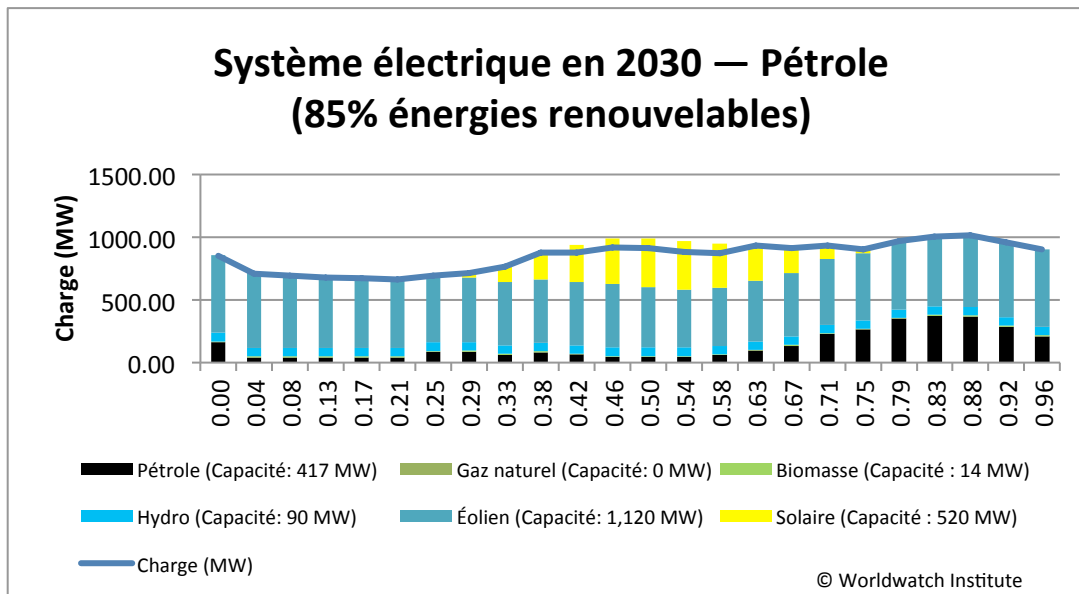
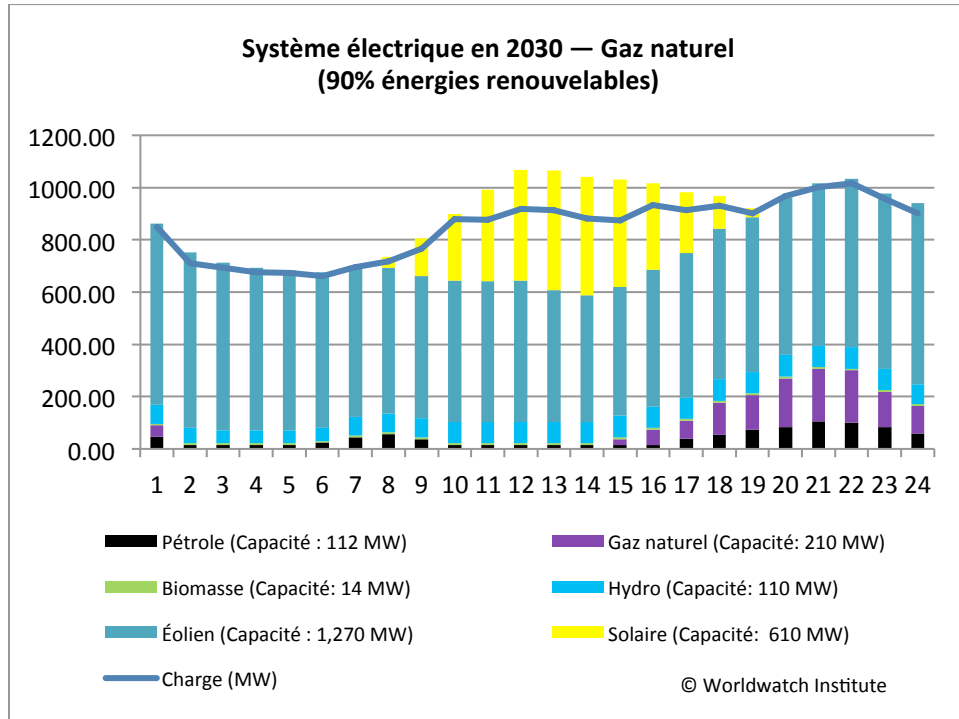


Figure 5.8. Analyse de la charge horaire dans le scénario 4



La restriction dans le Scénario 2 (charbon) est nettement plus élevée que dans le Scénario 1 (gaz naturel). Centrales au charbon ont des temps de rampe lentes et des niveaux d’exploitation minimales plus élevées que celles des usines de gaz naturel et sont donc moins bien équipées à s’y intégrer avec succès aux énergies renouvelables. Ajoutant encore plus de capacité de production de charbon à celle présentée dans le Scénario 2 augmenterait le délestage et rend encore plus difficile l’intégration des ressources renouvelables intermittentes.

Dans l’ensemble, l’analyse horaire de Worldwatch illustre l’importance de la création d’un système d’électricité flexible si l’objectif est une plus grande part des énergies renouvelables à long terme. Haïti peut assurer ceci en investissant uniquement dans les options de génération de carburant fossiles qui peuvent réagir rapidement aux changements de l’offre de ressources intermittentes. Les centrales au gaz naturel et les technologies de production à base d’huile sont plus appropriées pour cette tâche que les centrales électriques au charbon. Comme cela a été démontré, l’utilisation du charbon constitue un obstacle à une expansion plus accélérée des énergies renouvelables et nécessite sensiblement une plus grande quantité de restriction.

Cette analyse suppose que la demande de puissance d’Haïti va augmenter mais que les caractéristiques de la courbe de demande, telles que les périodes de forte demande resteront semblables à celle d’autres pays des Caraïbes. Cependant il est possible qu’Haïti continue à s’industrialiser, les caractéristiques de sa courbe de demande vont changer, en indiquant un maximum de demande plus prononcée en mi-journée. Puisque la production à partir de sources d’énergie renouvelables—notamment l’énergie solaire—atteint le maximum à ce moment, un tel changement aiderait à atténuer certains des problèmes de restriction illustrés dans les scénarios ci-dessus.

5.5 Conclusion

L'analyse effectuée dans ce chapitre indique qu'une transition vers un secteur d'électricité durable, fondée sur l'utilisation accrue des énergies renouvelables est techniquement possible en Haïti. La demande future peut être satisfaite à tout moment malgré les inquiétudes concernant l'intermittence des énergies éolienne et solaire. Les raffineries de pétrole existantes et quelques nouvelles raffineries de pétrole ou de gaz naturel donneraient la flexibilité nécessaire au système d'intégrer en douceur les ressources renouvelables intermittentes. Une transition vers une part de l'énergie renouvelable de 90 % est une option réaliste.

Les technologies de production à base de gaz naturel sont les mieux adaptées pour répondre à l'expansion de l'utilisation de l'énergie renouvelable. Ce sont des solutions flexibles dont la production peut être ajustée plus rapidement aux besoins des ressources intermittentes. L'électricité produite par les plus petites centrales au gaz naturel peut être expédiée très rapidement en réponse aux fluctuations de la demande tout au long de la journée. En revanche, l'introduction de centrales au charbon au système énergétique d'Haïti limite la flexibilité du réseau et conduit à plus de restriction d'électricité. Bien qu'elle ne soit pas aussi flexible que les centrales de gaz naturel, la production à base d'huile pourrait compléter production d'énergie renouvelable et conduire à moins de restriction qu'avec le charbon.

Dans l'ensemble, Worldwatch estime que les quatre scénarios sont préférables aux commerces comme à l'accoutumée; cependant, une grande accumulation d'énergie renouvelable avec une capacité de gaz naturel limitée et complémentaire (Scénario 4) mettra Haïti sur la meilleure voie du développement. Il est également question de l'option la moins coûteuse pour le pays, comme il est démontré dans le chapitre 6.

6 Évaluation des impacts socio-économiques des voies alternatives d'électricité

Principaux résultats

- Le maintien du statu quo n'est pas une option viable pour l'expansion énergétique en Haïti. La demande croissante accroîtra la dépendance du pays sur les carburants fossiles et rendre l'économie plus vulnérable aux chocs des prix; l'importation déjà élevée des carburants fossiles quant à lui, sera un fardeau encore plus grand sur le progrès économique. Un développement des énergies renouvelables et la diversification du mix énergétique, en revanche, auront beaucoup d'impacts socio-économiques positifs.
- L'avenir énergétique en Haïti réside dans le développement des ressources locales pour accroître la sécurité énergétique, réduire les coûts d'importation de carburants fossiles, réduire la dette publique et prix de l'électricité, réduire les émissions et créer de nouveaux emplois.
- L'hydroélectricité, l'énergie solaire et éolienne sont des ressources renouvelables locales qui peuvent être facilement intégrées dans le système électrique d'Haïti. Ces énergies renouvelables ont un potentiel de ressources solides, les rendant d'ores et déjà des options de génération à coût compétitif, compte tenu surtout de l'énorme coût du système actuel dépendant d'huile en Haïti.
- Les énergies hydraulique, solaire et éolienne sont actuellement les options les moins chères pour la production d'électricité en Haïti. Chacune d'entre elles est au moins un tiers moins cher que la production de courant à base d'huile dans le pays.
- En 2030, le coût des énergies renouvelables devrait encore diminuer à moins de 7 centimes de dollar par kWh en moyenne; pendant que les prix des nouvelles centrales à pétrole, au gaz naturel et au charbon devraient être de 26.5, 22.1, et 11.2 centimes de dollar par kWh, respectivement.
- Après l'internalisation des coûts environnementaux de la production d'électricité, la production de 1 kWh d'énergie éolienne (10.9 centimes de dollar par kWh) est inférieure à un tiers du coût de production des centrales au charbon, environ un quart de celui des générateurs diesel et près d'un cinquième de celui des turbines à combustion de fioul lourd. PV solaire (11.4 centimes de dollar par kWh) et l'hydro (5.0 centimes de dollar par kWh) sont également nettement moins chers que les sources de carburants fossiles.
- La transition vers un système d'électricité qui est 90 % alimenté par des énergies renouvelables peut diminuer les coûts moyens de production par kWh d'environ 15 centimes de dollar d'ici 2030 par rapport au BAU.
- Des actions plus élevées d'énergies renouvelables nécessitent des investissements plus élevés mais réduit le coût total de la production d'électricité. Notre analyse montre que la mise en œuvre d'un système d'énergie renouvelable de 90 % pourrait permettre à Haïti d'économiser US \$5.84 milliards en comparaison avec le BAU en 2030.
- En plus des avantages économiques importants, une transition vers les énergies renouvelables crée des avantages sociaux à partir de la création d'emplois et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Une transition vers un système d'énergie renouvelable de 90 % crée à peu près 1870 nouveaux emplois supplémentaires et maintient les émissions dans le secteur électrique à moins de 0.7 million de tonnes d'équivalent CO₂ par an.

- Haïti peut économiser environ 22.2 millions de tonnes d'équivalent CO₂ d'ici 2030 par rapport au BAU dans le scénario de l'énergie renouvelable de 90 %.

Bien que le patrimoine naturel d'Haïti soit très favorable à l'utilisation accrue des énergies renouvelables (voir chapitre 3), le pays n'a toujours pas réussi à tirer parti de ces ressources. Les centrales à base de pétrole restent la plus grande source de production du pays, congédiées par du carburant importé coûteux. La forte dépendance d'Haïti sur les carburants fossiles importés le rend vulnérable aux chocs des prix internationaux du pétrole, ce qui accroît davantage le fardeau économique pour les foyers et les entreprises. Avec une demande annuelle d'électricité qui devrait augmenter à une moyenne de 11.8 % d'ici 2030, ces coûts économiques ne vont probablement que s'aggraver à l'avenir.

Ce chapitre montre que des solutions plus durables fondées sur une plus grande part d'énergie renouvelable offrent des avantages économiques qui justifient une transition accélérée loin de l'énergie conventionnelle. Compte tenu de la croissance prévue de la demande d'Haïti et de son besoin d'ajouter d'importantes capacités de production, le pays doit prendre des décisions maintenant qui façonneront son secteur énergétique pour les prochaines décennies. Le gouvernement haïtien est chargé de guider la transition vers un système d'électricité réellement durable afin d'assurer la sécurité simultanée de l'offre, l'accessibilité et l'intégrité de l'environnement.

Pour aider le gouvernement dans ce processus de planification, ce chapitre explore les aspects économiques de la transition vers un secteur électrique durable. Le chapitre commence par présenter des évaluations comparatives des coûts des différentes technologies de production d'électricité. Worldwatch développe ensuite cette analyse en intégrant les impacts négatifs de certaines externalités pour offrir une meilleure image de la totalité des coûts de ces sources de production. Après la projection des coûts futurs, Worldwatch évalue finalement effets macroéconomiques des différentes voies technologiques décrites dans le chapitre 5.

Le chapitre conclut que l'expansion accélérée de l'énergie renouvelable aura des retombées importantes pour l'économie haïtienne. Avec un secteur de 90 % d'énergie renouvelable, le pays économiserait USD 5.84 milliard par rapport au système traditionnel, créerait 1,870 nouveaux emplois, économiserait l'équivalent de quelques 22 millions de tonnes d'émission de CO₂ et réduirait les effets négatifs de la pollution locale sur la santé.

6.1 Analyse des coûts moyens actualisés de production de l'électricité

6.1.1 Méthodologie

Idéalement, l'évaluation des coûts comparatifs des différentes options de production d'électricité devraient aller au-delà des besoins d'investissement initiaux de construction des différentes technologies et devraient inclure aussi des variables importantes telles que les frais d'opération et de maintenance ainsi que les coûts en carburants. Un outil utile pour ce genre d'évaluation est l'analyse des « coûts comparatifs d'électricité » (CCE), qui calcule le prix de revient de production d'électricité par unité nécessaire à l'investissement dans un projet électrique à l'équilibre de sa durée de vie utile.¹ Utile à la planification du secteur énergétique, le CCE permet aux décideurs de comparer —en utilisant une mesure commune—les coûts des technologies de production qui ont des durées de vie différentes, les ratios d'utilisation, les frais de carburant et les besoins d'opérations et de maintenance.²

Pour estimer le CCE du système énergétique d'Haïti, Worldwatch a renforcé le Modèle de Développement de la Technologie de l'Électricité (MDTE) développé par le Programme d'Aide à la Gestion du Secteur Énergétique de la Banque Mondiale. Le MDTE compte plusieurs valeurs par défaut qui sont des données nécessaires à l'estimation du CCE, mais il permet aussi aux utilisateurs de personnaliser les données pour calculer les coûts spécifiques à chaque pays. Worldwatch a modifié le modèle pour refléter les caractéristiques du projet d'Haïti et la performance spécifique du pays ainsi que les paramètres de coûts, et a prolongé le délai à 2030 pour tenir compte d'un horizon de planification plus approprié. Nous avons recueilli des données extensives dans le pays et nous nous sommes appuyés sur les conditions locales, y compris l'évaluation des ressources énumérées dans le chapitre 3; les données sur les dépenses locales en équipement, carburant et en main d'œuvre; ainsi que les données sur la performance locale de l'efficacité des usines, les facteurs de capacité et la qualité du carburant. Pour les données qui n'étaient pas disponibles pour Haïti, nous nous sommes appuyés sur l'ensemble des données de notre travail en République dominicaine et en Jamaïque, et nous avons collaborés avec des partenaires locaux pour nous assurer de la validité des résultats.

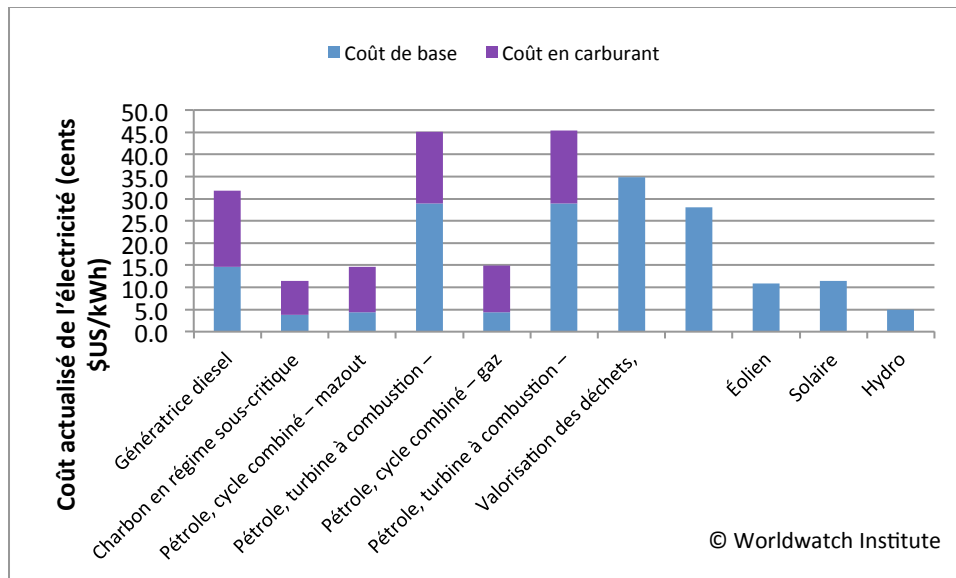
Le MDTE peut être un outil utile pour les gouvernements. Outre le fait de comparer les attraits économiques des différents projets d'investissement, ses résultats peuvent informer les décideurs en mettant l'accent sur les effets à long terme des différents coûts de développement en carburant, ainsi que les réductions de coûts probables, dues aux améliorations technologiques et les effets d'apprentissage suscités par les instruments de soutien initiaux. Le MDTE est aussi utile pour la planification du secteur énergétique. Bien qu'il ne choisit pas une approche du système énergétique et il n'est pas un modèle d'optimisation, il donne aux planificateurs un aperçu exact des différentes options d'approvisionnement qui doivent être utilisés avec d'autres modèles pour aider les décideurs et les régulateurs à faire des choix éclairés. (Voir l'évaluation de la voie technique de Worldwatch au chapitre 5.)

Les analyses du CCE ne sont pourtant pas des évaluations financières, et elles excluent les impôts et les subventions. En outre, le modèle utilise le taux d'actualisation social au lieu du taux d'intérêt financier qui est plus pertinent dans les décisions d'investissement pour des projets financés par des prêts. Les analyses d'investissement spécifiques au projet seraient alors nécessaires y compris aussi les coûts des subventions et d'incitations, ainsi que les coûts des prêts qui peuvent varier considérablement, en fonction de la technologie et la dimension du projet de même que le type d'investisseur. (Voir chapitre 7 pour des aspects importants de financement des projets d'énergie renouvelable.)

6.1.2 Résultats

Le CCE montre que quand les coûts du capital, les coûts des opérations et de maintenance ainsi que les coûts en carburant pour les nombreuses options de production d'électricité en Haïti sont pris en compte, la plupart des technologies d'énergie renouvelable sont déjà des solutions compétitives dans le pays. (Voir la figure 6.1.) Ceci est particulièrement vraie quand les technologies renouvelables sont comparées aux technologies à base de pétrole, qui constituent actuellement 85 % du système de production d'Haïti mais qui font partie des options d'approvisionnement les plus chères qui soient disponibles. L'abandon des centrales pétrolières devrait être alors une priorité pour le gouvernement.

Figure 6.1. Coût moyen actualisé de l'électricité pour Haïti (coûts d'investissement, coûts d'opération et maintenance, et coûts en carburant)



L'hydro énergie et l'énergie éolienne sont les technologies de production les moins chers disponibles pour les nouveaux projets en Haïti, à moins d'un tiers du coût de l'électricité produite à partir d'une génératrice diesel. L'énergie éolienne est largement faisable à plusieurs endroits convenables et constitue une alternative compétitive au charbon et au gaz naturel. Bien que le système solaire photovoltaïque (à petite et grande échelle) est la source d'énergie renouvelable la plus coûteuse actuellement, les coûts des systèmes photovoltaïques ont nettement diminué ces dernières années. Cette tendance devrait se maintenir si Haïti peut tirer profit des économies d'échelle et des courbes d'apprentissage tandis qu'il développe l'usage du système photovoltaïque. (Voir le chapitre 3.) En plus, développer le système solaire photovoltaïque pourrait réduire les coûts globaux du système parce que, durant la mi-journée, le système photovoltaïque serait en compétition avec la production à base de pétrole, la technologie de production la plus coûteuse du pays. L'utilisation du système solaire photovoltaïque en remplacement de l'électricité produite à partir des génératrices diesel, permettrait à Haïti d'économiser au moins 20 centimes U.S. par kWh, en fonction de la taille de l'installation photovoltaïque.

La production d'électricité à partir de bagasse offre une autre solution d'énergie renouvelable compétitive et devrait être utilisée, bien que l'expansion est limitée puisque les ressources sont disponibles uniquement durant la saison de récolte et seulement 15 MW de la bagasse de canne à sucre non utilisée est disponible actuellement.³ Une expansion de l'hydro énergie serait aussi très rentable, et Haïti devrait puiser dans des potentiels inexploités qui ne concurrencent pas avec les autres usages de l'eau.

Compte tenu des potentialités d'énergie renouvelable énormes d'Haïti, de nouveaux investissements dans la production d'électricité à base de pétrole ne sont pas recommandés selon une perspective économique. Les coûts de construction initiaux relativement faible de ces usines simulent les coûts élevés engagés sur la durée de vie. Les dépenses en carburant augmentent considérablement les coûts, rendant les solutions des usines à base de pétrole non compétitives, ce qui pèse un poids énorme sur les finances du pays. La figure 6.1 fait la distinction entre les coûts de base (les coûts d'investissement journaliers et les coûts fixes d'opération et maintenance), les coûts en carburant, pour mettre en évidence l'importance de ces derniers.

Le charbon est la ressource la moins chère pour la production d'électricité à base de combustible fossile. L'énergie au charbon a des coûts de combustible relativement faible et un taux d'utilisation élevé. Mais le charbon, contrairement au gaz naturel et au pétrole, peut être utilisé pour la production de base uniquement, et doit être accompagné par des options additionnelles de production flexibles. Le gaz naturel est un allié beaucoup plus adapté aux énergies renouvelables. Bien qu'il soit plus coûteux de 3 centimes U.S. par kWh que le charbon, il peut diminuer les coûts globaux du système en évitant la réduction des sources d'énergie renouvelable inutiles et en offrant la flexibilité de réagir aux fluctuations à court terme requises.

Au moment de décider de l'option la plus rentable pour accroître la production, le gouvernement haïtien devrait prendre en considération les coûts d'infrastructures additionnels aussi. Bien que de nouvelles lignes de transmissions et des sous-stations seraient nécessaires pour des projets d'énergie renouvelable à grande échelle, les coûts sont relativement faibles comparés aux coûts d'infrastructure du côté de la production et le réseau devra être renforcé quel que soit les technologies utilisées pour accroître la production. Les technologies de production d'énergie renouvelable à grande échelle utilisées pour la production décentralisée, ne nécessitent pas de lignes de transmission additionnelles, pour faire d'elles une option attractive pour l'utilisation des ménages ou pour les communautés situées plus loin des réseaux d'infrastructure existants.

Même selon des hypothèses optimistes concernant les prix des carburants fossiles, les sources d'énergie renouvelable—particulièrement l'énergie éolienne—offre déjà une alternative comparative à la production conventionnelle qui pourrait libérer Haïti des prix d'importation incertains et servir de prix de couverture de la volatilité des prix sur le marché international.

6.2 CCE+ : Évaluation du coût global des sources d'électricité alternatives

6.2.1 Méthodologie

L'analyse CCE normalisée, mentionnée ci-dessus, offre aux décideurs un outil utile à la planification du secteur énergétique ainsi que des informations importantes concernant quelle stratégie prioritaire peut être développée. Les décisions du secteur énergétique ne devraient pas se concentrer uniquement sur les coûts de production, mais devraient plutôt refléter une évaluation plus globale qui inclue les coûts additionnels à la société—appelés externalités—tels que les effets négatifs sur la santé causés par les émissions locales de polluants comme les matières particulaires (MP), l'oxyde de soufre (SO_x) et l'oxyde d'azote (NO_x).⁴ Ceci est particulièrement pertinent pour les pays émergents ou les pays en voie de développement comme Haïti, où les soins de santé sont souvent un luxe et où les technologies de production manquent souvent les derniers équipements de contrôle de l'environnement.

Dans cette analyse, Worldwatch a essayé d'analyser le coût réel de production d'électricité en Haïti en utilisant l'approche « CCE+ » pour quantifier quelques-uns de ces effets négatifs additionnels sur la société. Pour offrir plus de mesures de transparence des différents coûts de technologies de production, nous avons ajoutés des valeurs de dommage en centimes U.S. par kWh pour les impacts négatifs les plus importants, supérieurs aux valeurs CCE normalisées calculées à la section 6.1. Ceci permet d'avoir une vue renouvelée sur la compétitivité des différentes technologies d'un point de vue sociétal plus large.

Le modèle MDTE de l'ESMAP est encore utile parce qu'il permet l'intégration des coûts occasionnés par la pollution locale et le changement climatique. Les utilisateurs peuvent assigner des valeurs aux coûts de carbone en dollar américain par l'équivalent de tonnes de CO₂ pour les dommages causés par les

émissions de SO_x, NO_x, et MP, mesuré en dollar US par tonne. Selon le type et la qualité du carburant ainsi que l'efficacité de l'usine, le modèle attache alors des coûts additionnels aux estimations du CCE. Worldwatch s'est basé sur cette fonction pour offrir à Haïti une évaluation plus globale des coûts réels des différentes technologies de production, en mettant en évidence les coûts sociétaux qui ne sont généralement pas intégrés dans les prix du marché. Ce faisant, nous avons effectué des examens scientifiques approfondis pour assigner des valeurs au climat ainsi qu'aux coûts de pollution.

6.2.2 Coûts des polluants locaux

Les polluants atmosphériques locaux émis durant les processus de combustion—tels que le SO_x, NO_x, et PM—peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine, la productivité agricole, matérielle et la visibilité. Selon l'âge et l'efficacité des usines énergétiques, la production de l'électricité peut contribuer considérablement à des concentrations d'émissions nocives près de ces plantes. L'expansion de la production à base de carburants fossiles ne fera qu'augmenter la pollution atmosphérique locale, détériorant davantage l'environnement et pesant un poids économique sur les secteurs économiques majeurs tels que l'agriculture et le tourisme.

Le but de Worldwatch dans le cadre de l'analyse CCE+ est de mieux illustrer les externalités environnementales de la production d'électricité qui n'ont pas été reflétées actuellement dans les prix du marché. L'approche la plus précise serait d'effectuer des évaluations spécifiques sur le site qui analyse en détail des facteurs comme la dispersion des polluants espérés, à partir d'une usine particulière, l'augmentation en concentration de polluants, et la contrainte sur l'environnement local selon les caractéristiques spécifiques de l'écosystème; cependant, ces analyses ont tendance à être extrêmement intensifs en terme de coût, de durée et d'informations. Toutefois, il est possible de tirer des conclusions générales concernant les coûts de pollution de la production d'électricité sur la base d'un ensemble de facteurs essentiels tels que la technologie et le combustible utilisé, l'âge de l'usine, l'existence d'équipements de contrôle de la pollution, et le revenu d'un pays et la densité de la population.

Les efforts pour quantifier et internaliser les impacts négatifs de la production d'électricité remontent à plus de 30 ans.⁵ Assigner une valeur monétaire aux dommages s'est avéré difficile des fois. Les liens de causalité entre les concentrations de polluants et les impacts sur la santé sont toujours en train d'être étudiés, créant des incertitudes; et, bien que la vie humaine dépend des services que l'écosystème fournit, les bénéfices des efforts de conservation ne sont que partiellement mesurables. En outre, mettre une certaine valeur à la vie humaine peut modifier considérablement les résultats et avoir des répercussions d'éthique énormes. En dépit de ces difficultés, des progrès ont été réalisés face à la recherche.⁶ Pour ses estimations, Worldwatch a employé un second modèle de la Banque Mondiale, développé spécialement pour évaluer les dégâts de la pollution dans les pays en voie de développement.⁷ Nous avons adapté le modèle à Haïti, avec des ajustements du revenu et de la population, et nous l'avons incorporé dans le CCE pour évaluer les coûts des dommages des polluants locaux par unité d'énergie produite.

6.2.3 Coûts du changement climatique mondial

Outre le fait d'émettre des polluants locaux, la production d'énergie à base de carburants fossiles est l'un des plus grands émetteurs de gaz à effet de serre contribuant au changement climatique d'origine humaine. Des impacts globaux du changement climatique incluent, l'augmentation des températures, des vagues de chaleur plus fréquentes, des niveaux plus élevés de la mer, plus de zones affectées par la

sécheresse, et l'augmentation de l'intensité des cyclones.⁸ La sévérité de ces impacts varie selon la région, mais les îles des Caraïbes sont considérées être parmi les plus vulnérables.⁹ Les conséquences les plus significatives pour les petits états insulaires sont susceptibles d'être liées au changement du niveau de la mer, vu la position côtière de la plupart des activités économiques, des infrastructures et de la population. Haïti, comme la plupart des îles, est susceptible de subir des changements dans la chute des pluies, l'humidité du sol, et les vents dominants.¹⁰

Le dioxyde de carbone et les autres gaz à effet de serre sont des polluants mondiaux dont l'impact dépend du point d'émission. Un point d'origine en Haïti tel qu'une centrale énergétique contribue au réchauffement de la planète, mais ne peut pas être le seul responsable des impacts négatifs régionaux. Ainsi, une tonne de CO₂ émise en Haïti a le même effet négatif sur le pays qu'une tonne émise aux États Unis, en Chine ou en Arabie Saoudite. Pour intégrer les coûts du changement climatique dans l'analyse CCE, Worldwatch a attribué un coût mondial au carbone de 100 dollar U.S. par tonne de CO₂ équivalent. Bien qu'au niveau moyen des estimations existantes, cette valeur est en ligne avec la recherche économique prédominante, et représente sans doute mieux aussi les nouvelles découvertes sur la gravité des impacts négatifs du changement climatique.¹¹

En dépit de la nature globale du changement climatique et de la responsabilité historique des pays industrialisés à réduire leur émission, le potentiel d'Haïti en réduction d'émission est important selon une perspective régionale. En 2009, le pays avait le sixième niveau le plus élevé d'émission de CO₂ parmi 15 nations des Caraïbes (voir tableau 6.1), qui peut être perçu comme faible étant donné qu'Haïti est la nation la plus peuplée de la région.¹² Mais avec l'économie et la population qui devraient croître de manière significative au cours des décennies à venir, la contribution d'Haïti à l'émission mondiale augmentera de manière considérable. Sans doute, les augmentations des émissions seront nécessaires pour propulser l'économie vers l'avant, mais une transition vers les énergies renouvelables peut mettre le pays sur la voie d'un développement compatible avec le changement climatique qui facilite la croissance économique tout en réduisant l'impact climatique sur l'économie. En outre, comme il sera démontré, une telle voie de développement est susceptible d'être l'option la plus économique pour Haïti.

Tableau 6.1. Émission de dioxyde de carbone et intensité d'émission de 15 pays de la Caraïbes, 2009

Pays	Émissions de CO ₂	PIB par habitant	Intensité d'émission (CO ₂ /PIB)
	kilotonnes	dollar US courant	tonnes métriques par mille dollar US
Trinidad et Tobago	52,069	17,627	2.754
République dominicaine	20,640	5,486	0.417
Jamaïque	9,557	5,330	0.851
Les Bahamas	4,734	21,490	0.674
Suriname	2,335	8,125	1.006
Haïti	2,103	732	0.448
Guyane	1,672	3,258	1.563
Barbade	1,442	13,076	0.375
Antigua et Barbuda	732	12,757	0.844
Bélize	536	4,577	0.431
Sainte Lucie	425	6,755	0.421
St-Kitts et Nevis	303	14,122	0.647
La Grenade	269	7,427	0.505
St-Vincent et les Grenadines	199	6,320	0.318

La Dominique	142	6,673	0.408
--------------	-----	-------	-------

Source : Voir note 15 de ce chapitre

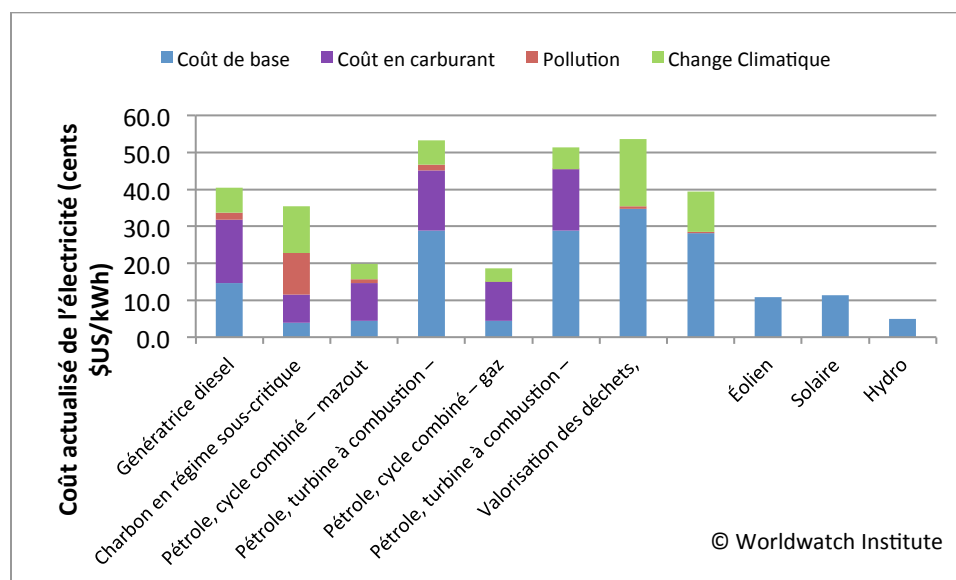
L'inclusion des coûts du changement climatique dans le CCE+ d'Haïti ne vise pas à suggérer que la population du pays doit couvrir ces coûts. L'objectif est plutôt de changer la perception des décideurs sur l'exhaustivité de l'évaluation des coûts conventionnels, pour illustrer le poids économique potentiel que le changement climatique pèse sur l'économie haïtienne, et de sensibiliser sur les occasions que les sources d'énergie alternatives apportent pour mettre le pays sur la voie du développement compatible avec le changement climatique.

6.2.4 Résultats

Une évaluation du CCE+ plus globale des coûts des différentes technologies de production—qui inclue les coûts environnementaux issus de la pollution atmosphérique et du changement climatique—met en évidence certains bénéfices des ressources renouvelables qui ne sont normalement pas pris en compte dans les prix du marché. Puisque les sociétés doivent supporter les coûts de pollution locale et du changement climatique, les données fournissent un argument persistant en faveur d'une transition vers les alternatives d'énergie verte.

Tenant compte de la densité de la population haïtienne, la pollution atmosphérique locale menace de nuire à la santé d'une grande partie de la population vivant dans le voisinage des usines électriques; ainsi, le modèle évalue des coûts élevés pour les émissions de MP. L'analyse indique que l'énergie à base de pétrole, la source de production dominante d'Haïti à nos jours, a des impacts significatifs, augmentant les coûts de production d'environ 8,6 centimes U.S. par kWh pour les génératrices de diesel et d'environ 8.1 centimes U.S. par kWh pour les centrales turbines à combustion de pétrole. Internaliser les coûts du changement climatique augmente le coût de ces carburants d'environ 6.8 et 6.5 centimes U.S. additionnels respectivement par kWh. (Voir la figure 6.2.)

Figure 6.2. CCE d'Haïti et les coûts externes (pollution atmosphérique locale et changement climatique)



Bien qu'il n'y ait pas de centrale à base de charbon en Haïti, les études en République dominicaine ont démontré que le charbon est la technologie de production la plus préjudiciable à la santé humaine et à l'environnement.¹³ De même, notre analyse sur Haïti indique que les impacts de la seule pollution locale augmentent le coût de l'énergie au charbon d'environ 100 % et, quand les impacts du changement climatique sont ajoutés, la production au charbon devient presque 210 % plus cher. Les impacts négatifs de l'utilisation potentiel du charbon en Haïti démontrent la nécessité de l'analyse CCE+ : bien que le charbon soit considéré d'être l'une des options de production les plus compétitives, dans l'analyse CCE+ normalisée (voir section 6.1), ce changement affecte grandement, quand quelques-uns de ses impacts négatifs sociétaux sont quantifiés, rendant le charbon considérablement plus cher que la production de cycle combiné au combustible pétrolier lourd ou le gaz naturel.

Selon une perspective climatique mondiale, le charbon utilisé est particulièrement d'une forte intensité en carbone et a alors le plus grand effet sur le réchauffement de la planète. Le gaz naturel a de faibles concentrations de polluants et est aussi moins intensif en carbone que n'importe quelle autre technologie conventionnelle. La technologie de cycle combiné est la forme de production d'énergie thermique la plus efficace.

En général, l'analyse CCE+ offre une nouvelle vision sur la compétitivité des différentes sources de production d'électricité. L'énergie au charbon devient d'environ 24 centimes U.S. plus chère par kWh que ses estimations conventionnelles et coûte actuellement 35 centimes U.S. plus chère par kWh. Le coût de production des génératrices de diesel surpasse les 40 centimes U.S. par kWh, et cette production de turbine au combustible pétrolier lourd dépasse de plus de 53 centimes U.S. par kWh. Le cycle combiné au combustible pétrolier lourd et au gaz naturel sont les seuls carburants qui maintiennent un certain niveau de compétitivité, entre 19.9 et 18.7 centimes U.S. par kWh respectivement.

Les sources de production les moins chères sont le vent (10,9 Centimes américains par kWh) et l'hydro (5,0 Centimes américains par kWh). Générer 1 kWh d'énergie éolienne est d'environ moins d'un tiers du coût de production des centrales de charbon, environ un quart des génératrices de diesel, et près d'un cinquième des turbines à combustion de pétrole lourd. L'énergie solaire photovoltaïque est moins chère que toutes les énergies conventionnelles (11.4 centimes U.S. par kWh), y compris les cycles combinés au gaz naturel. Elle est d'environ 7 centimes U.S. moins chère par kWh que la production du cycle combiné au gaz naturel et 24 centimes U.S. en dessous de la production au charbon.

En outre, il importe de souligner que ces résultats sont modérés. Le modèle de la Banque Mondiale qui est utilisé pour déterminer le coût de la pollution dans les pays en développement, ignorent les impacts essentiels, évaluant uniquement les effets sur la santé humaine, la visibilité et les souillures des bâtiments. Des études plus complètes des pays développés ont évalués les effets de la pollution locale sur des variables telles que l'agriculture, les forêts, la pêche, l'industrie de récréation, le tourisme, l'habitat et la biodiversité.¹⁴ Des recherches plus avancées sur les coûts de la pollution dans les pays en développement sont donc recommandé pour renforcer le travail du CCE+.

6.3 Projection du CCE+ : coûts éventuels de production de l'électricité

6.3.1 Méthodologie

Le chapitre 5 de ce rapport évalue la faisabilité technique de la transition d'Haïti vers un secteur d'électricité basé presque entièrement sur l'énergie renouvelable vers 2030. L'analyse des impacts socio-

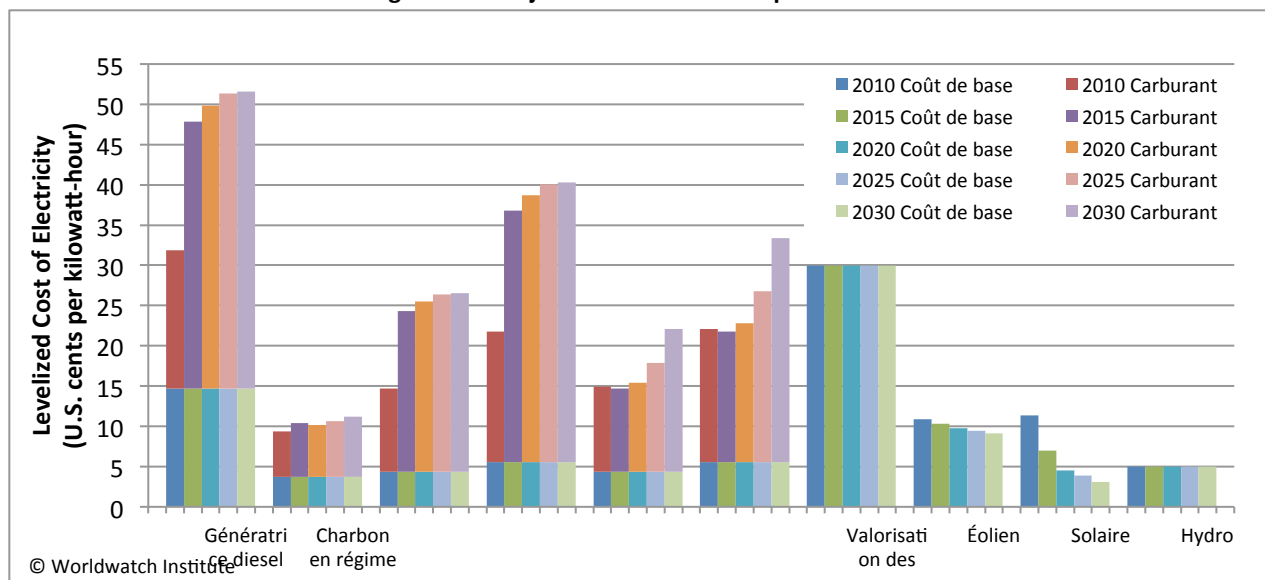
économiques d'un tel changement exige de regarder au-delà des coûts de production actuels (voir sections 6.1 et 6.2) et d'évaluer la tendance potentielle des coûts à l'avenir. Celle-ci peut être utilisée pour d'éventuelles analyses macro-économiques des impacts tels que les besoins d'investissement en énergie propre et/ou les changements dans les coûts d'importation des carburants fossiles. (Voir la section 6.4.)

Bien qu'il soit impossible de prévoir les prix de l'énergie de façon exacte, les analystes peuvent faire des projections sur la base des informations actuelles, disponibles et des hypothèses compétentes. Dans ce rapport, Worldwatch utilise les estimations du CCE comme la base permettant d'extrapoler l'évolution des coûts pour des technologies de production différentes. Nous supposons que les coûts de base des productions thermiques et de l'hydro énergie demeureront très semblables aux niveaux actuels, en ligne avec la base de données des coûts du Département de l'Énergie Américain.¹⁵ Nous supposons aussi que les coûts de l'énergie éolienne et l'énergie solaire photovoltaïque continueront de diminuer, tel qu'indiqué par les séries d'analyse des coût de la International Renewable Energy Agency (IRENA)¹⁶ Et nous assumons que les prix des carburants en général augmenteront en temps réels de 2010 à 2030, tel que projeté dans les *Perspectives Énergétique Annuelles* de l'Energy Information Administration (EIA), avec les plus fortes augmentation observées dans le prix du pétrole.¹⁷

6.3.2 Résultats

Basés sur ces hypothèses, la figure 6.3 projette le CCE pour les différentes technologies de production d'électricité en Haïti en 2030. Les technologies d'hydro-énergie, d'énergie solaire et éolienne devraient tous être moins chères que la production d'énergie à base de combustible fossile vers 2020. L'énergie solaire photovoltaïque devrait connaître les plus fortes réductions de coûts et devenir l'énergie la plus compétitive avec le charbon en 2015, dépassant toutes les ressources sauf l'hydro énergie en tant que la forme de production d'électricité la plus économique vers cette année. Parmi les carburants fossiles, le charbon devrait être l'option de production la plus chère en 2030, en raison des réserves mondiales abondantes, mais ses coûts devraient être toujours plus élevés que ceux des énergies renouvelables.

Figure 6.3. Projection du CCE d'Haïti pour 2030



La figure 6.3 montre aussi qu'une dépendance continue sur la génération à base de pétrole menace de nuire au développement économique d'Haïti en faisant peser sur l'industrie et les ménages les augmentations du prix de l'électricité pour couvrir la hausse des prix de production. La production à base de pétrole n'est pas compétitive avec aucune autre forme de production d'électricité en Haïti actuellement, et ne le sera non plus à l'avenir. Les résultats du CCE sont sensibles aux nouveaux développements, y compris les nouvelles technologies et la découverte de nouvelles ressources naturelles. Tenant compte des informations disponibles actuellement, une expansion des énergies renouvelable est cependant, un bon prix de couverture contre la volatilité et la hausse des prix des carburants fossiles, et au fil du temps, l'option économique la plus économique.

6.4 Impacts macroéconomiques : bénéfice d'une transition vers des systèmes d'électricité basé sur l'énergie renouvelable

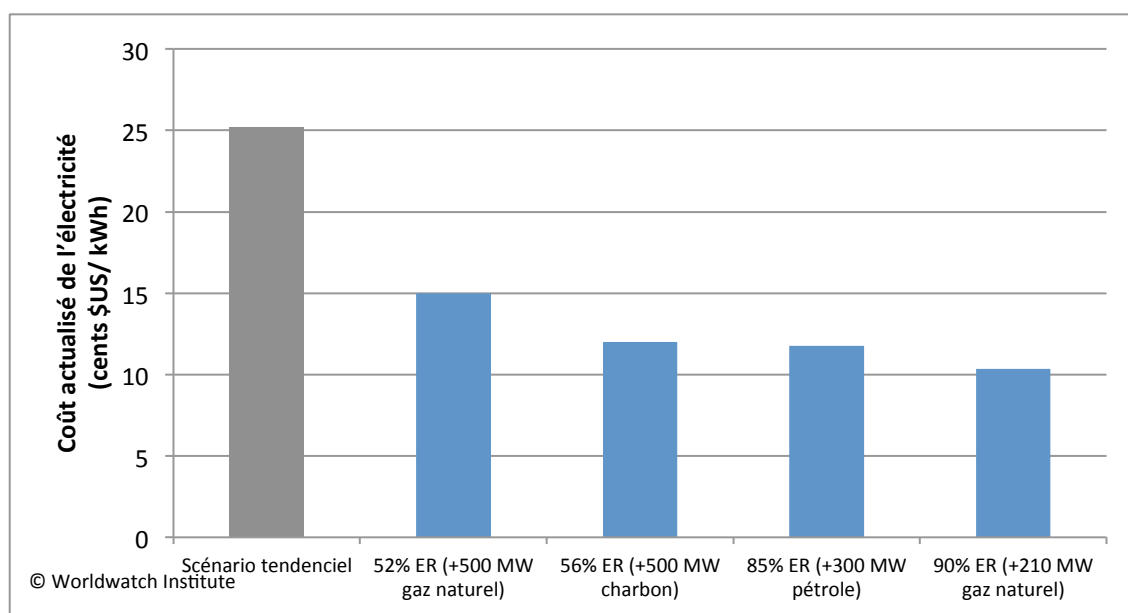
La reconstruction d'un système énergétique basé sur l'énergie renouvelable a des impacts économiques. Les sections suivantes appliquent les conclusions des résultats du CCE aux différentes voies technologiques soulignées au chapitre 5 en vue d'évaluer leurs impacts économiques potentiels. Bien que les opposants argumentent souvent que l'expansion des énergies renouvelables a un poids économique, l'analyse quantitative dans ce chapitre montre exactement le contraire dans le cas d'Haïti : qu'un système basé en grande partie sur l'énergie renouvelable peut réduire les coûts moyens et totaux de l'électricité, économiser les fonds publics nécessaires, sur les importations de combustible épargnés et créer de nouveaux emplois dans le secteur de l'énergie.

6.4.1 Baisse des coûts de production de l'électricité

Le gouvernement haïtien subventionne les prix de l'électricité pour beaucoup de consommateurs dans le but de les protéger des coûts élevés de production de l'électricité qui proviennent principalement de l'importation du pétrole. Pourtant, cette mesure met suffisamment de pression sur les fonds publics et elle n'est plus durable. À moins que les coûts de production de l'électricité puissent être réduits, Haïti devra faire face à une pression économique considérable et deux solutions insatisfaisantes et non viables de manière égale : soit le gouvernement aura à accumuler des dettes supplémentaires pour financer EDH, ou il aura à facturer les consommateurs des tarifs plus élevés, qui pourrait être très impopulaire auprès des contribuables et conduire à un niveau de vol d'électricité plus élevé.

Un regard sur les coûts de production à l'horizon 2030 est un bon indicateur pour l'évolution possible des prix futurs de l'électricité des industries et des ménages ou l'accumulation des dettes du gouvernement. La figure 6.4 montre le CCE moyen en 2030 pour les différents scénarios de Worldwatch présenté au chapitre 5. Le coût moyen de l'électricité est calculé en utilisant les projections des estimations du CCE (voir la section 6.3) ainsi que les taux de production et d'utilisation annuels (voir chapitre 5) de chaque source de production.

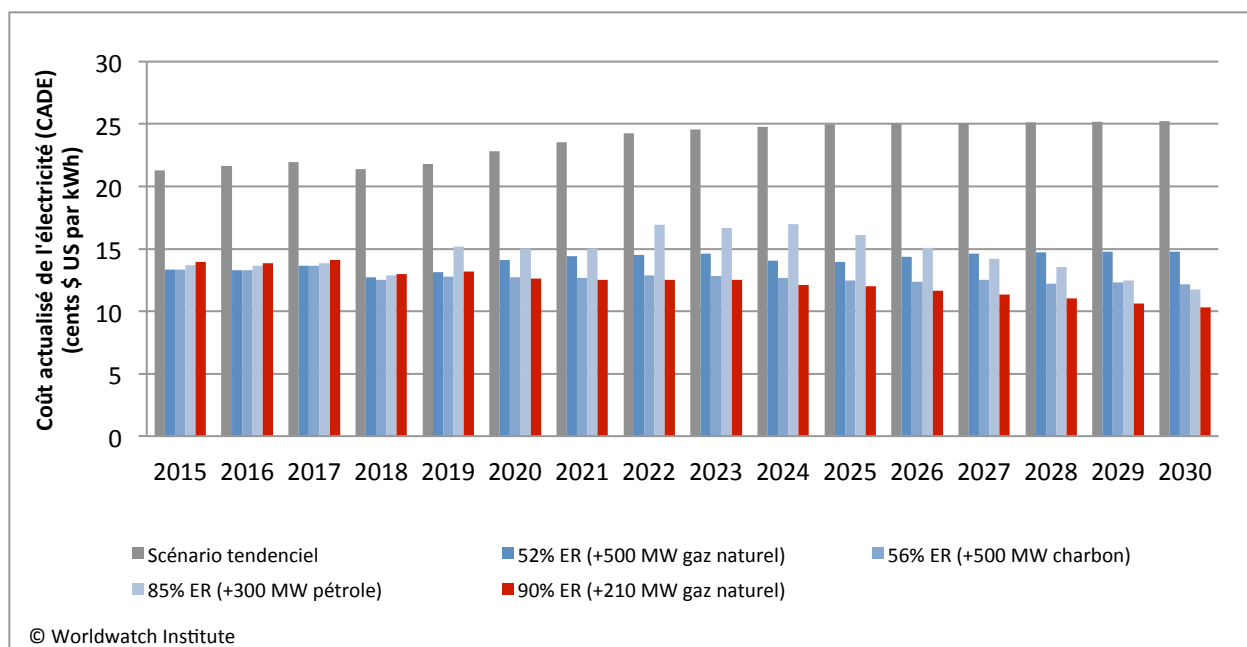
Figure 6.4. CCE moyen en 2030 selon tous les scénarios



La figure 6.4 montre une tendance nette : ce maintien du statut quo est plus chère que n'importe quel scénario d'énergie renouvelable. Cela est dû en grande partie à la hausse des prix du pétrole. De plus, étant donné que les coûts des énergies renouvelables chutent et baissent en dessous des prix des énergies conventionnelles, le coût moyen de l'électricité devra diminuer avec la croissance de la pénétration de l'énergie renouvelable. Le CCE moyen est alors le plus faible parmi les scénarios d'énergie renouvelable les plus élevés qui n'ont pas de capacité additionnelle, de production à base de pétrole future (Scénarios 1,2 et 4). Le scénario 4 est l'option la plus économique à 10 centimes U.S. par kWh. Le Scénario 3, en dépit du fait d'avoir une plus grande part de 30 % de production d'énergie renouvelable, il a le même CCE moyen que le Scénario 2, mettant en évidence à quel point la production à base de pétrole est chère. Le Scénario 2 est moins cher de 3 centimes U.S. que le Scénario 1, bien que la pénétration d'énergie renouvelable est de seulement 4 % plus élevé, parce que le charbon est l'option de production la moins chère pour Haïti plutôt que le gaz naturel.

En général, l'expansion de l'énergie au charbon et/ou au gaz naturel a un effet réducteur sur le prix par rapport au maintien du statut quo. Étant donné que les coûts des énergies renouvelables sont inférieurs à ceux des énergies au charbon et au gaz naturel, les coûts de production sont cependant nettement plus faibles dans les scénarios avec un recours accru aux énergies renouvelables que les coûts d'énergie ayant une plus grande part de charbon et de gaz naturel. (Voir la figure 6.5.) Un niveau de pénétration élevé d'énergie renouvelable soit avec le charbon ou le gaz naturel, fournit des options moins coûteuses à Haïti.

Figure 6.5. CCE moyen annuel pour tous les scénarios



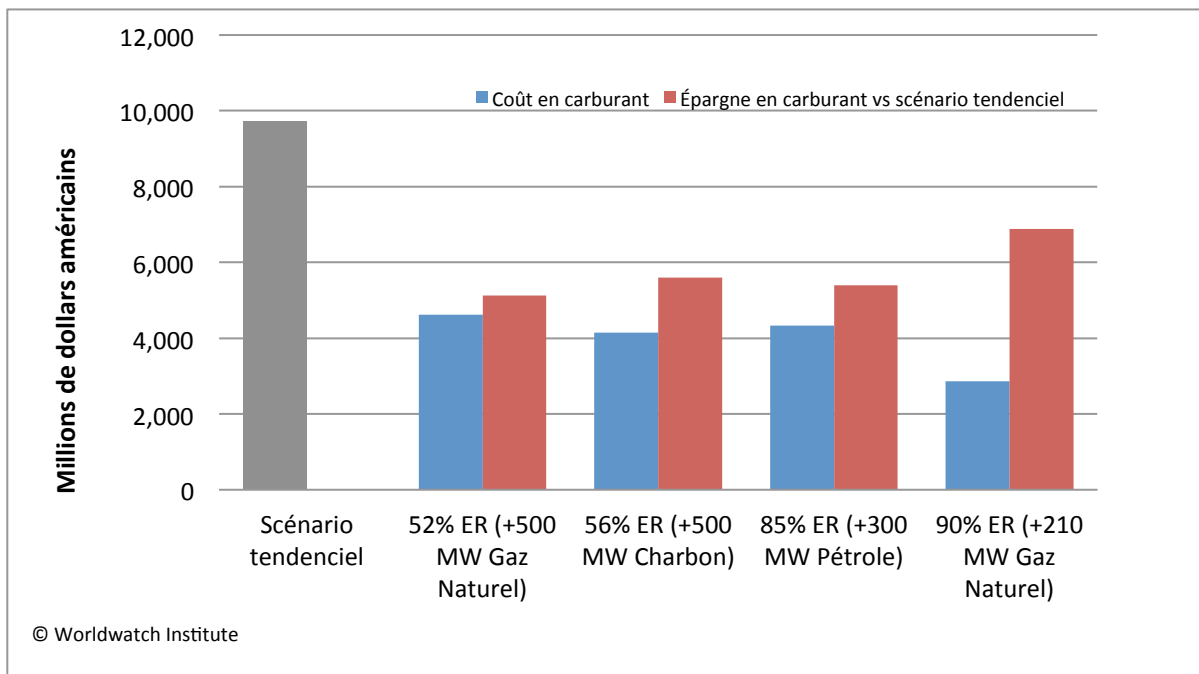
Ces résultats sont susceptibles à des changements dans les coûts des carburants, ce qui peut entraîner des écarts de prix entre les scénarios d'augmentation et de diminution. Cependant, dans l'ensemble, les graphiques montrent qu'une transition accélérée vers les énergies renouvelables est payante. Une plus grande part d'énergies renouvelables a le potentiel de réduire de moitié les coûts actuels du système électrique, et laisse donc la place à des réductions tarifaires pour l'économie et la population haïtienne.

6.4.2 Économiser des milliards sur la réduction de l'importation des carburants fossiles

La conversion du système d'énergie à base de carburant fossile peut permettre à Haïti d'économiser des ressources financières qui peuvent être investies de préférence dans les énergies renouvelables et dans d'autres secteurs économiques en difficulté, et aussi aider à équilibrer le budget. Le pays a dépensé environ 10 % de son PIB en importation de pétrole en 2010.¹⁸ Sans une réforme, ce chiffre tend à augmenter, en raison de l'accroissement des besoins en carburants dans le secteur de l'électricité et diminuant la sécurité énergétique du pays. La demande croissante de l'énergie et l'accroissement des prix des carburants fossiles menacent de devenir un désastre économique et sécuritaire.

Dans le scénario du système traditionnel, les coûts annuels d'importation pour le secteur énergétique tendent à augmenter à US \$1.27 milliards en 2030. Une mutation vers les énergies renouvelables peut réduire considérablement cette dépendance à l'importation à un niveau approximative de US \$223 millions américains annuellement à l'horizon 2030. La figure 6.6 montre les coûts cumulatifs d'importation de carburants fossiles selon les quatre scénarios de transition de Worldwatch. Le graphique montre aussi les économies en coûts de carburant des différents scénarios par rapport au système traditionnel. Les coûts d'importations de combustible dans le scénario du système traditionnel s'élève à US \$9.73 milliard à l'horizon 2030. Une mutation vers les énergies renouvelables peut permettre à Haïti d'économiser environ US \$6.88 milliard en manque à gagner en importation de combustible fossile au cours de la même période. Cette économie tend à augmenter davantage au-delà de l'horizon 2030 évalué dans cette étude.

Figure 6.6. Coûts et économies cumulatifs en combustible d'ici 2030 selon tous les scénarios



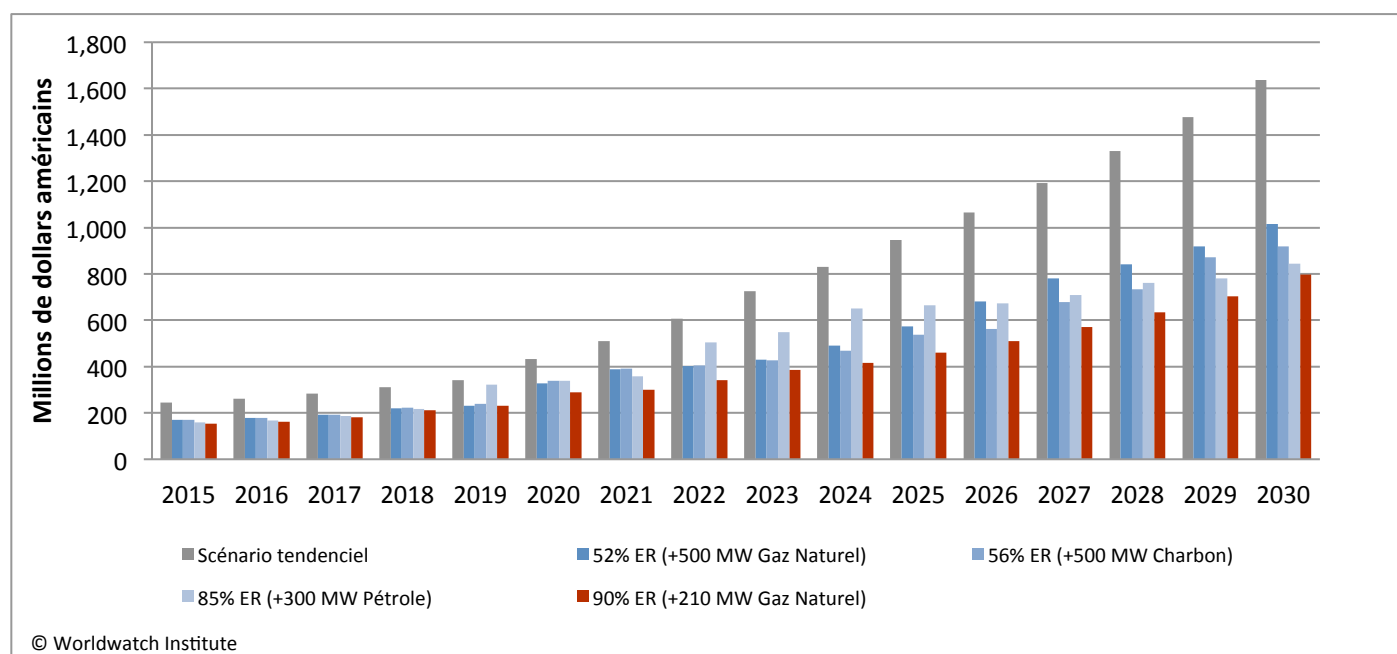
En général, l'analyse illustre les économies énormes qu'Haïti peut réaliser dans le cadre d'une mutation ambitieuse vers les énergies renouvelables. Elle montre aussi que toute augmentation dans la production à base de pétrole, limite considérablement les économies de carburant d'un système à forte pénétration d'énergie renouvelable; par exemple, les coûts en combustible jusqu'à 2030 selon le scénario 3 sont de US \$196 millions plus élevé que ceux du Scénario 2, bien que le Scénario 2 soit d'environ trois fois plus dépendant des carburants fossiles pour la production. Ces résultats peuvent changer, cependant, avec de nouvelles informations concernant la tendance des prix des carburants fossiles. Une révolution continue du gaz de schiste pourrait réduire les prix du gaz naturel au niveau mondial, bien que cela ne modifierait probablement pas l'attraction d'un changement ambitieux pour les énergies renouvelables de manière significatif. Vu les ressources en énergie renouvelable immenses et à bon marché disponibles en Haïti, la diminution de prix du gaz naturel est peu probable de supplanter les énergies renouvelables, mais, elle est susceptible de devenir une alternative plus attractive que le charbon.

6.4.3 Investissement par rapport au coût total de l'électricité : initialement coûteux mais économie à long terme

En analysant l'économie des différentes voies technologiques (voir chapitre 5), il est aussi utile de comparer les besoins totaux d'investissement et le coût total de production de l'électricité. Les besoins d'investissement sont une mesure du capital initial requis pour transformer ou moderniser un système d'énergie. L'analyse du coût total de production d'électricité regarde au-delà des besoins d'investissement et tient aussi compte des coûts d'opération et de maintenance, y compris les coûts en combustible. Contrairement au CCE moyen pour des années spécifiques, l'estimation des coûts totaux d'électricité sont un agrégat du coût de l'électricité sur une période définie.

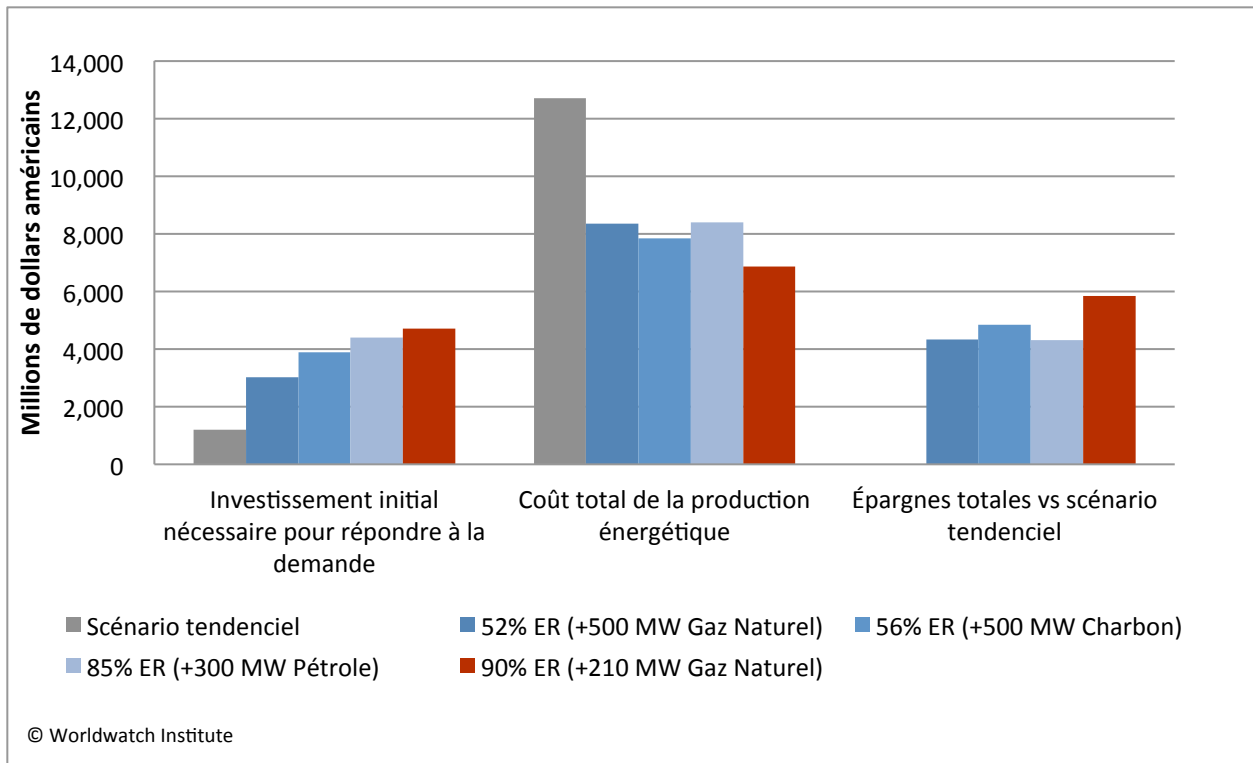
La figure 6.7 illustre qu'en 2030, le total des coûts annuels d'électricité selon le scénario du système traditionnel est plus que le double du Scénario 4. En plus, elle montre qu'en grande partie, dû au coût élevé du pétrole, même les scénarios de coûts élevés des énergies renouvelables qui reposent sur la production pétrolière comme base d'énergie seraient chers. Une plus grande part d'énergie renouvelable avec une préférence pour soit le charbon ou le gaz naturel sur l'énergie à base de pétrole, sont la meilleure façon de maintenir les coûts annuels de production inférieure jusqu'en 2030.

Figure 6.7. Total des coûts annuels de production d'électricité pour chaque scénario



La figure 6.8 montre le total d'investissement cumulé requis pour renforcer les capacités nécessaires dans tous les scénarios. Elle montre aussi le coût total et les économies par rapport au système traditionnel de production d'électricité jusqu'en 2030. L'analyse suppose que l'investissement n'inclut que le coût du capital requis pour répondre à la demande au jour le jour, et ignore les intérêts durant la construction et les éventualités du projet. Le coût de la production d'électricité comprend le coût moyen actualisé de production de l'électricité et a donc les mêmes hypothèses que l'analyse CCE.

Figure 6.8. Investissement total, coût de production et économies à l'horizon 2030 suivant tous les scénarios



La figure 6.8 montre que le scénario du système traditionnel exige l'investissement en capital initial la plus faible mais c'est la forme de production d'électricité la plus chère (US \$4.3 milliard plus chère que le prochain scénario le plus cher, le scénario 3), en raison des coûts élevés du carburant. En général, les scénarios démontrent que la pénétration croissante de l'énergie renouvelable exige un plus grand investissement initial mais rapporte aussi plus d'économies. L'exception à cette règle est le Scénario 3, où une intensification de l'énergie à base de pétrole conduit effectivement à un investissement du capital initial légèrement plus élevé que le système d'énergie renouvelable dans le Scénario 4. Pour construire le scénario de 90 % d'énergie renouvelable, cela nécessiterait un investissement du capital initial d'environ US \$4.71 milliard, près de quatre fois l'investissement du capital initial dans le scénario du système traditionnel

Bien que ces investissements paraissent difficiles, la mise en œuvre d'un système basé en grande partie sur énergie renouvelable, permettrait à Haïti d'économiser sur le long terme US \$5.84 milliard par rapport au système traditionnel. En outre, une part de 90 % d'énergie renouvelable d'ici 2030 se compare favorablement aux scénarios avec une pénétration plus faible des énergies renouvelables. En comparaison au Scénario 3, le Scénario 4 permettrait à Haïti d'économiser US \$1.55 milliard, et en comparaison aux Scénarios 1 et 2, il économiserait US \$1.50 et US \$0.99 milliard respectivement. Après le Scénario 4, le Scénario 2 est la seconde option la plus économique, démontrant comment le charbon peut limiter les coûts de façon plus efficace que les autres carburants fossiles en Haïti. Si les coûts de la pollution locale étaient internalisés dans cette évaluation, le Scénario 1 deviendrait facilement la seconde option la plus économique puisque le gaz naturel a moins d'impacts environnementaux que ni le charbon ni le pétrole.

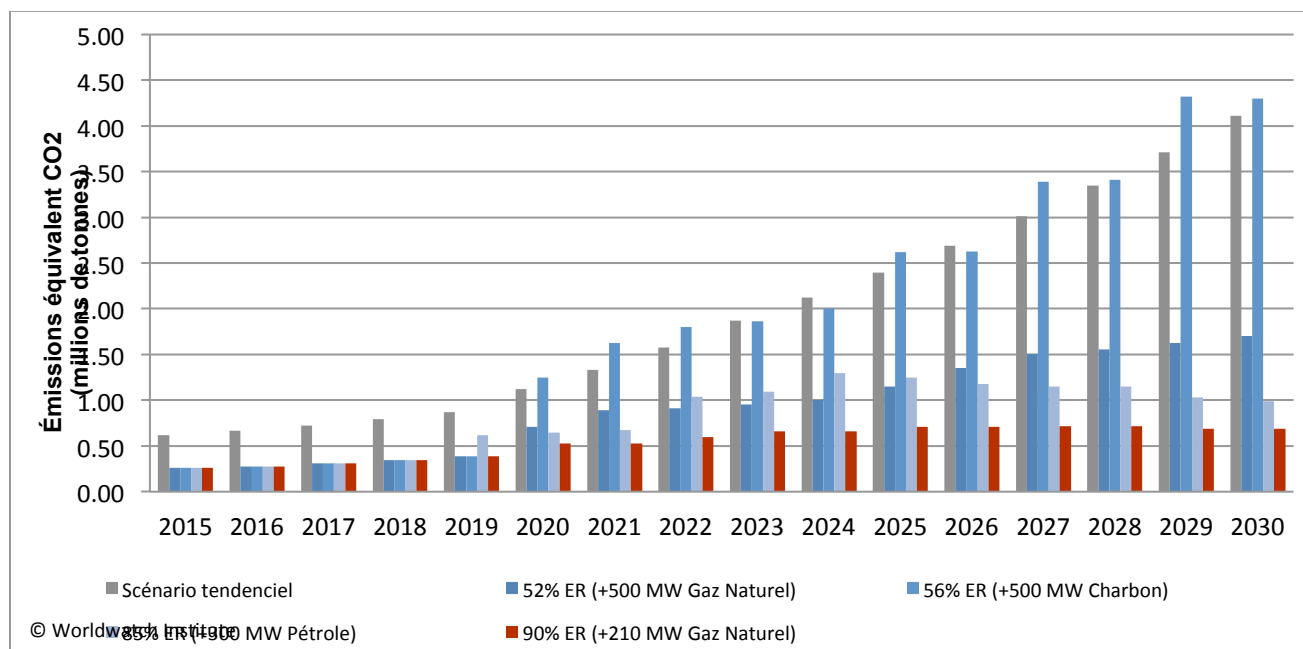
Étant donné que les centrales d'énergie solaire et éolienne évoluent, progressivement, plus de marchés sont en train d'être desservis. Un nombre croissant de pays en développement tels que le Kenya, le

Maroc et l'Afrique du Sud attirent des financements pour les énergies renouvelables pour des montants de plus en plus élevés.¹⁹ Le développement d'un climat d'investissement similaire pourrait mettre Haïti sur la voie d'un secteur énergétique propre. Les investisseurs recherchent de plus en plus d'occasions dans les pays en développement avec de bonnes ressources naturelles et des politiques environnementales stables. Il est du ressort des décideurs locaux d'aider à attirer les ressources financières nécessaires pour une transformation réussie du secteur de l'électricité d'Haïti. Les chapitres 7 et 8 explorent comment Haïti peut accéder à plus de financements et quels politiques-cadres sont utiles pour attirer des investisseurs nationaux et internationaux

6.4.4 Réduction des émissions de gaz à effet de serre

Répondre à la demande de l'électricité avec une dépendance continue sur les sources d'énergies conventionnelles, augmentera les émissions de gaz à effet de serre d'Haïti considérablement. La transition vers une plus grande part d'énergie renouvelable augmentera aussi les émissions annuelles du secteur d'électricité comparé à aujourd'hui (voir la figure 6.9), ce qui n'est pas surprenant en considérant qu'Haïti devrait générer 10 fois plus d'énergie en 2030 qu'aujourd'hui. (Voir chapitre 5.) Parmi les quatre scénarios de transition, le Scénario 4 aboutit cependant à un moindre niveau d'émission annuel, ou environ l'équivalent de 0.69 million de tonnes de CO₂ d'ici 2030. Les émissions selon le système traditionnel sont six fois plus élevées que les émissions selon le Scénario 4 d'ici 2030, alors que selon le Scénario 2, les émissions sont plus élevées même que celles du système traditionnel en raison de sa dépendance au charbon.

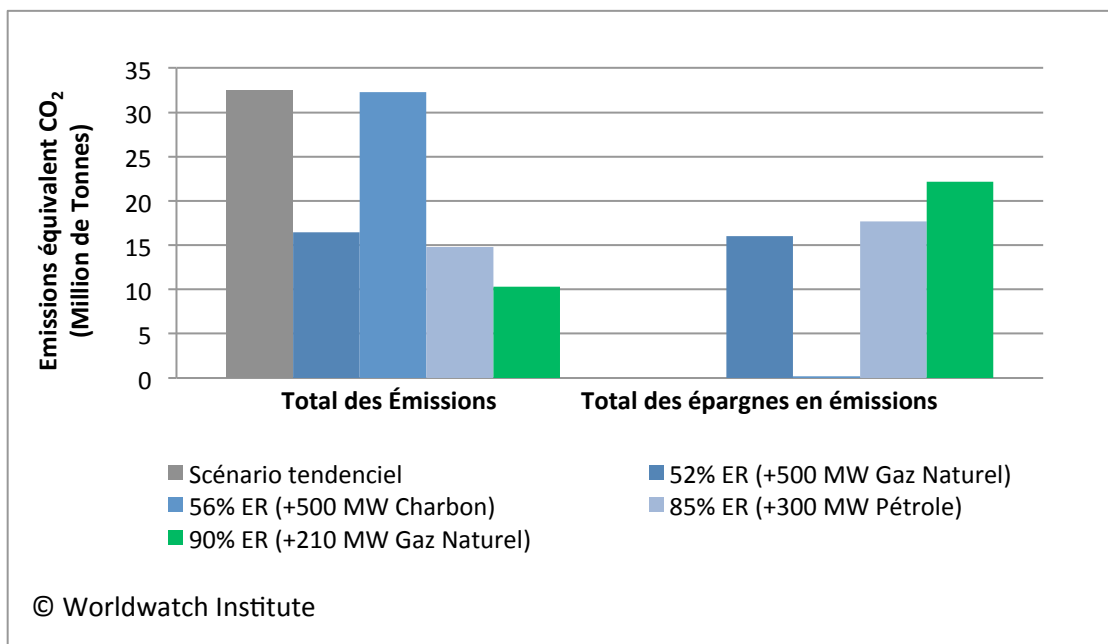
Figure 6.9. Projection des émissions annuelles de gaz à effet de serre pour tous les scénarios, 2015–2030



La figure 6.10 montre la projection d'émissions de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, et CH₄) liées au secteur de l'électricité pour les différents scénarios. Le scénario 4 a le niveau d'émissions le plus bas par rapport au système traditionnel et peut économiser environ l'équivalent de 22.2 millions de tonnes de CO₂ d'ici 2030. Les réserves d'émissions pour les Scénarios 1 et 3 par rapport au système traditionnel s'élèvent à l'équivalent de plus de 16 millions de tonnes de CO₂ d'ici 2030. Le scénario 2, en dépit de sa part élevée

d'énergie renouvelable de 56 %, aboutit à des réserves d'émissions négligeables de 0.18 tonnes d'équivalent de CO₂ d'ici 2030 en raison de sa dépendance à la production au charbon.

Figure 6.10. Émissions cumulées d'équivalent CO₂ à l'horizon 2030 selon tous les scénarios



Ces résultats illustrent le rôle du charbon et moins de la production à base de pétrole, dans l'impulsion de l'augmentation d'émission. Par exemple, les projections d'émissions pour le Scénario 2 sont à peu près aussi élevées que celles du scénario du système traditionnel en dépit d'une part beaucoup plus élevée d'énergie renouvelable. En outre, les résultats du Scénario 3 montrent qu'une part de 85 % d'énergies renouvelables avec une augmentation de la production à base de pétrole conduisent à des émissions considérablement plus élevées qu'un scénario similaire de pénétration d'énergie renouvelable (Scénario 4 à 90 %) qui a une capacité additionnelle de gaz naturel. De même, en dépit du fait d'avoir une plus grande part d'énergie renouvelable de 56 %, les émissions du Scénario 3 dépassent le Scénario 1 (gaz naturel) de 1.65 millions de tonnes équivalent de CO₂ d'ici 2030 en raison de l'augmentation de la production à base de pétrole du Scénario 3.

Cette analyse ne tient compte que des émissions produites dans le cadre de la production. Le développement de la technologie des énergies renouvelables tel que le développement des carburants fossiles et des ressources d'extraction, conduisent à des émissions de gaz à effet de serre. Bien que les chiffres de ces émissions ont été exclus de cette étude en raison des contraintes de temps et de ressources, on considère que leur inclusion aiderait l'argument uniquement pour des plusieurs sources d'énergies renouvelables.

6.4.5 Création d'emplois

Un avantage tangible de l'investissement dans les énergies renouvelables est la création de nouveaux emplois. Les nouveaux emplois peuvent inclure des emplois directs dans l'activité principale du secteur énergétique, des emplois indirects dans des secteurs qui approvisionnent l'industrie de l'énergie, et

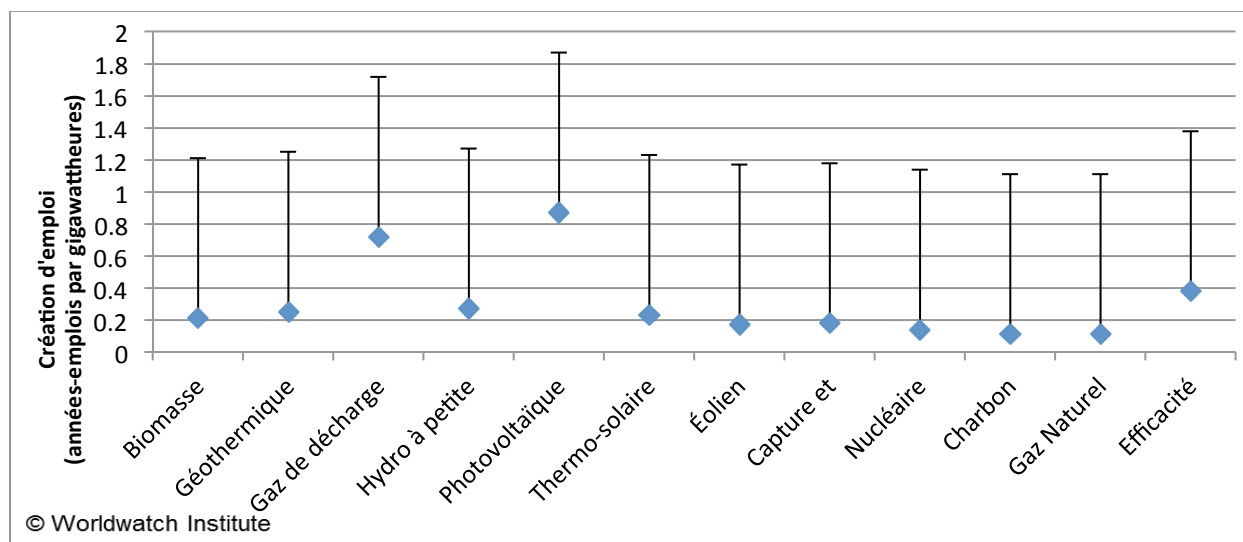
amènent d'autres emplois qui sont créés quand la richesse générée par le secteur énergétique est dépensée dans d'autres secteurs de l'économie.²⁰

Les emplois directs dans les projets de production d'électricité sont généralement divisés en deux catégories : la construction, l'installation et la fabrication (CIF); et les opérations et la maintenance (O&M).²¹ (Voir la figure 6.11.) Les emplois CIF sont généralement concentrés dans les premières années d'établissement d'une installation énergétique, alors que la plupart des emplois O&M existent durant la durée de vie de l'installation. Pour évaluer la création d'emplois à long terme, les emplois CIF peuvent s'étendre en moyenne sur la durée de vie des nouveaux projets. En général, les centrales d'énergie renouvelable sont plutôt des usines à intensité de main d'œuvre que des centrales énergétiques conventionnelles.²² (Voir la figure 6.12.)

Figure 6.11. Emplois directs dans la chaîne de valeur du cycle de vie des centrales électriques



Figure 6.12. Estimation de création d'emploi mondiale pour diverses sources de production d'énergie

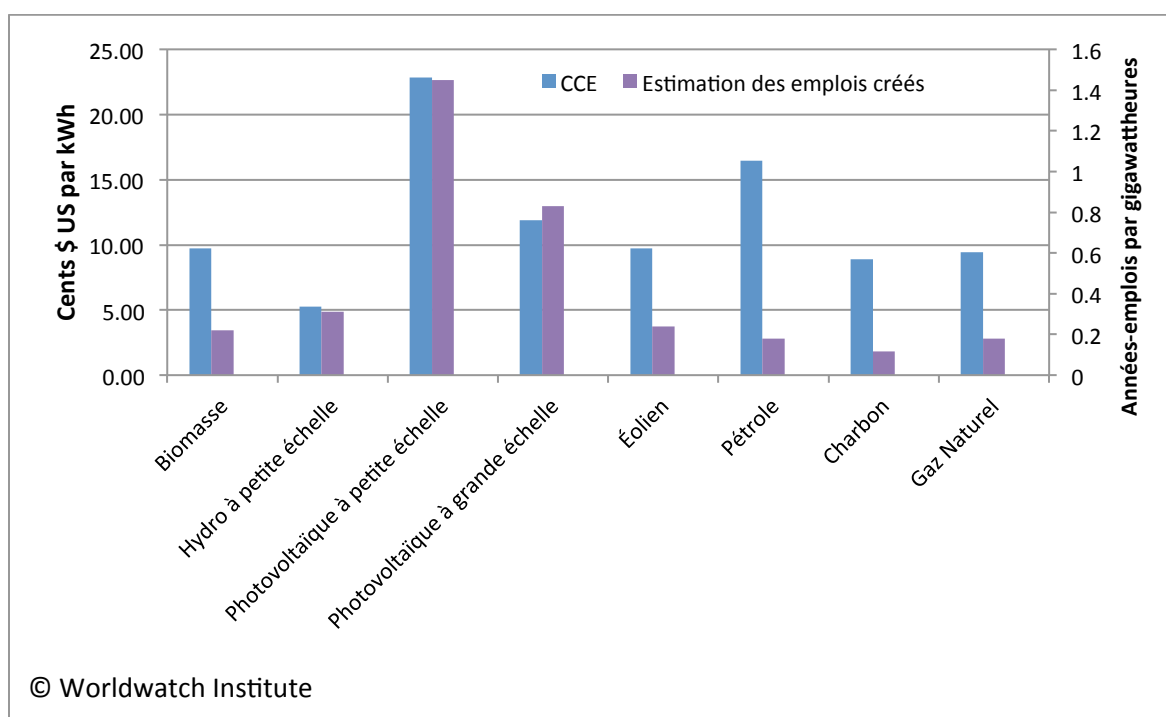


Les occasions d'emplois directs et indirects sont plus difficiles d'être quantifiés et sont par contre exclus de l'analyse qui suit. Néanmoins, elles peuvent être importantes. Les emplois indirects sont des positions créés tout au long de la chaîne d'approvisionnement de la demande accrue de matériels et des composants requis pour l'équipement énergétique. Les emplois stimulés sont des emplois créés par le fait que les salaires gagnés dans les emplois directs et indirects dans la chaîne d'approvisionnement des énergies renouvelables sont ensuite dépensés dans une gamme de produits et services dans l'économie

en général. Les dépenses croissantes des emplois des énergies renouvelables créent et soutiennent des emplois stimulés. En plus, l'accès fiable et à un prix raisonnable à l'énergie permettent de nouveaux investissements dans de nouvelles entreprises locales, qui amènent des revenus supplémentaires, des ressources financières et des emplois.

La figure 6.13 compare l'estimation de création d'emploi des différentes technologies de production d'énergie avec le CCE pour chaque technologie examinée. L'énergie éolienne et l'hydro énergie ne sont pas seulement moins chers que le charbon et gaz naturel, mais créent aussi plus d'emplois par GWh de production. L'énergie solaire PH est un peu plus cher que les autres technologies d'énergie renouvelables mais a le potentiel de créer le plus grand nombre d'emplois. La biomasse a aussi le potentiel de créer plus d'emplois que ni le charbon, ni le gaz naturel.

Figure 6.13. CCE et estimations de création d'emplois pour diverses sources de production d'énergie



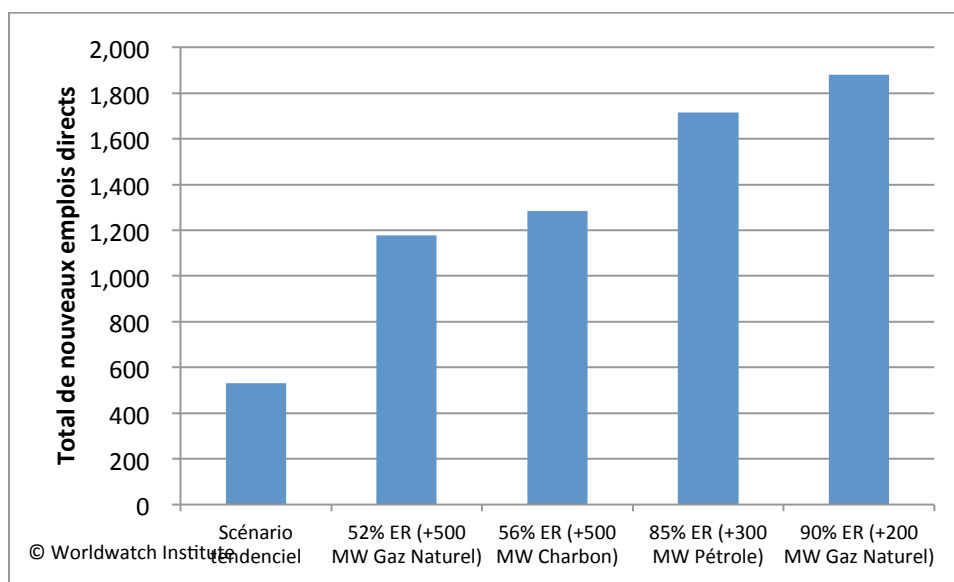
Pour évaluer les impacts sur l'emploi des différents scénarios, nous avons utilisés une méthodologie simple mais approfondi développé par Wei, Patadia et Kammen (WPK) pour évaluer la quantité d'emplois créés en Haïti selon la demande d'électricité et la composition de la production mixte.²³ Le modèle provient d'une méta-analyse des études de la création de 15 emplois, qui rapporte les emplois dans un secteur énergétique spécifique en utilisant une approche descendante et ascendante. À partir de cette méta-analyse, le modèle produit des multiplicateurs de nouveaux emplois par unité d'énergie produite qui peuvent être appliqués à un scénario d'électricité avec une production mixte spécifiée.

Il est important de noter que ces hypothèses du modèle WPK peuvent amener à des incertitudes dans les estimations de création d'emplois. Par le fait que le modèle suppose que la transmission et la distribution sont incertaines, les répercussions sur l'emploi dans le développement de lignes de transmissions et des oléoducs ne sont pas prises en compte. La fuite des importations peut conduire à la diminution de l'emploi local mais elle n'est pas prise en compte. En plus, l'amélioration des technologies

et des produits peuvent permettre de réduire les exigences d'emploi mais ne sont pas comptabilisés dans le modèle.

Nous avons appliqué le modèle WPK aux voies technologiques élaborées dans le chapitre 5 pour déterminer le nombre cumulatif d'emplois locaux (emplois qui sont créés en Haïti) créés à l'horizon de 2030 dans chaque scénario. (Voir la figure 6.14.) Le scénario du système traditionnel crée le niveau d'emploi le plus faible parce que le système d'électricité actuel n'est pas un système à forte intensité de main d'œuvre. Étant donné que la part des énergies renouvelables dans le système d'électricité augmente, le niveau de l'emploi augmente avec l'utilisation croissante des technologies de main d'œuvre. Dans le Scénario 4, avec une pénétration des énergies renouvelables de 90 %, Haïti a l'occasion de créer 1870 nouveaux emplois dans le secteur de l'électricité, 1340 de plus qu'avec le système traditionnel. Considérant le taux de chômage actuel de 40.6 %, ceux-ci sont des emplois additionnels précieux qui ne viennent avec aucun coût supplémentaire.²⁴

Figure 6.14. Total d'emplois créés d'ici 2030 selon tous les scénarios



Le développement des énergies renouvelables offre à Haïti des occasions d'emplois prometteurs et une alternative au transfert de sa richesse hors du pays pour payer les importations de carburants fossiles. Il est important de noter cependant, que la plupart des emplois locaux initiaux provenant des énergies renouvelables seront créés dans l'installation et dans les opérations et maintenance. Pour capturer des occasions d'emplois supplémentaires à partir des énergies renouvelables, Haïti aura besoin d'investir dans la capacité de construction, principalement en développant sa base de fabrication nationale pour favoriser la production d'énergies renouvelables et la formation d'une main d'œuvre qualifiée pour installer, exploiter et maintenir les nouvelles installations. Le succès de la Barbade dans la fabrication de chauffe-eau solaires pour la l'utilisation domestique et l'exportation dans la Caraïbe est une histoire à succès que Haïti pourrait imiter en cela et pour d'autres technologies.

6.4.6 Impact sur les secteurs économiques

Des recherches plus poussées sont nécessaires pour comprendre le risque économique que la pollution locale et le changement climatique pose aux différents secteurs économiques d'Haïti. Une telle

évaluation va au-delà du champ de cette étude mais serait très perspicace vu la vulnérabilité du pays aux désastres environnementaux et sa dépendance croissante sur le tourisme comme industrie chef de file. En général, les impacts de la pollution et le changement climatique en Haïti seront probablement plus élevé que ceux discutés dans ce chapitre. Ceci est dû principalement au fait que le pays est une nation insulaire à risque environnemental : selon l'Indice de Vulnérabilité Environnementale, Haïti est « hautement vulnérable » en raison de sa sensibilité aux risques qui incluent les événements météorologiques, les événements géologiques, les événements d'origine humaine, le changement climatique et la hausse du niveau de la mer.²⁵

6.5 Conclusion

Le cas économique en faveur d'une transition vers un système électrique qui est basé en grande partie sur les énergies renouvelables, est difficile en Haïti. Il offre au pays une chance de diminuer la dette du secteur énergétique, facturer des prix de l'électricité qui couvrent les coûts de production, épargner les ressources rares sur les importations de carburants fossiles, réduire son déficit commercial, augmenté la sécurité énergétique, et diminuer les émissions de gaz à effet de serre et la pollution locale à des coûts négatifs. En moyenne, les énergies renouvelables en Haïti coûtent déjà moins que l'énergie conventionnelle, spécialement par rapport au système à base de pétrole d'aujourd'hui. L'énergie éolienne et l'hydro énergie sont des solutions de production compétitives actuellement, et l'énergie solaire deviendra, avec le temps, la seconde source d'électricité derrière l'hydro énergie si Haïti peut faire usage des courbes d'apprentissage et des économies d'échelle.

L'évaluation de l'accroissement des coûts environnementaux associés à la production de l'électricité permettent de penser aux nouveaux paradigmes qui rendent les coûts sociétaux de production plus transparents. Nos scénarios démontrent que les centrales de charbon seraient des plus préjudiciables à la santé humaine et à l'environnement. Les coûts de la pollution locale à elle seule, constitue le double des coûts de l'énergie au charbon. Et dès que la pollution locale et le changement climatique sont comptabilisés, générer 1 kWh d'énergie éolienne est d'environ moins d'un tiers du coût de production des centrales de charbon, environ un quart des génératrices de diesel, et près d'un cinquième des turbines à combustion de pétrole lourd. L'énergie solaire photovoltaïque est moins chère que toutes les énergies conventionnelles : elle est de 7 centimes U.S. par kWh moins cher que la production au cycle combiné au gaz naturel et plus de 24 centimes U.S. moins que la production de l'énergie au charbon.

Tenant compte de ces puissants arguments en faveur d'une transition vers les énergies renouvelables, un recours continue aux carburants fossiles, particulièrement le pétrole, ne serait pas conseillé. Le gouvernement haïtien devrait par conséquent être encouragé à développer un plan plus ambitieux pour reconstruire le secteur électrique du pays basé sur les énergies renouvelables.

Une évaluation des avantages macro-économiques comparatifs des différents scénarios de Worldwatch vers un secteur électrique plus durable, souligne l'importance de ce changement. Faire la transition vers un système électrique alimenté par 90 % d'énergies renouvelables peut diminuer les coûts moyens de production d'environ \$15 centimes US par kWh d'ici 2030 par rapport au système traditionnel. Une telle transition peut aussi créer environ 1870 nouveaux emplois et maintenir des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur énergétique en dessous de 0.7 millions de tonnes équivalent de CO₂ par an. Bien qu'une expansion accélérée des énergies renouvelables exigent des investissements initiaux plus élevés, elle diminue le coût total de production de l'électricité et peut permettre à Haïti d'économiser environ

US \$5.84 d'ici 2030, libérant les fonds publics pour être dépensés dans des préoccupations sociales et économiques plus urgentes.

En résumé, Worldwatch recommande à Haïti de poursuivre une expansion de l'électricité semblable au Scénario 4, qui repose sur l'ajout d'une faible quantité de gaz naturel à côté des énergies renouvelables pour atteindre une pénétration de 90 % d'énergies renouvelables d'ici 2030. Si Haïti étend sa capacité de combustible fossiles installée en plus de sa capacité des énergies renouvelables, Worldwatch recommande qu'il abandonne la production à base de pétrole. Et, bien que la production au charbon puisse réduire les subventions à l'importation des carburants fossiles d'Haïti de manière considérable, les impacts du charbon sur la pollution locale et le changement climatique en font une option moins attrayante que le gaz naturel.

7 Surmonter les obstacles au financement de l'énergie durable en Haïti

Principaux résultats

- Les investissements dans les énergies durables ne se déroulent pas en vase clos. L'un des principaux défis en Haïti est l'hésitation à investir dans un pays perçu comme fragile. Une infrastructure nationale limitée, des contestations de propriétés, et une histoire d'instabilité politique, d'insécurité, et de catastrophes naturelles ont contribué à un classement d'investissement très faible.
- Les quelques projets d'énergies durables en Haïti sont le résultat de l'aide et des dons étrangers, reflétant le climat d'investissement peu attrayant pour ces technologies.
- Les investissements dans les énergies durables ne se font pas dans le vide. L'un des plus grands défis en Haïti est l'hésitation à investir dans un pays qui est perçu comme fragile. Des infrastructures nationales limitées, la propriété foncière contestée et une histoire d'instabilité politique, l'insécurité et les désastres naturels ont contribué à des classements à l'investissement très bas.
- La balance limitée des investissements et des profits dans les projets d'énergie durable—particulièrement des solutions décentralisées, à petite échelle—les rend peu attrayant auprès de beaucoup d'investisseurs. Créer des économies d'échelle en regroupant des projets, peut rendre les énergies durables plus attrayantes.
- Un manque de capacité des banques commerciales en Haïti continue d'entraver le financement national pour des projets énergétiques, particulièrement dans les énergies durables. Les taux d'intérêt élevés et le manque de prêts à long terme représentent un obstacle majeur pour le financement des projets d'énergie durable. Le renforcement des ressources humaines et des programmes de prêts bien conçus doivent cheminer ensemble pour être en mesure de soutenir les investisseurs intéressés. Des mécanismes tels que des assurances de prêts pourraient créer un climat d'investissement plus stable.
- Le recouvrement des génératrices par voie de tarifs d'électricité justes et avec moins de pertes de transmission et de distribution peut augmenter la qualité du service énergétique et encourage d'investissements dans les projets d'énergie durable.
- La mise en œuvre de modèles d'entreprise fonctionnels pour l'électrification rurale sera essentielle à la mise en place d'un système énergétique durable en Haïti. Plusieurs modèles d'entreprise ont fait leurs preuves à l'échelle internationale au niveau de la création et de la gestion de mini-réseaux, et ils pourraient servir d'exemples importants au pays.
- Les institutions de microfinance existent mais elles doivent être adaptées au secteur de l'énergie durable. Des partenariats avec des organisations financières qui ont de l'expérience dans les énergies durables pourraient fournir du soutien financier, technique et humain aux institutions de microfinance en Haïti.
- L'assistance au développement conventionnel ciblent de plus en plus les énergies durables. Haïti devrait orienter ces ressources ainsi que les fonds de relance inutilisés après le tremblement de terre pour établir des programmes d'énergie durable.
- Les économies provenant du fond PetroCaribe pourraient être utilisés pour fournir des prêts à long terme à un faible taux d'intérêt pour des projets d'énergie durable.

- Le financement du climatique a le potentiel de fournir du support important pour la transition vers l'énergie durable d'Haïti. Un tel financement peut aussi remplacer les garanties souveraines comme une forme de sécurité d'investissement pour diminuer le risque pour les investisseurs potentiels
- D'autres occasions de financement peuvent être les envois de fonds qui sont mis en commun pour financer de plus gros projets.

Ce chapitre examine le climat d'investissement difficile en Haïti mais souligne aussi les facilitateurs et les sources créatives de financement sur lequel le pays peut compter pour financer les projets d'énergie durable. Haïti a un environnement économique difficile, et ceci, a empêché de manière historique les promoteurs et les investisseurs à être plus actifs dans le pays.

En dépit de ces obstacles à l'investissement, Haïti a un potentiel économique et technique important pour les énergies renouvelables. L'analyse du potentiel en énergie renouvelable du pays montre que seulement six kilomètres carrés de panneaux solaires photovoltaïques pourraient produire autant d'électricité que produit Haïti actuellement. (Voir le chapitre 3.) Entre temps, le CCE et les analyses des scénarios démontrent que les économies de coûts et d'autres avantages économiques, environnementaux et sociaux qu'Haïti peut réaliser en faisant la transition vers les systèmes d'énergie durable. (Voir le chapitre 6.) Les résultats de la modélisation montrent que pour atteindre 90 % de production d'électricité renouvelable d'ici 2030, cela nécessiterait moins de US \$6.85 milliards en investissement de 2013 à 2030 et permettrait à Haïti d'épargner environ US \$5.84 milliards par rapport à des niveaux de développement similaires selon le système traditionnel.

Au niveau mondial, US \$244 ont été investis dans les énergies renouvelables et les combustibles en 2012.¹ Bien que l'Amérique (sauf le Brésil et les États-Unis) représentent toujours une part relativement faible des investissements mondiaux, les investissements régionaux cette année ont augmenté de US \$1,2 milliard pour atteindre US \$9.5 milliards.² Le plus impressionnant peut être, cette augmentation est venue dans une année marquée par de fortes baisses dans les principaux marchés tels que le Brésil, l'Europe, l'Inde et les États-Unis. Cependant, Haïti n'a vu pratiquement aucun investissement dans les énergies renouvelables au cours de la dernière décennie. À part les investissements dans les centrales hydro électriques modernisant la centrale hydro énergétique de Péligre, un seul prêt important a été attribué à une entreprise ou projet d'énergie renouvelable : Le prêt de US \$100,000 de Fonkoze à ENERSA, une compagnie de fabrication de produits solaires basée à Port-au-Prince.³

Presque tous les projets de développement en Haïti—sous forme de technologie solaire PV à petite échelle et d'hydro énergie—ont été rendus possible grâce au travail des organisations non gouvernementales, à l'aide étrangère et aux dons, reflétant le climat d'investissement peu attrayant pour ces technologies. Quoique c'est un signe positif que les technologies renouvelables commencent à entrer sur le marché, les quelques entreprises d'énergie renouvelable qui existent en Haïti font face à des défis concurrentiels à un niveau entrepreneurial avec ces dons.⁴ Le pays a des potentiels énormes pour le développement des énergies renouvelables, et les promoteurs de projets et les décideurs peuvent prendre les mesures clés pour encourager le financement de projets d'énergie renouvelable rentables.

La capacité des banques haïtiennes de fournir le financement de l'énergie durable est faible. Des efforts doivent être faits pour renforcer la capacité des banques nationales à financer les projets d'énergie renouvelable. En même temps, le manque de connaissance sur les mécanismes de financement des

projets d'énergie renouvelable disponible peut constituer un obstacle majeur aux projets de développement, et l'éducation et la sensibilisation supplémentaire sont nécessaires pour informer les promoteurs de projets d'énergie sur les avancées positives en matière de financement disponibles. En plus, L'augmentation de la récupération des montants tarifaires, la diminution des pertes et la création de structures tarifaires peut soulager les préoccupations concernant l'investissement dans l'énergie durable en Haïti.

La finance internationale a un rôle important à jouer dans le soutien du développement dans l'énergie durable en Haïti, spécialement sur le court terme. Par le fait que le pays est considéré actuellement comme un pays à risque pour le développement à la suite de ses piètres indices sur la « facilité de faire des affaires », pour attirer la finance internationale dans ce secteur, il sera essentiel de réduire les obstacles à l'économie d'échelle dans le regroupement de projets et en mettant en place des mesures de gestion de risques telles que des garanties souveraines pour les projets d'énergie renouvelable. L'aide internationale, y compris la finance climatique peut aider à appuyer les marchés de l'énergie durable d'Haïti par des projets individuels ainsi que le développement et la mise en œuvre des politiques de soutien à l'énergie durable. Enfin, le soutien des petites et moyennes entreprises (PME) et la création de moyens innovants pour financer et exécuter des programmes d'électrification rurale tels que des mini-réseaux peuvent améliorer les services énergétiques tout en renforçant l'économie haïtienne.

Il est important de garder à l'esprit qu'Haïti est encore un marché axé sur les politiques. En conséquence, quoique ce chapitre soit axé sur les moyens de promouvoir l'énergie durable par les institutions financières, de nombreux obstacles à l'investissement seront résolus plus efficacement par des mécanismes politiques et régulateurs. (Voir le chapitre 8.)

7.1 Risques d'investissement sous-jacents en Haïti

Les investissements dans les énergies durables ne se font pas dans le vide. L'un des défis majeurs dont fait face Haïti, est l'hésitation générale à faire des investissements dans un pays perçu comme fragile. Au cours des dernières années, Haïti a fait des progrès dans l'amélioration de son cadre légal, en renforçant les institutions compétentes, et en améliorant la gouvernance économique. L'attention internationale accrue à la suite du tremblement de terre de 2010 et le programme ouvert aux affaires de l'administration du Président Martelly ont aidé à inciter l'intérêt chez les investisseurs étrangers. Pourtant, bien que les avantages économiques, environnementaux et sociaux pour l'investissement dans les énergies renouvelables soient trop importants pour être ignorés, beaucoup de défis restent à relever. Haïti reste l'un des pays les plus difficiles à faire des affaires au monde, et de nombreux facteurs interconnectés augmente les risques perçus chez les investisseurs potentiels. Celles-ci comprennent :

7.1.1 Le manque d'infrastructures nationales adéquates

Le tremblement de terre de 2010 a entraîné des dommages estimés à US \$4.3 milliard en actifs physiques y compris des routes, des ponts, des ports et des aéroports—qui étaient tous limités même avant le désastre.⁵ De telles infrastructures sont nécessaires à l'importation et le transport des technologies et des composants des produits de l'énergie durable, particulièrement les turbines éoliennes. Les infrastructures sanitaires sont aussi pauvres et inadéquates dans la plupart des régions du pays, présentant des préoccupations aux visiteurs potentiels d'Haïti.⁶ La mauvaise condition des infrastructures énergétiques existantes constitue un défi additionnel : les pannes de courant répétées

réduisent la production des projets liés au réseau, ce qui constitue un risque pour les investisseurs potentiels.⁷

7.1.2 Droits de propriété non-définis

Les compagnies qui cherchent à avoir accès à un terrain pour le développement de projets font face à des difficultés importantes. La propriété et le contrôle des terres ont été longtemps controversés, perturbés continuellement par l'instabilité politique et utilisés historiquement par plusieurs parties pour exercer le pouvoir.⁸ Au moment du tremblement de terre de 2010, l'agence gouvernementale responsable de superviser l'enregistrement des terres avait un budget opérationnel annuel de seulement USD 130,000 et pouvait comptabiliser moins de 5 % du territoire du pays.⁹ La plupart des documents officiels qui existaient, conservés dans des dossiers manuscrits, ont été détruits lorsque l'administration centrale des impôts s'est effondrée dans le tremblement de terre.¹⁰

Cette incertitude laisse les potentiels promoteurs de projets d'énergie face à la perspective d'un processus long et probablement controversé pour acquérir les droits d'accès. Le besoin de réformer le système des droits fonciers en Haïti a attiré un regain d'intérêt sur l'après séisme en raison des défis posés pour la relocation et la récupération, et le président Martelly a fait de la réforme et la modernisation du système une priorité, en notant qu'en plus de nuire aux citoyens, l'incertitude « paralyse » les investisseurs.¹¹ Bien que son administration vise à résoudre les problèmes liés au manque d'accès aux dossiers, aux enquêtes, et titres de propriétés fonciers, ces problèmes ne sont pas encore résolus.¹²

7.1.3 Instabilité politique fréquente

L'histoire de l'instabilité politique d'Haïti sert aussi d'obstacle aux investisseurs qui hésite de s'engager dans le financement de projets à long terme dans un climat incertain. La stabilité politique a été identifiée comme un prérequis pour solutionner les problèmes discutés ci-dessus, ainsi que d'autres facteurs qui découragent l'investissement, y compris les problèmes de sécurité et le manque de transparence.¹³ Dans le secteur de l'énergie renouvelable, la stabilité politique le rend possible de mettre en œuvre et de maintenir des politiques à long terme, de rassurer les investisseurs qu'ils vont fonctionner suivant des régulations et incitations prévisibles et stables.

7.1.4 Risque de catastrophe naturelles

Le risque de catastrophes naturelles est énorme en Haïti. Même avant le tremblement de terre de 2010, le pays est classé en 5e position au niveau mondial dans la part de ses populations à haut risque de mortalité provenant de diverses catastrophes naturelles (96.5 %).¹⁴ Haïti est l'un des pays les plus exposés aux catastrophes de la Caraïbe, avec des risques élevés de vents, d'inondations, de glissements de terrain et de tremblement de terre violents. Le taux de déforestation élevé du pays (98 %) amplifie simplement ces risques et peut transformer des orages de taille modérés en inondations.¹⁵ Les peuplements d'Haïti dans les zones et les plaines inondables basses, contribuent à sa vulnérabilité.

En 2008, la Tempête Tropicale Fay et les Cyclones Gustave, Hannah, et Ike ont frappé Haïti sur une période de trois semaines, causant des pertes équivalent à 15 % du PIB du pays.¹⁶ Une étude de Germanwatch en 2012, a révélé qu'Haïti fait partie des trois pays les plus touchés par des événements météorologiques extrêmes entre 1993 et 2012, soumis à 60 événements météorologiques extrêmes durant cette période.¹⁷ La même étude a classé Haïti comme le seul pays le plus touché en 2012, dû en

grande partie au Cyclone Sandy qui a coûté au pays plus de USD 750 million en pertes économiques (environ 10 % du PIB).¹⁸

7.1.5 Risques de sécurité

La sécurité demeure une préoccupation pour les investisseurs potentiels et les visiteurs en Haïti, bien que la situation se soit améliorée au cours des dernières années. Se référant au « mauvais état du réseau d'intervention d'urgence d'Haïti », le Département d'État des États-Unis a prié les visiteurs d'utiliser de prudence, quoiqu'il ait rétrogradé sa « mise en garde aux visiteurs » au cours de l'année dernière.¹⁹ Bien qu'il subsiste un risque de crimes violents et de vols, les cas d'homicide et de kidnapping ont diminué de 2012 à 2013 et la MINUSTAH signale une diminution de l'agitation civile et de crimes graves, ainsi qu'une amélioration de la performance de la Police Nationale d'Haïti.²⁰

7.1.6 Climat général d'investissement

Bien que les investissements dans les énergies renouvelables se diversifient continuellement dans le monde, les investissements suivent typiquement le climat d'investissement général dans le secteur dans un pays donné, qui à son tour, reflète les facteurs décrits ci-dessus. En général, le climat fiscal haïtien en général peut poser un problème dans l'attraction des investissements dans le secteur de l'énergie renouvelable.

Le climat d'affaire d'un pays a des impacts sur l'ensemble de l'économie, affectant le coût du capital, le coût des biens et des services et à leur tour, influencent les décisions des investisseurs. Selon le rapport *Doing Business 2014* de la Société Financière Internationale, les notes d'Haïti sont basses dans les classements internationaux pour « créer une entreprise » (187e sur 189 pays) et « facilité de faire des affaires » (177e), dû en grande partie par le manque de crédit disponible, capacité faible de résoudre la solvabilité, faible protection des investisseurs, et barrières bureaucratiques liées à l'enregistrement de propriété, le paiement des impôts, et l'exécution des contrats.²¹ Le Forum Économique Mondial, de son côté, classe Haïti 143e sur 148 pays dans son Indice de Compétitivité Mondiale.²² (Voir tableau 7.1.)

Tableau 7.1. Indicateurs de sélection des entreprises et de compétitivité économique pour Haïti

Classement « Doing Business » (sur 185 pays)	177
▪ Exécution des contrats	96
▪ Octroi de permis de construction	141
▪ Octroi de crédit	165
▪ Résolution d'insolvabilité	189
▪ Protection des investisseurs	170
▪ Création d'une entreprise	187
Classements de l'indice de la compétitivité mondiale (sur 144 pays)	143
▪ Environnement macroéconomique	105
▪ Qualité de l'approvisionnement en électricité	137
▪ Estimation de crédit du pays	144
▪ Développement du marché financier	142
▪ Institutions	146
▪ Infrastructure	142

Note : Dans les deux classements, une note plus proche de 1 indique des conditions plus favorables.

Source : Voir Note 22 pour ce chapitre.

Les problèmes économiques et énergétiques sont souvent interconnectés. Bien qu'il ait été démontré que le climat d'investissement général d'un pays affecte l'attractivité financière du secteur énergétique, les conditions du secteur énergétique et joue aussi un rôle dans l'influence de l'environnement économique en général. Ceci est particulièrement évident en Haïti, où la situation financière fragile du pays fait obstacle au financement national et international nécessaire à un changement à grande échelle vers les énergies renouvelables. Cela crée un risque indirect pour les prêts dans le secteur privé, obligeant les institutions financières à charger des taux d'intérêt élevés pour les prêts dans le pays.²³

Cependant, il y a des mesures que le gouvernement haïtien et les banques peuvent prendre pour faciliter des prêts internationaux dans les énergies durables. Le Nicaragua sert d'exemple régional sur la façon de surmonter les obstacles à l'investissement dans les énergies renouvelables, en dépit du fait d'avoir été classé parmi les pays ayant une moindre performance dans la compétitivité mondiale et la facilité de faire des affaires. En 2012, le rapport *Climatescope* de la BID a classé le Nicaragua deuxième des 26 pays de l'Amérique Latine et de la Caraïbe pour son habileté à attirer du financement dans l'énergie propre, dû en grande partie aux incitations et à l'investissement du gouvernement dans le secteur.²⁴ Ces mesures ont envoyé le signal aux investisseurs potentiels dans le secteur énergétique que le gouvernement du Nicaragua est sympathique aux investisseurs des énergies durables.

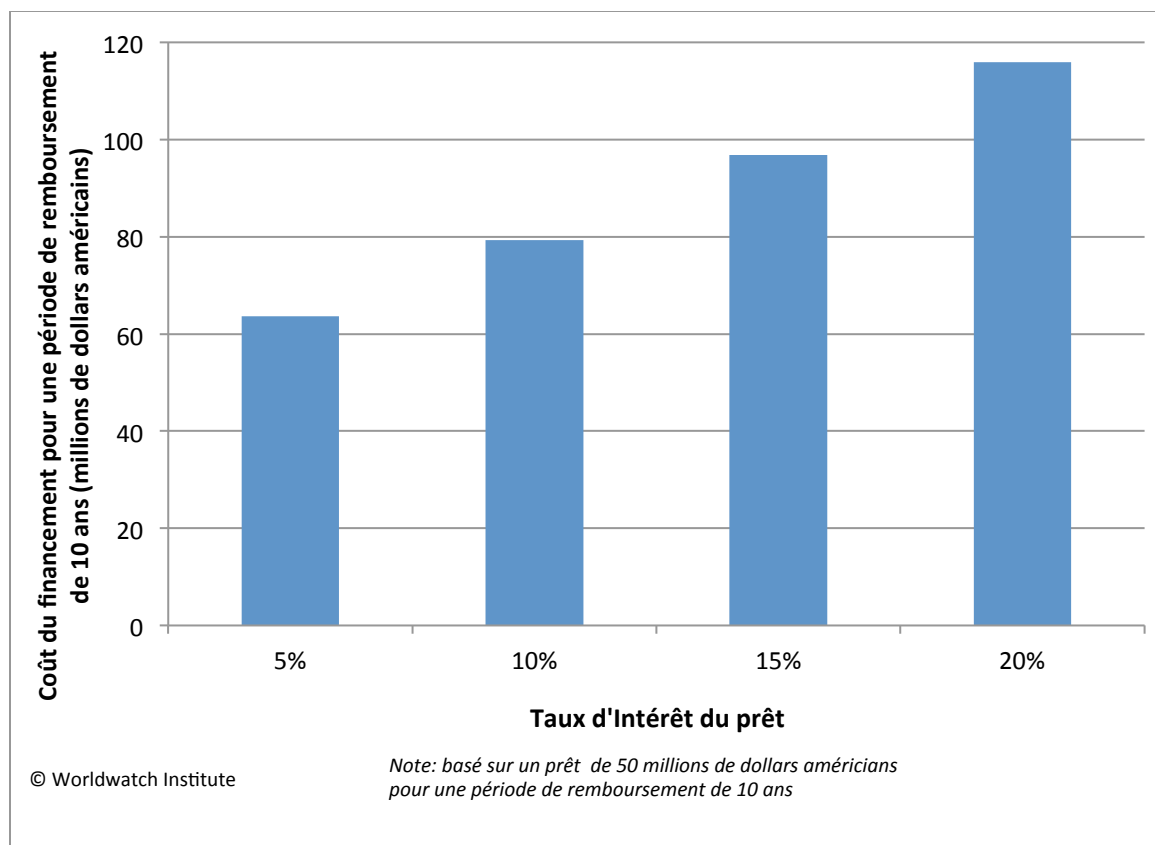
7.2 Moyens de réduire les obstacles sectoriels spécifiques

7.2.1 Renforcer la capacité des banques commerciales à fournir du financement pour l'énergie durable

En raison des besoins d'investissement initiaux élevés du secteur des énergies renouvelables, l'accès à des prêts à long terme à faible intérêt est essentiel. Les marchés de l'énergie durable sont toujours en émergence dans la plupart des pays, et les centrales typiques de combustible fossile conventionnelles reçoivent des prêts à meilleur marché que les projets d'énergie renouvelable, biaisant davantage le climat d'investissement. En raison des problèmes économiques et structurels sous-jacents d'Haïti, les prêts à faible intérêt sont largement inexistant pas seulement pour les projets d'énergie durable, mais aussi pour la plupart des projets infrastructurels.²⁵

Les taux d'intérêt élevés posent un problème à l'accès au financement en Haïti en général, et peut augmenter de manière significative la durée des dépenses de financement des projets d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable avec des coûts d'investissements initiaux élevés. En plus, le financement des énergies renouvelables demeurent un nouveau marché en Haïti, alors que, les banques commencent à peine à construire leur capacité d'emprunt, et les promoteurs de projet manquent souvent d'expérience dans l'obtention de prêts et de permis. Dans plusieurs cas, les taux d'intérêts sont le facteur de succès ou d'échec dans la détermination de la viabilité des projets d'énergie renouvelable : sur une période de prêt de 10 ans, en augmentant le taux d'intérêt de 5 à 20 %, ceci peut à peu près doubler le coût de financement.²⁶ (Voir la figure 7.1.)

Figure 7.1. Impacts des taux d'intérêt sur les coûts de financement pour un parc éolien à l'échelle utilitaire



La confiance de l'investisseur demeure trop faible et les taux d'intérêt demeurent trop élevés pour permettre l'expansion des investissements dans les projets d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable à Haïti. La disponibilité des prêts pour les ménages et les projets d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable à petite et moyenne échelle, est également minime.²⁷ Pour surmonter cela, Haïti a besoin d'une amélioration de la capacité des banques commerciales, d'une connaissance améliorée concernant les occasions et les risques réels associés aux emprunts dans le domaine des énergies renouvelables, et l'expérience accrue des promoteurs de projets recherchant des prêts pour des projets énergétiques. Le renforcement des capacités des banques nationales et des promoteurs de projets énergétiques devraient être priorités en vue de réduire les risques réels et perçus associés au financement des projets énergétiques. Les efforts pour continuer d'absorber les prêts et pour renforcer le marché de l'énergie durable national peuvent s'inspirer des exemples régionaux.

Le financement privé et public dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables est souvent inexistant en Haïti. De nos jours, les sources de financement privées se sont révélées insuffisantes pour permettre l'expansion de l'investissement dans les énergies renouvelables. Haïti est classé 21e sur 26 nations dans l'évaluation du climat d'investissement *Climatescope* de la BID pour les investissements liés au climat en Amérique Latine.²⁸ Le financement public est essentiel pour compléter le capital privé et mobiliser les financements privés supplémentaires en démontrant la confiance dans la viabilité de tels projets et renforcer la confiance de l'investisseur. L'efficacité de la finance publique dans la réalisation de cet objectif est un facteur déterminant de la viabilité éventuelle des investissements dans les énergies durables. Malheureusement, le gouvernement haïtien n'est pas bien placé pour investir dans de tels projets en raison de ses nombreux autres investissements de développement prioritaires et ses paiements continuels à d'EDH.

Les promoteurs de projets haïtiens manquent souvent de capitaux propres pour investir dans les énergies renouvelables et ont très peu d'accès aux instruments d'emprunt tels que les prêts bonifiés, les crédits et les dons. En général, l'accès au capital demeure un défi dans le pays, et Haïti se classe en dernier lieu ou presque en dernier lieu dans plusieurs catégories de financement dans l'Indice de Compétitivité Mondiale.²⁹ (Voir tableau 7.2.) En conséquence, l'aide et les dons sont les principaux moyens des promoteurs pour tirer profit du potentiel d'énergie renouvelable du pays.

Tableau 7.2. Développement du marché financier en Haïti classement dans le GCI

Financement sur le marché des actions local	140
Facilité d'accès aux prêts	126
Disponibilité du capital-risque	135

Note : Le classement est fait sur 148 pays. Une note plus proche de 1 indique des conditions plus favorables.

Source : Voir note 29 de ce chapitre.

Les taux d'intérêts en Haïti sont élevés pour toute sorte de prêts, mais ils peuvent spécialement prohibitif quand il s'agit de financer des projets d'énergie renouvelable. Les coûts d'investissement initiaux élevés de tels projets exigent souvent des prêts à long terme : au niveau international, le période de remboursement pour les technologies d'énergie renouvelable s'étend sur environ 10–20 ans. Les banques haïtiennes n'offrent pas actuellement des taux d'intérêt et les délais des prêts pour les entreprises qui correspondent typiquement aux besoins de financement des projets d'énergie durable. Le renforcement des capacités et des mécanismes de soutien financier additionnels sont nécessaire pour favoriser l'expansion du crédit national pour les investissements dans les énergies durables et pour assurer que des réductions des taux d'intérêt générales soient appliquées au financement de l'énergie durable.

Des programmes de garantie de prêt bien structurée peuvent générer des fonds considérable à un faible coût réel et aider à écarter les risques des investissements dans les énergies renouvelables. En conséquence, les garanties des prêts peuvent soutenir un volume élevé de prêts sans obliger le gouvernement à donner beaucoup d'argent. Les garanties des prêts ont été identifiées comme étant spécialement cruciales dans le financement des projets d'énergie renouvelable dans les pays financièrement à risque comme Haïti; à nos jours, le gouvernement haïtien a toutefois été hésitant pour garantir les prêts destinés aux énergies renouvelables.

L'une des formes de garantie de prêt pourrait être une forme de garantie souveraine du Gouvernement d'Haïti. Ceci pourrait être utilisé pour assurer que tous les obligations de paiement des prêts seront assurés si le promoteur de projet fait défaut, ce qui réduirait en grande partie le risque de l'investissement dans les énergies renouvelables dans le pays. Bien qu'avec la situation financière tendue en Haïti, il est difficile pour le gouvernement de prendre des risques d'énergie renouvelable par lui-même, fournir des garanties de prêt souveraines ou d'autres types de garanties est l'un des domaines où l'aide internationale ou la finance climatique peut aider à renforcer le marché de l'énergie national. Beaucoup d'entreprises n'investiront pas en Haïti par elles-mêmes, et le fait de recevoir du soutien auprès d'organisations telles que le SFI, cela pourrait fournir la sécurité dont elles ont besoin pour faire des investissements, comme ça a été le cas de la centrale de 30 MW de E-Power.³⁰

Contrairement aux projets de prêts directs ou de soutien fiscal par des tarifs d'achat, les garanties de prêts permettent au gouvernement de soutenir les projets sans des débours d'investissement initiaux. S'ils sont choisis correctement, la grande majorité des projets ne nécessiteront jamais de recueillir des

engagements du gouvernement, comme les prêts privés qui sont rendus accessibles et abordables par le fait que la garantie peut être remboursée en totalité en fonction des revenus de l'exploitation réussie du projet. Le Department of Energy's Loan Program des États-Unis, par exemple, a un taux de prêt par défaut inférieur à 2 %, malgré l'engagement de USD 34.4 milliard depuis 2009.³¹ La Development Bank de Jamaïque (DBJ) a un programme de garantie de prêts partielle pour répondre au manque de capacité des banques commerciales à Jamaïque pour accepter les équipements d'énergie renouvelable en tant que prêts collatéraux, et peut faciliter le financement de projet à plus grande échelle.³² (Voir étude de cas 6.) De tels exemples pourraient être appliqués au contexte haïtien.

Étude de cas 6. Garanties partielles pour les système solaires photovoltaïques intégrés aux poulaillers en Jamaïque

Comme dans beaucoup d'autres secteurs et services en Jamaïque, l'électricité est le coût d'opération le plus élevé dans les poulaillers. Le Groupe Jamaica Broilers, le plus gros producteur de produits de volaille dans les Caraïbes, a fait des efforts considérables pour produire sa propre énergie à partir des ressources renouvelables pour baisser les coûts énergétiques. En plus de l'usine de production d'éthanol propre à l'entreprise, en 2013 Jamaica Broilers a débuté l'installation de capacité d'énergie solaire photovoltaïque aux poulaillers appartenant aux agriculteurs contractés par la compagnie. Le projet implique également l'installation d'éclairage à DEL économe en énergie dans les établissements.

La première phase du projet d'énergie solaire vise à installer 15 kW de système photovoltaïque dans environ 40 poulaillers—totalisant quelques 600 kW—vers la fin de mars 2013. On s'attend à ce que chaque système de 15 kW produise 22 mWh d'électricité par an. La phase 1 vise l'approvisionnement en énergie pour l'utilisation de jour, et l'accès au réseau pour les systèmes photovoltaïque, c'est un critère important pour l'ajout de plus de modules dans les phases futures.

Le projet est estimé à un coût de US \$10 millions sur deux ans. Au lieu d'exiger aux agriculteurs de capitaliser leurs fermes comme garantie pour acheter des équipements solaires, Jamaica Broilers facilitera l'obtention des fournitures et le financement aux agriculteurs pour louer les équipements, avec une période de récupération prévue sur cinq à six ans. Chaque agriculteur participant postule pour le prêt, qui est financé par la Development Bank de Jamaïque (DBJ) par la National Peoples Cooperative Bank à un taux d'intérêt de 9 % sur sept ans.

Le projet d'énergie solaire photovoltaïque est un projet pionnier sur le marché d'énergie renouvelable à la Jamaïque, en ce qu'il permet l'utilisation des équipements d'énergie renouvelable—comme garantie pour des prêts—plutôt que les fermes. Jamaica Broilers a le droit au nom des banques de reprendre possession et de vendre les matériels solaires si les agriculteurs ne parviennent pas à répondre aux exigences de remboursement des prêts. Le programme fait usage du programme de garantie de prêts partielle de DBJ pour faciliter ce processus : DBJ fournit une garantie de prêt de 80 % en cas de défaut.

L'utilisation des garanties de prêt partielles et la location des matériels solaires photovoltaïques par Jamaica Broilers constituent une approche créative d'aborder certains obstacles majeurs au financement des énergies renouvelables qui persistent dans le pays. L'utilisation de ces derniers et d'autres mécanismes financiers émergents peut servir de modèle pour d'autres particuliers ou entreprises cherchant à réduire les coûts énergétiques par des projets d'énergie renouvelables importants.

Source : Voir note 32 de ce chapitre.

En Haïti où le marché des capitaux n'est pas équipé pour financer adéquatement les projets d'énergie renouvelable en raison d'un manque de capital, la sensibilisation et l'expérience des intermédiaires financiers tels que les banques et les entreprises d'investissement est un bon moyen de thésauriser le capital privé pour développer les projets d'énergie renouvelable. Cette méthode à elle seul n'est pas

suffisante, cependant. Les pays qui ont eu du succès dans la promotion des énergies renouvelables à une plus grande échelle, n'ont pas seulement favorisé le financement commercial pour ces projets, mais y ont aussi établi des mécanismes de soutien efficaces. C'est une façon importante d'établir un marché des énergies renouvelables pour le pays durant les premières étapes et de construire la confiance entre les investisseurs privés et les banques.

D'autres obstacles sont le manque de disponibilité de capital; l'absence de prêts commerciaux à long terme, concessionnels; la difficulté d'accès au financement international pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique; le manque de connaissance et de sensibilisation des occasions de financement et les conditions des institutions de finance climatique internationales. Certains de ces obstacles pourraient être surmontés efficacement, simplement grâce à une meilleure exécution des lois et réglementations existantes.

Bien qu'Haïti n'ait pas de banques actuellement qui fournissent des lignes de crédit importantes pour des projets d'énergie renouvelable, des leçons peuvent être tirées des chefs de file régionaux. Par exemple, les lignes de crédit en Jamaïque jusqu'à récemment ont été confrontés à des taux de participation relativement faibles, en dépit des occasions économiques associées aux projets d'énergie renouvelable dans le pays. Une étude de septembre 2011 a révélé que le manque d'éducation publique et de sensibilisation de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables contribuent à l'absorption limitée des Fonds Énergétiques du pays.³³ En partie pour aborder ces problèmes, en juin 2012 la BID et la DBJ ont conjointement lancé le DBJ GreenBiz, une initiative d'environ USD 800,000 pour démontrer les bénéfices des mesures d'énergie renouvelable pour les PME et pour former des vérificateurs et des gestionnaires certifiés en énergie pour faciliter l'utilisation efficace des fonds.³⁴ L'initiative DBJ GreenBiz vise à augmenter la connaissance par des projections publics de projets énergétiques, des interviews à la radio et à la télévision, de la publicité, des ateliers et séminaires éducationnels et une foire énergétique.³⁵

Selon la DBJ, les résultats initiaux indiquent que le programme GreenBiz de la Jamaïque et d'autres mesures ont réussi à encourager l'absorption de prêts du Fond Énergétique. Seulement entre 300 and JMD 400 million (USD 2.8 million et USD 3.7 million) ont été prêté par les fonds depuis son lancement en 2008 jusqu'au début de 2012. Vers la fin de novembre 2012, après le début de l'initiative GreenBiz, plus de JMD 600 million (USD 5.6 million) en prêts énergétiques ont cependant été déboursés aux PME et aux clients résidentiels.³⁶ Dès qu'Haïti développe des lignes de crédit pour les énergies renouvelables, il sera important pour les banques de projeter la rentabilité d'un tel développement, comme démontré tout au long de ce rapport.

7.2.2 Regrouper les projets pour diminuer les coûts unitaires des énergies renouvelables

Créer des économies d'échelle et diminuer les coûts de transaction sont deux moyens de réduire les coûts financiers par unité d'énergie renouvelable. Bien que les coûts moyens actualisés de plusieurs technologies d'énergie renouvelable soient moins chers que ceux des technologies des carburants fossiles en Haïti, les énergies renouvelables requièrent toujours une plus forte intensité de capital initialement. En conséquence, il est encore plus important que les projets d'énergie renouvelable utilitaires de taille soient construits en échelle, vu que cela peut diminuer les coûts de financement. Dans des marchés relativement petits comme Haïti, il serait difficile et sans doute imprudent toutefois, de construire un très grand projet d'énergie renouvelable, comme un parc éolien de 300 MW. Il est alors important d'explorer l'idée de regrouper les projets d'énergie renouvelable en Haïti.

Cela pourrait impliquer le regroupement de plusieurs projets d'énergie renouvelable dans le pays en un seul projet, ou même le regroupement d'un projet d'énergie renouvelable avec d'autres projets de développement ou d'infrastructure dans les domaines de l'éducation, de la santé et des télécommunications. Inclure les développements en énergie renouvelable dans des projets regroupés pourrait aider à diminuer le financement et les coûts d'investissement des projets d'énergie renouvelable individuels et pourrait servir à générer de plus gros investissements privés dans le secteur. Cette stratégie pourrait servir à recueillir des fonds auprès des banques et des programmes qui ne financent pas généralement les projets d'énergie durable.

7.2.3 Assurer le recouvrement des factures des génératrices

L'opération insoutenable et la viabilité financière précaire des génératrices ont longtemps été les problèmes majeurs, avec des impacts négatifs significatifs dans le secteur électrique et l'économie haïtienne en général. Une combinaison de tarifs d'électricité inappropriés, des difficultés dans le recouvrement des factures auprès des clients, et des pertes technique et non techniques considérables, contribuent aux pertes des génératrices. Les revenus de la vente d'électricité sont élevés à seulement USD 66 million durant l'exercice 2010–11, alors que l'utilité publique a dépensé USD 301 millions sur l'ensemble de ses opérations.³⁷ Ceci équivaut à une indice de recouvrement d'argent (IRA) de seulement 22 %, l'une des plus faible au monde.³⁸

L'incapacité du secteur électrique à couvrir ses dépenses d'opérations force le gouvernement haïtien à compenser les pertes avec des dépenses lourdes, représentent près de 2.7 % du PIB d'Haïti en 2010.³⁹ La Banque Mondiale a estimé récemment la valeur totale des subventions en électricité du gouvernement haïtien à d'EDH à USD 180 millions, ou 17 % du budget national.⁴⁰ Ceci détourne les fonds qui pourraient être investis dans des infrastructures plus nécessaires, la santé et l'amélioration de l'éducation. En plus, en dépit des transferts considérables du gouvernement à d'EDH, l'électrification à Haïti a augmenté de seulement 10 % durant les deux dernières décennies; en 2013, EDH a pu étendre l'accès au réseau à seulement 6500 foyers additionnels.⁴¹

Les solutions à ce problème financier incluent l'installation de compteurs intelligents et des efforts pour facturer les clients. Bien que les connections illégales contribuent au taux élevé des pertes non techniques en Haïti, une large part des pertes est due à l'inefficience ou l'inefficacité des processus de facturation et de recouvrement. Haïti ne détient actuellement pas la capacité et les ressources nécessaires pour comptabiliser et charger beaucoup de ses clients, entraînant la facturation estimée de seulement 33 % des clients en 2012.⁴² Entre-temps, le gouvernement a estimé en 2006 qu'au moins un tiers des ménages sont connectés au réseau ont les moyens de payer leur facture d'électricité.⁴³ L'amélioration du système de facturation utilitaire et de recouvrement représente une des « tâches les plus faciles à réaliser », offrant des occasions importantes et assez simple pour exploiter une plus grande base de clients payants. Dans son Plan d'Action 2012–13, d'EDH vise à augmenter son taux de facturation à 54 % d'ici la fin de l'année et à 90 % d'ici 2016, principalement par l'installation de compteurs intelligents et un projet pilote testant l'utilisation des compteurs prépayés.⁴⁴ Des objectifs et des programmes comme ceux-ci devraient être poursuivis à l'avenir.

À côté des risques généraux du pays, la solvabilité des acheteurs (la partie qui achète l'énergie de l'IPP, traditionnellement d'EDH) est le risque le plus élevé pour investir dans les énergies renouvelables en Haïti.⁴⁵ Les promoteurs qui envisagent un tel investissement en Haïti ont mentionné le classement du crédit du secteur de l'électricité comme le principal risque perçu et l'obstacle à aller de l'avant.⁴⁶ En effet, beaucoup de banques internationales ont noté qu'elles prêteront aux initiatives d'énergie

renouvelable en Haïti et d'autres pays de la région seulement s'il y a une garantie souveraine du gouvernement qui assure que les remboursements des prêts seront respectés même si le hors preneur fait défaut. Les efforts du gouvernement afin de diriger un système de concession dans le Département du Sud (voir le chapitre 1) pourrait améliorer le crédit du preneur et la participation du secteur privé dans le secteur.

L'incapacité historique d'Haïti à recouvrer les redevances et ses pertes de transmission et de distribution élevées préoccupent les investisseurs que les IPP ne seront pas payés pour leur production. À l'avenir, il devrait y avoir une routine de révisions de tarifs qui génère des taux tarifaires raisonnables qui permettront aux établissements de couvrir leurs dépenses. En plus, il devrait y avoir des objectifs et des mécanismes en place pour réduire les pertes techniques et non techniques, et ces objectifs doivent être internalisés dans les équations des révisions tarifaires.

7.2.4 Créer des programmes de microcrédit fonctionnels

Pour les Haïtiens qui souhaitent investir dans les énergies renouvelables à l'échelle des ménages ou démarrer une petite entreprise dans les énergies renouvelables, de petits prêts peuvent faire une grande différence. La plupart des gens impliqués dans la vaste économie informelle d'Haïti, n'ont pas d'accès au système bancaire formel, qui a servi historiquement 1 % de la population la plus riche du pays.⁴⁷ Sans des actifs formels importants, tels que des propriétés pour servir de garantie, les gens éprouvent des difficultés pour accéder à au crédit nécessaire pour couvrir les coûts initiaux élevés des systèmes d'énergie renouvelable.

Jusqu'au milieu des années 1990, les éléments de législation bancaire haïtien, y compris le plafonnement des taux d'intérêt et l'obligation que les banques gardent jusqu'à 70 % de leurs dépôts encours en réserve, a empêché les grandes banques commerciales de faire de petits prêts.⁴⁸ La banque centrale d'Haïti a baissé les exigences de réserve en 1995, le rendant possible pour les banques de prêter aux entrepreneurs à petite échelle pour la première fois.⁴⁹ Depuis lors, plusieurs institutions de microfinance ont été développées pour faciliter ce processus. La banque haïtienne Sogebank a créé un bras de la microfinance nommé Sogesol en 2000. Et Fonkoze, la plus grande institution de microfinance du pays, a plus de 555,000 emprunteurs actifs (presque toutes, des femmes) et 40 succursales.⁵⁰ Elle reste aussi l'unique banque nationale à financer une entreprise d'énergie renouvelable, ayant fourni USD 100,000 à ENERSA en 2009.⁵¹

Vu la capacité des énergies renouvelables à fournir des occasions pour de nouvelles activités génératrices de revenus et pour améliorer la qualité de vie, les institutions de microfinance haïtiennes devraient prioriser le développement de l'expertise et la capacité d'emprunt dans le secteur des énergies renouvelables. Les efforts pourraient être modélisés sur les programmes de partenariat innovants d'autres pays. Au Nicaragua, par exemple, Tecnosol, un fournisseur d'énergie vert national, s'est associé avec une organisation de microcrédit locale et un investisseur d'impact basé à Seattle pour fournir de petits prêts pour des technologies solaires dans des zones rurales.⁵² Tecnosol a aussi établi un partenariat avec le Multilateral Investment Fund (MIF) pour fournir du financement pour l'achat de systèmes de panneau solaire sur des durées allant jusqu'à cinq ans. En général, le projet a installé 45,000 panneaux solaires, ce qui équivaut à 11 millions de litres de kérosène économisés et 26,000 tonnes d'émissions de CO₂ épargnés.⁵³ Des partenariats comme cela devraient être encouragés en Haïti.

7.3 Trouver de nouvelles sources de financement d'énergie durable

Les potentielles sources de financement identifiées ci-dessus sont orientées le plus souvent vers les petites et moyennes entreprises et vers des investissements énergétiques à plus petite échelle; pour la plupart, elles ne seraient pas suffisantes pour des projets d'énergie renouvelable à l'échelle utilitaire, qui exige des sources de financement additionnelles. Le financement de développement international conventionnel, le financement climatique et les fonds provenant de PetroCaribe joueront tous un rôle essentiel dans le financement des projets d'énergie durable en Haïti. L'examen des programmes financés internationalement dans le passé et actuellement, démontre l'importance de cette source de financement, ainsi que les occasions potentielles futures et les projets qui seraient bien adaptés à recevoir du financement additionnel.

7.3.1 Diriger l'aide au développement vers des projets d'énergie durable

Les banques de développement multilatérales et l'aide bilatérale des donateurs se concentrent de plus en plus sur les subventions et les prêts d'efficacité énergétique et sur les projets d'énergie renouvelable, plutôt que les infrastructures en combustible fossile conventionnelles tel que les centrales énergétiques au charbon. (Voir l'Annexe VIII.) Les pays qui ont mis l'accent sur l'importance des énergies durables dans les stratégies de développement nationales ont une meilleure chance d'accéder à l'aide pour ces utilités.

Haïti a exploité du financement auprès d'agences de développement dans le passé pour soutenir les investissements dans des capacités énergétiques spécifiques, ainsi que pour des programmes de renforcement de capacité au sein du gouvernement haïtien et d'EDH pour promouvoir le renforcement institutionnel et les politiques de support au développement énergétique. Cela prendra du temps avant que le système financier national d'Haïti puisse financer n'importe quel type de projet d'infrastructure à grande échelle—que ce soit un projet d'énergie, de santé, de transport, etc.—c'est là que résident la plupart des occasions de développement de l'énergie durable à court terme. En fait, beaucoup d'investisseurs affirment qu'ils n'investiraient pas dans des projets énergétiques en Haïti sans le support financier d'institutions comme le SFI et la Banque Mondiale.⁵⁴

Plusieurs gouvernements, organisations internationales, et organisations non-gouvernementales ont fourni de l'assistance monétaire et technique à Haïti pour soutenir le développement du secteur énergétique, y compris la Banque Mondiale, la BID, la U.S. Agency for International Development (USAID), et la Banque de Développement Canadienne : (Voir tableau 7.3.) Plusieurs de ces projets ont mis l'accent sur la rénovation des centrales énergétiques existantes et les systèmes de transmission et de distribution. Les délais pour ces projets de rénovation sont plus faciles à gérer, ce qui les rend plus attrayant pour le financement.⁵⁵ Haïti devrait exploiter ces ressources financières pour établir des programmes d'énergie durable. Le regroupement de petits projets d'énergie renouvelable entre eux ou avec d'autres projets dans l'éducation, la santé et les télécommunications pourraient les rendre plus attrayants pour les organisations donatrices internationales.

Tableau 7.3. Projets d'assistance technique sélectionnés et financés internationalement en Haïti

Agence canadienne de développement international

Projet de Réhabilitation des Installations Électriques
Projet d'Approvisionnement en Électricité Semi-autonome
Assistance Technique (Jacmel) – Phase III

Fonds pour l'environnement mondial

Développement Hydro Énergétique à Petite Échelle en Haïti
Programme d'Urgence pour la Production d'Énergie Solaire et l'Éclairage

Ministre des Affaires étrangères, gouvernement de la Norvège

Énergie Durable en Haïti – NMFA, Département du Sud

Banque interaméricaine de développement

Projet Hydroélectrique de l'Artibonite 4C
Financement de l'Énergie Durable par des Envois de Fonds en Haïti et en République dominicaine
Transformation Institutionnelle et Programme de Modernisation du Secteur Énergétique – I
Transformation Institutionnelle et Programme de Modernisation du Secteur Énergétique – II
Projet de Réhabilitation de la Centrale Hydroélectrique de Péligre
Projet de Réhabilitation du Système de Distribution Électrique à Port-au-Prince
Financement Supplémentaire pour la Réhabilitation de la Centrale Hydroélectrique de Péligre
Vers un Secteur de l'Énergie Durable en Haïti – Livre Blanc

U.S. Agency for International Development

Programme d'électrification de la communauté de Caracol
Sous-station Électrique de Réadaptation
Réforme du Secteur Énergétique
Programme d'Amélioration de la Technologie de Cuisson
Centrale Énergétique du Nord

Banque mondiale

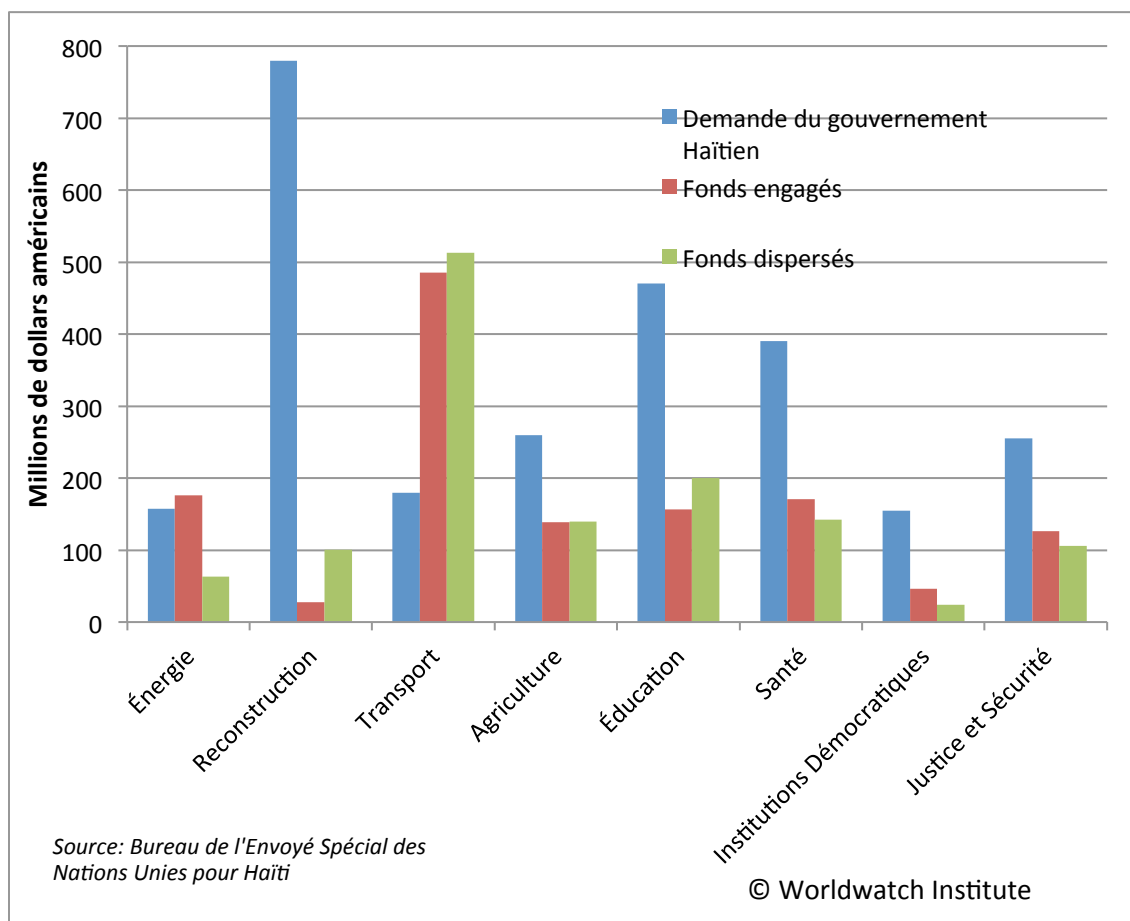
Projet de Réduction des Pertes d'Électricité
Système Solaire GEF d'Éclairage Autonome MSP
Projet d'Électricité d'Haïti
Reconstruction des Infrastructures Énergétique et Accès

Au lendemain du tremblement de terre de 2010, les organisations internationales et les gouvernements ont promis des sommes énormes pour le relèvement et la reconstruction. Les dons privés ont atteint USD 3,1 milliards.⁵⁶ À la conférence des Nations Unies pour Haïti, 55 pays et organisations ont promis un total de USD 8,4 milliards en aide sur une période de 10 ans, en plus d'offrir un allègement de la dette.⁵⁷ Une grande partie de cet argent reste inutilisé : vers décembre 2012, seulement à peu près la moitié des USD 5,37 milliards promis pour la période 2010-2012 ont été déboursés.⁵⁸

Bien que la manière dont l'aide internationale ait été transmise (ou non transmise) à Haïti au lendemain du tremblement de terre ait suscité la controverse, la somme inutilisée présente des occasions pour soutenir le développement de l'énergie durable. L'analyse des fonds de subvention financés par la Conférence de New York, révèle peu d'intérêt sur les questions énergétiques, quand le gouvernement haïtien demande moins d'argent pour le secteur énergétique que pour n'importe des sept autres secteurs évalués dans cette étude.⁵⁹ (Voir la figure 7.2.) Bien que toutes ces catégories soient importantes, le manque de fonds orientés vers l'énergie est frappant, révélant un échec général de reconnaître son rôle crucial dans la facilitation des améliorations dans tous les autres secteurs.

Capitaliser les fonds du tremblement de terre pour financer l'énergie représente une occasion essentielle pour atteindre l'ambition souvent citée de « reconstruire mieux », en facilitant des améliorations au niveau de la santé, de l'éducation, de l'agriculture, du développement économique et la résilience au changement climatique.

Figure 7.2. Activités de subvention par secteur pour la relèvement à la suite de séisme



Note : La figure montre les subventions financées par les promesses de la Conférence de New York en décembre 2012. Les fonds n'incluent pas les contributions aux Fonds de Reconstruction d'Haïti ou d'appui budgétaire. Les « fonds engagés » sont ceux dont les projets ont été approuvés ou pour lesquels des accords/contrats ont été signés, contrairement aux « fonds dispersés ». Les « fonds dispersés » sont ceux qui ont été transférés à un partenaire d'exécution, principalement des agences gouvernementales, des fournisseurs de services non étatiques et des agences du secteur privé.

7.3.2 Attirer les financements climatiques

Dans les négociations de la Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (UNFCCC : UN Framework Convention on Climate Change), les pays industrialisés ont promis l'augmentation des fonds climatiques à USD 100 milliards par an d'ici 2020.⁶⁰ Bien que la nature exacte et les mécanismes de ce financement n'ont pas encore été déterminés, ces fonds seront susceptibles d'être déboursés par des canaux multiples, y compris le financement bilatéral, l'appui aux projets multilatéraux de développement d'énergie durable et les Fonds Verts pour le Climat (GCF : Green Climate Fund).

En général, le financement climatique pour des projets d'énergie durable vise à soutenir les coûts marginaux des capitaux initiaux par rapport aux investissements des entreprises traditionnelles dans la production de combustible fossile. L'évaluation socioéconomique de la voie énergétique pour Haïti présenté en 6 chapitres de cette feuille de route, démontre la nécessité d'un soutien de l'investissement initial additionnel pour le développement des énergies renouvelables par rapport au système traditionnel.

Le Mécanisme de Développement Propre (CDM : Clean Development Mechanism) établi par le Protocol de Kyoto par le processus de l'UNFCCC, est un instrument institutionnel qui permet aux pays en développement de réduire les coûts de leur transition vers les durables d'énergie, tout en donnant aux pays industrialisés plus de flexibilité dans la réalisation de leurs objectifs de réduction d'émissions obligatoires.⁶¹ (Voir encadré 7.1.) La promesse de financement de futurs projets d'énergie durable en Haïti par le CMD est inconnue, et à ce jour le mécanisme n'a toujours pas financé un seul projet dans le pays. Les pays de l'Amérique Latine et de la Caraïbe représentent 12.3 % des projets mondiaux du CMD, contre plus de 50 % en Chine et en dessous de 20 % seulement en Inde.⁶² La Caraïbe représentait seulement 0.003 % des projets totaux enregistrés du CMD en mai 2013.⁶³

Encadré 7.1. Financer des projets énergétiques à petite échelle à faible émission de carbone avec le financement climatique international

Bien que le financement climatique international soit utilisé traditionnellement pour promouvoir des projets à moyen et grande échelle, il peut aussi être exploité pour soutenir des projets énergétiques communautaires à faible émission de carbone. Deux mécanismes spécifiques, le Programme de Petites Subventions de GEF et le Programme d'Actions du CDM, fournissent de l'assistance financière et technique précieuse pour des projets de développement à petite échelle.

Programme de petites subventions de GEF

Le Programme de Petites Subventions (PPS) de GEF fournit le capital nécessaire pour faciliter le développement de projets à petite échelle. Contrairement au plus gros mécanisme de GEF, le programme, exécuté par un partenariat entre le GEF et le Programme de Développement des Nations Unies, fournit des subventions jusqu'à un maximum de US \$50 000, directement aux communautés locales, finançant des projets en dessous de la taille appuyée par les fonds GEF traditionnels.

Après une Phase Pilote réussie en 1992, le PPS commence sa Première Phase d'Opération en 1996 avec le but de fournir du soutien financier et technique aux projets de développement d'énergie durable à petite échelle suivant un certain nombre de domaines thématiques. En raison d'une forte demande provenant des petits états insulaires en développement et des pays moins avancés, le programme s'est intensifié considérablement depuis son début et est actuellement à sa cinquième phase opérationnelle, 2011–14. À date, USD 450 millions ont été investis par le PPS pour soutenir 14,500 projets dans le monde, y compris un grand nombre de projets énergétiques d'Atténuation et d'Adaptation au Changement Climatique, selon la zone du programme.

En Haïti, le PPS a soutenu 30 projets en général et fourni du soutien financier à deux initiatives d'énergie renouvelable à petite échelle depuis 2012. Une subvention de US \$47 914 à Mouvman Fanm Peyizan Karis, actuellement à sa cinquième phase, vise à électrifier 40 ménages à Carce en installant des systèmes photovoltaïques; des techniciens locaux sont formés en installation, maintenance et réparation. Une subvention de US \$48 536 à Mouvman Peyizan Merann, aussi à sa cinquième phase, a financé l'installation d'un système micro-hydraulique de 10 kW à Capotille, qui devrait fournir des services d'électricité à 70 familles ou 500 personnes approximativement.

Programme d'actions du CDM

Le Programme d'Actions du CDM (PoA) a été introduit en 2005 comme une façon de regrouper plusieurs projets à une échelle moindre qui, individuellement, n'aurait pas généré le volume de réduction d'émissions certifiée (REC) nécessaire pour le financement CDM traditionnel. Contrairement au regroupement de projets, le Programme d'Actions exige uniquement la conception du projet et une activité concrète pour s'inscrire en tant que CDM, réduisant ainsi le risque d'investissement pour les promoteurs de projets énergétiques à faible émission de carbone. En outre, même si une activité individuelle dans le cadre du Programme d'Actions est jugée non conforme, le reste des activités peut continuer à fonctionner.

Les procédures des projets du Programme d'Actions ont été adoptées en 2007, mais la nécessité de directives plus claires a freiné l'utilisation généralisée du mécanisme. En 2009, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP) a publié une amorce sur le Programme d'Actions du CDM dans un effort de fournir de la clarification et l'orientation pour les pays et les projets qui cherchent à bénéficier de sa flexibilité. La procédure du Programme d'Actions augmente la capacité des petits pays comme Haïti à bénéficier du financement auprès du CDM en accommodant les activités dans plusieurs pays selon son Programme d'Actions. De nouvelles activités peuvent aussi être ajoutées pour toute la période de 28 ans durant laquelle le Programme d'Actions est valable.

Un autre avantage du Programme d'Action est que, contrairement au processus de CDM traditionnel selon lequel les promoteurs doivent prouver que les projets fournissent des réductions d'émissions additionnelles, les projets d'énergie renouvelable en dessous de 5 MW sont automatiquement considérés comme des réductions additionnelles. Le fait de ne pas avoir à prouver les ajouts, cela enlève une charge bureaucratique et financière importante auprès des promoteurs de projets énergétiques à faible émission de carbone.

Source : Voir Note de Fin 61 de ce chapitre.

L'UNFCCC a identifié un mélange d'obstacles techniques et non techniques contraignant la participation du CDM dans la Caraïbe, y compris les faibles émissions régionales par habitant, les coûts de transaction élevés des projets de conformité, le manque de connaissance des occasions d'utilisation du CDM, le manque d'expérience et d'expertise technique dans le CDM, et le manque de financement pour les investissements et les fonds pour les coûts de transaction du CDM.⁶⁴ Dans le cadre de l'établissement du Centre de Collaboration Régionale pour la Caraïbe, visant initialement 16 nations de la Caraïbe y compris Haïti, l'UNFCCC s'est engagé à fournir l'appui technique pour augmenter l'absorption des projets du CDM dans la région.⁶⁵

En plus, Haïti aura accès au fonds climatique par de nouveaux programmes, y compris les Mesures d'Atténuation Adaptées au Pays (NAMA : Nationally Appropriate Mitigation Actions). Les Mesures d'Atténuation Adaptées au Pays (NAMA) sont l'un des piliers principaux du futur du financement climatique. Actuellement, les directives des Mesures d'Atténuation Adaptées au Pays restent vaguement définies; cependant il y a de vifs intérêts de la part de plusieurs sources de financement climatique multilatérales et bilatérales pour les pays bénéficiaires à concevoir des Mesures d'Atténuation Adaptées au Pays qui seront prêtes à recevoir du financement une fois que les détails bureaucratiques sont finalisés. L'un des avantages de la structure incertaine actuelle des programmes des NAMA est qu'ils peuvent inclure une large part d'activités d'énergie durable, y compris l'appui pour les ajouts de capacités, le financement pour soutenir les mécanismes d'incitation d'énergie renouvelable tels que les tarifs de rachat et les programmes d'efficacité énergétique, et la consolidation des capacités et le renforcement institutionnel pour la gouvernance de l'énergie durable. En plus de l'atténuation climatique, les NAMA doivent démontrer les avantages tels que les occasions de création d'emplois et d'amélioration de la santé résultant de la diminution de la pollution atmosphérique locale.

Les gouvernements allemand et britannique ont déjà instauré l'établissement de Mesures conjointes d'Atténuation Adaptées au Pays, conçues pour soutenir les pays en développement qui, dans le court terme, veulent mettre en œuvre des initiatives nationales à l'intérieur de l'architecture d'atténuation mondiale existante. L'UNFCCC a établi un registre pour harmoniser les NAMA des pays en développement avec du soutien financier, technique et en renforcement de capacité auprès des pays donateurs. Le financement climatique bilatéral des pays donateurs individuels devrait être exploré, ainsi que le financement auprès des agences multilatérales. Les Fonds pour l'Environnement Mondial (GEF : The Global Environment Facility), administrés par la Banque Mondiale, ont été une source majeure de financement climatique international depuis son établissement en 1991 et ont financé ou finance actuellement 40 projets en Haïti, parmi lesquels 10 se concentrent sur l'atténuation des effets liés aux changements climatiques ou la capacité d'adaptation des communautés.⁶⁶

Plus récemment, en 2008, la Banque Mondiale ainsi que plusieurs autres banques de développement régionales ont établi les Fonds d'Investissement Climatique (CIF : Climate Investment Funds), qui incluent les programmes dédiés aux énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Dans le cadre du processus de l'UNFCCC, les pays ont convenu de créer un nouveau Fond Vert pour le Climat (GCF : Green Climate Fund) en vue de fonctionner en tant que mécanisme financier de la convention. Son rôle est de fournir de l'appui aux efforts internationaux pour combattre le changement climatique, et il prévoit de canaliser une portion importante du financement climatique à l'avenir. Le GCF est toujours en développement mais pourra probablement intégrer le CIF dès qu'il sera opérationnel.

Le financement international pourrait jouer un rôle important dans l'intensification du développement des énergies renouvelables en Haïti. Un certain nombre de mécanismes qui peuvent être soutenus par le décaissement des fonds publics sont disponibles pour écarter les risques d'investissement dans les projets d'énergie renouvelable. S'ils sont bien conçus, ils peuvent peser beaucoup plus dans le total des investissements que les coûts associés avec le mécanisme en lui-même. Par le fait que le risque des projets continue d'être un obstacle majeur pour le financement des projets d'énergie renouvelable en Haïti, les mécanismes de réduction des risques doivent être analysés et mis en œuvre là où cela est jugé approprié.⁶⁷ (Voir tableau 7.4.) Les politiques et les programmes spécifiques qui pourraient bénéficier des occasions du financement climatique, y compris les NAMA, sont examinés dans le chapitre 8.

Tableau 7.4. Exemple de mécanismes de réduction des risques pour les projets d'énergie renouvelable

Mécanisme	Type	Description	Estimation du ratio de levier financier
Garanties de prêt	Basée sur la dette	Garantie de remboursement de prêt si l'emprunteur n'est pas en mesure de respecter les termes du prêt.	6–10x
Police d'assurance	Basée sur la dette	Fournit une garantie qui soutient à partir d'une police d'assurance, tel qu'un FIT, qui sera fourni même si la police n'est pas appliquée comme prévu.	10x
Fonds de liquidité de change	Basée sur la dette	Protège contre les risques de change associés aux revenus et à la dette dans des devises différentes.	S.O.
Fonds de gage	À base de capitaux propres	Fournit du financement aux projets n'ayant pas suffisamment accès aux capitaux propres et qui sont trop petits pour attirer des investisseurs.	10x
Fonds d'actions subordonnés	À base de capitaux	Réduit les risques pour les investisseurs	2–5x

	propres		
--	---------	--	--

Source : Voir note de fin 67 de ce chapitre.

7.3.3 Utilisation des fonds de PetroCaribe

Quoique n'étant pas nécessairement désignés pour les projets d'énergie durable, les Fonds de Développement PetroCaribe fournissent l'aide au Développement à Haïti et pourraient être utilisés pour générer le financement de l'énergie durable à l'avenir. Haïti obtient son pétrole de l'Accord PetroCaribe avec le Venezuela, ce qui permet au pays d'acheter du pétrole au prix du marché tout en payant aussi peu que 50 % d'initial, le reste étant sujet à prêt d'intérêt de 1 % sur 25 ans.⁶⁸ (Voir tableau 7.5.) Les fonds ont été la source la plus conséquente, inconditionnelle et facilement disponible pour le gouvernement haïtien depuis le tremblement de terre de 2010; immédiatement après le tremblement de terre, le Venezuela a annulé USD 400 millions de la dette d'Haïti selon l'Accord de PetroCaribe.⁶⁹ Toutefois, cet accord réduit largement le coût du pétrole, ce qui le rend difficile pour les sources d'énergie renouvelable de faire concurrence parce qu'elles ne reçoivent pas les mêmes taux de financement favorables.

Tableau 7.5. Termes de financement de PetroCaribe

Prix du pétrole	Actions financées par des prêts	Taux d'intérêt	Période de financement*
USD/baril	pourcentage		années
>15	5	2	15
>20	10	2	15
>22	15	2	15
>24	20	2	15
>30	25	2	15
>40	30	1	23
>50	40	1	23
>100	50	1	23

* Une période de grâce additionnelle de deux ans est incluse en plus de la période de financement donnée pour des périodes de remboursements de 17 et 25 ans.

Source : Voir Note 68 de ce chapitre.

Dans le contexte de la hausse des prix du pétrole et de l'insécurité de l'approvisionnement mondiale, le gouvernement a exprimé cependant, durant ces dernières années son souhait de diminuer sa dépendance sur le pétrole importé ainsi que la charge des subventions d'énergie. De même, l'incertitude autour de l'avenir du programme PetroCaribe laisse Haïti vulnérable d'être dépendant des importations potentiellement plus coûteuses à l'avenir. De manière intéressante, Haïti pourrait utiliser l'Accord PetroCaribe pour aider à impulser le développement énergétique.

L'Accord PetroCaribe a été vraiment important pour Haïti durant les dernières années. Plus de 73 % des fonds mis à la disposition d'Haïti par l'accord PetroCaribe a déjà été utilisé pour la reconstruction et les objectifs d'investissement en avril 2012.⁷⁰ La même année, le FMI a estimé que les fonds de PetroCaribe représenteraient la moitié du capital financé au niveau national dans le pays.⁷¹ En mars 2013, un total de US \$1,12 milliard en projets a été financé par PetroCaribe.⁷²

Les financements à long terme à faible intérêt de l'Accord PetroCaribe donnent à Haïti l'occasion d'investir les paiements nationaux à court terme évités. Les économies internes de l'Accord ont déjà été utilisées pour financer des projets d'infrastructure dans le secteur énergétique, et ont été récemment mises de côté pour des projets d'énergie solaire également.⁷³ À l'avenir, les économies provenant de l'Accord PetroCaribe devraient être utilisées pour financer plus de projets d'infrastructure d'énergie durable. Les termes de financement de PetroCaribe fournissent à Haïti l'occasion de financer le développement de l'énergie durable à des taux favorables qui ne sont pas disponibles actuellement auprès des banques nationales ou internationales. Cela a eu lieu dans d'autres pays participant à PetroCaribe, vu que les économies internes provenant de PetroCaribe fournissent l'occasion de financer les projets d'énergie renouvelable et l'efficacité énergétique.

7.3.4 Trouver des moyens créatifs de fournir des garanties souveraines

Le financement climatique international pourrait être utilisé pour générer des investissements privés pour des projets d'énergie durable aussi. La faible solvabilité des puissants acheteurs est le risque le plus élevé pour investir dans les énergies renouvelables dans la Caraïbe.⁷⁴ En Haïti, ceci limite la capacité d'autres institutions de crédit de fournir des prêts viables. Le manque de confiance dans les utilités publiques pour répondre à leurs obligations de paiement envers les producteurs indépendants, diminue aussi la confiance des investisseurs et la volonté des banques à accorder du crédit pour des projets d'énergie renouvelable.

Selon un promoteur d'énergie solaire qui cherche à investir dans la Caraïbe, les prêteurs internationaux exigent une garantie souveraine du gouvernement national pour assurer que toutes les obligations de paiement des prêts seront respectées si l'acheteur du projet fait défaut.⁷⁵ Cependant, une telle garantie est difficile à fournir, considérant que le gouvernement haïtien investit déjà dans des secteurs très importants et envoie également des paiements à l'EDH. Les fonds climatiques internationaux par conséquent pourraient être utilisés pour fournir une assurance pour les investissements privés dans les énergies durables, remplaçant la nécessité d'une garantie souveraine.

La centrale énergétique d'E-Power récemment construite en Haïti à partir d'une garantie souveraine financée par le gouvernement, démontre l'efficacité de cette stratégie.⁷⁶ Le projet a été financé en grande partie par le SFI et vend de l'électricité à l'EDH à USD 0.15–0.17 par kWh, comparativement au prix de USD 0.22–0.26 par kWh pour beaucoup d'autres établissements du pays. Des garanties souveraines similaires pour les projets d'énergie durable pourraient aider à les rendre plus finançables en Haïti.

7.3.5 Créer des mécanismes de financement innovants additionnels

Le gouvernement haïtien a reconnu que les transferts, ou l'argent envoyé par les expatriés, sont une occasion importante pour promouvoir le développement économique et social.⁷⁷ Les transferts – envoyés en Haïti par une combinaison de banques, d'agences de transfert, et des courriers personnels informels, ou les *facteurs*, qui font la livraison aux amis et aux familles – jouent un rôle important au niveau de la Caraïbe et de l'Amérique Latine, particulièrement en Haïti.⁷⁸ Les transferts provenant de plus d'un million de citoyens haïtiens vivant à l'étranger – principalement au Canada, en France, et aux États-Unis – représentent 25 à 32 % du total du PIB depuis 2007.⁷⁹ En 2012, Haïti a reçu USD 1,988 milliard en transferts.⁸⁰ La majorité est utilisée pour couvrir les dépenses de subsistances de base des ménages, avec une estimation de 10 à 25 % de tous les transferts vers Haïti et la République dominicaine allant aux achats de combustible, principalement le kérosène ou le pétrole.⁸¹

Cet argent peut être exploité spécialement dans le but de financer l'énergie propre, spécialement quand les projets sont mis en commun. Approximativement 10 % des immigrants haïtiens qui envoient des transferts font partie d'Associations Communautaires, de groupes d'Haïtiens de la diaspora ayant des liens avec la même communauté.⁸² Ces groupes peuvent canaliser des transferts vers des projets spécifiques y compris vers les énergies durables. Zafen, une plateforme de prêt en ligne modelé en partie sur Kiva, est un projet conjoint de la BID, de Fonkoze, et d'un ordre Catholique. Il vise à connecter des groupes de la diaspora directement aux projets sur le terrain ayant des besoins de financement. Haïti devrait travailler à augmenter la connaissance et la sensibilisation dans les communautés haïtiennes et les Associations communautaires sur les avantages des énergies durables, et d'identifier les projets locaux ayant des besoins de financement.

D'autres modèles sont l'Arc Finance, établi en 2008 avec le support du Clinton Bush Haiti Fund, la Basel Agency for Sustainable Development (BASE) et Sogexpress. Arc Finance travaille avec les membres de la diaspora haïtienne pour faciliter l'achat des produits d'énergie durable à bas prix pour les amis et la famille en Haïti.⁸³ À l'avenir, les transferts mis en commun pourraient être utilisés comme levier pour aider à financer de plus gros projets d'énergie durable, fournissant la garantie nécessaire aux investisseurs pour les convaincre à investir dans le pays. Les transferts mis en commun pourraient également être utilisés pour financer des projets d'énergie durable au niveau de la communauté, tels qu'un mini-réseau.

Des transferts similaires pourraient être utilisés pour financer des programmes de location de panneaux solaires. Bien que presque toutes les sources d'énergie renouvelable aient un coût moyen actualisé d'énergie plus faible que celui des carburants fossiles, on se les procure rarement dans les communautés à faible revenu en raison de leurs coûts initiaux très élevés, plus particulièrement dans le cas des technologies solaires. Si les clients pouvaient éviter les coûts initiaux élevés et payer simplement le coût moyen de production, ils seraient plus disposés à payer pour les énergies renouvelables. Les transferts peuvent être mis en communs pour payer l'investissement initial des technologies d'énergie renouvelable, laissant le client responsable de payer uniquement pour la production.

L'analyse de la BID conclut que les expéditeurs ont un intérêt important dans le contrôle de la façon dont leur argent est dépensé de même que pour relier les transferts dans le secteur énergétique. En ce qui concerne l'investissement dans le secteur énergétique, les expéditeurs sont toutefois susceptibles de favoriser le financement dans des petits équipements, tels que les lanternes solaires ou les chargeurs de téléphone, que les plus gros systèmes, tels que les kits solaires domestiques ou les chauffe-eau solaires.⁸⁴

7.4 Mettre en œuvre des modèles fonctionnels d'entreprises d'électrification rurale en Haïti

Le fait de trouver des moyens de financer des projets d'électrification rurale est essentiel si Haïti doit atteindre ses objectifs de développement. Profitant des institutions nationales telles que le CFI, les mécanismes de financement internationaux de l'énergie durable tels que le GEF et le CMD, ainsi que les bailleurs de fonds sont jusque quelques exemples de la façon dont Haïti peut financer des projets de mini-réseau nécessaires qui pourrait promouvoir l'électrification rurale.

Une fois le financement trouvé, il y a quatre modèles normalisés d'entreprises pour les mini-réseaux en milieu rural : la propriété communautaire, la propriété étatique, la propriété privée, et le modèle de partenariat hybride privé-public.⁸⁵ (Voir encadré 7.2.) Les deux premiers modèles (propriété communautaire et propriété étatique) ont eu plus d'utilisation mais sont souvent dépendants des fonds publics ou des donateurs. Un exemple de réseau de partenariat privé-public qui est financé par des donateurs (par l'UNEP) est le projet EarthSpark dans la ville haïtienne Les Anglais.⁸⁶

Encadré 7.2. Modèles d'entreprises normalisés pour des mini-réseaux en milieu rural

En général, il y a quatre modèles normalisés d'entreprises pour les mini-réseaux en milieu rural : la propriété communautaire, la propriété étatique, la propriété privée, et le modèle de partenariat hybride privé-public. Le modèle de propriété communautaire a été mis en œuvre mondialement dans de nombreux cas, et son succès dépend en grande partie sur le niveau d'implication de la communauté et la structure de tarification. La participation précoce de la communauté crée un sentiment de propriété du projet qui peut contribuer à la durabilité du projet.

Les mini-réseaux à propriété étatique ou d'utilité publique ont vu un certain développement à côté des projets à propriété communautaire. Mais, les services publics sont souvent confrontés à des difficultés dans leur opération au niveau local en raison de leur structure de gestion centralisée et une tendance à se concentrer sur de gros projets à forte intensité de capital tels que la production centralisée et l'extension des réseaux.

Les mini-réseaux à propriété privée exigent que les projets soient rentables et attractifs pour les investisseurs. Le modèle d'entreprise privée est devenu plus attrayant étant donné que les entreprises reconnaissent de plus en plus le potentiel inexploité du marché de l'électrification rurale, et que les projets deviennent financièrement plus viables en raison de la baisse des coûts technologiques. Bien que les programmes d'incitations existent pour augmenter l'attractivité de ces projets aux opérateurs et investisseurs privés (voir la section ci-dessous sur les incitations et les subventions), le modèle privé exige encore des modèles de stockage communautaire et est particulièrement subordonné à un cadre réglementaire agréable.

Les partenariats hybrides publics-privés (PPS) peuvent être les modèles les plus efficaces dans l'établissement des projets de mini-réseaux en milieu rural. Ils sont aussi les plus difficiles à définir, puisque les termes exacts du contrat et la structure de propriété dépendront fortement du contexte local dans lequel le projet est établi et les entités impliquées. Mais, lorsqu'ils sont mis en œuvre efficacement, les PPS ont le potentiel de créer un projet utilisant les meilleures qualifications et compétences de chaque acteur. Par exemple, une compagnie privée ou utilité publique pourrait développer et installer un système de mini réseau, et une organisation communautaire pourrait gérer le système sur une base journalière alors que la compagnie privée fournit également l'expertise et le soutien commercial et technique.

Source : Voir Note 85 de ce chapitre.

Afin de renforcer les efforts d'électrification rurale adéquatement pour répondre aux besoins des millions d'Haïtiens non desservis, l'investissement du secteur privé est nécessaire. Les deux derniers modèles, les mini réseaux à propriété privée et les partenariats publics-privés, sont de plus en plus importants dans le domaine de l'électrification rurale. Bien que les quatre modèles aient un rôle à jouer en fonction du contexte local, les cadres réglementaires et les gouvernements doivent soutenir fortement les modèles privés et les PPP pour encourager plus d'implication du secteur privé dans ces questions cruciales.⁸⁷ (Voir tableau 7.6.) Plusieurs modèles de mini-réseaux sont déjà fonctionnels en Haïti. Dans le Département du Sud, le PNUD et l'Association Coopérative Nationale pour l'Électrification Rurale ont travaillé de concert avec les communautés afin d'établir la Coopérative Électrique de l'Arrondissement des Côteaux (CEAC), une coopérative communautaire appartenant à ses membres. La

Coopérative a élu son premier conseil de gestion en février 2014 et utilisera un système hybride solaire-diesel afin d'alimenter les actionnaires de la CEAC.⁸⁸

Tableau 7.6. Comparaison des modèles de mini-réseaux d'entreprises

Modèle	Avantages	Inconvénients
Propriété Communautaire	Augmentation de la propriété, qui améliore la maintenance; peut être plus efficace que les installations bureaucratiques.	Les communautés peuvent manquer de compétences techniques et commerciales, conduisant à des coûts plus élevés pour les ramener; la gouvernance des systèmes doit être bien gérée.
Privé	Une plus grande efficacité; peut avoir la capacité d'offrir de meilleurs services d'opération et de gestion; peut être en mesure de mieux diriger l'ingérence politique.	Manque de soutien financier initial dans la plupart des cas; souvent difficile de trouver des entreprises assez expérimentées, de sorte que les modèles sont souvent dirigés par des entreprises qui ont moins de capacité.
Propriété (Étatique) des Services Publics	La responsabilité incombe à une organisation expérimentée; souvent, de bons liens avec la politique donnent ainsi un meilleur accès aux systèmes légaux; leur échelle peut signifier qu'ils ont de meilleurs accès aux pièces de rechange et à la maintenance.	La libéralisation signifie que les utilités publiques sont axées sur le marché et ne peuvent pas prioriser des systèmes décentralisés dans les zones rurales; sont souvent inefficace et en faillite et souvent dirigées par des programmes politiques.
Hybride (Partenariat Public-Privé)	Combine les avantages des modèles précédents.	Les différences dans la structure managériale pour les différentes entités impliquées peuvent augmenter les coûts de transaction.

Source : Voir la Note 87 de ce chapitre.

Quel que soit le modèle utilisé, il existe une série de facteurs qui peuvent contribuer au succès des projets de mini-réseaux isolés. Certains de ces facteurs, tels que le cadre réglementaire et les subventions, viennent du gouvernement ou de l'agence de réglementation du pays dans lequel le projet est en train d'être mis en œuvre. D'autres facteurs tels que, le fait d'assurer une demande suffisante pour le recouvrement des coûts, dépendent de la conception du modèle d'entreprise de l'opérateur. Une fois le modèle choisi pour un projet donné, ces facteurs de succès doivent être pris en compte. (Voir chapitre 8 pour plus de détails là-dessus.)

7.5 Conclusion

There are a number of potent investment risks for sustainable energy entrepreneurs in Haiti. Some of them are economy wide, while some are specific to the electricity sector. These significant hurdles are preventing Haiti from experiencing the type of sustainable energy boom that has happened elsewhere in the region and beyond. Still, business models exist that can be employed to successfully implement sustainable energy projects in Haiti. Existing sources of development funding (domestic, international, private, public, energy specific, and climate related) can be used to immediately support such initiatives, given the pressing social and economic need to supply affordable and reliable energy—the foundation of sustained development—as quickly as possible.

In parallel, existing financial instruments should be fine-tuned to the specifics of the energy sector—and new ones should be created. International experience in this area should be used to design, implement,

and monitor these support mechanisms. Further, capacities, both human and technical, need to be built in both funding and financial institutions. Ultimately, however, all energy markets are policy driven. The government has an important role to play in improving the market framework conditions for sustainable energy investments.

8 Établir une politique cadre efficace pour exploiter les occasions d'énergie durable en Haïti

Principaux résultats

- Les obstacles à la réalisation d'une transition vers les énergies durables, tels qu'identifiés dans les chapitres 1–7, peuvent être surmontés en utilisant une politique-cadre efficace, y compris une stratégie à long terme pour le développement du secteur énergétique, une amélioration de la capacité institutionnelle et de l'efficacité administrative, et des politiques bien conçues et complémentaires.
- Haïti devrait établir un cadre visionnaire qui énonce un engagement explicite au développement d'un secteur de l'énergie durable, y compris des objectifs nationaux ambitieux pour la capacité et la production d'énergie renouvelable, l'efficacité énergétique et l'électrification.
- Intégrant les commentaires du public, tous les bureaux gouvernementaux et parlementaires compétents, le secteur privé et la société civile assurent que la vision reflète les priorités essentielles, les objectifs existants dans d'autres secteurs, et les objectifs généraux de développement.
- Une plateforme pour renforcer le dialogue entre les institutions publiques locales et nationales, ainsi qu'un cadre pour guider les organisations internationales, faciliterait la coordination du secteur énergétique.
- Haïti devrait envisager d'inclure l'énergie durable dans son Cadre de Coordination pour l'Aide Extérieure au Développement. Cela permettra d'augmenter sa capacité à dialoguer avec les organisations internationales travaillant dans les énergies durables et de mieux aligner les projets d'énergie durable avec d'autres besoins de développement.
- La création d'institutions clés, y compris un régulateur indépendant et un Bureau d'électrification rurale, pourrait aider les ressources directes et les capacités à surmonter des défis majeurs. Un régulateur électrique indépendant permettrait de faciliter des conditions d'opération transparentes, équitables et explicites entre les opérateurs de réseaux et les producteurs d'électricité indépendants (PEI). L'ouverture du marché à d'autres opérateurs de réseaux et l'augmentation de la capacité de l'EDH à faciliter la collecte des tarifs d'électricité devraient être des priorités élevées.
- Le gouvernement devrait améliorer la transparence des tarifs d'électricité et le processus de collecte, communiquer des exigences claires pour le développement de projets d'énergie renouvelable, et rendre les données énergétiques plus disponibles.
- La mise en œuvre de codes et de normes d'efficacité énergétique en plus d'encourager des vérifications pourrait épargner l'argent des clients d'énergie et réduire le niveau général de la demande réprimée en Haïti.
- Haïti pourrait réduire les pertes non techniques en se concentrant sur des projets de production à base communautaire qui travaillent avec les clients locaux pour créer un sentiment de propriété, et en lançant une campagne de sensibilisation pour le public cible.
- Pour faciliter la participation et la réussite des PEI, les contrats pour les accords d'achat d'énergie doivent être normalisés pour aider à diminuer les frais administratifs. Un programme de facturation nette pour les principaux consommateurs énergétiques, devrait être créé. Et des incitations fiscales devraient être mises

en œuvre pour encourager l'importation et l'utilisation de technologies d'énergie renouvelable.

- Pour accroître l'accès à l'électricité par les énergies renouvelables, les considérations prioritaires sont des structures de prépaiement pour la consommation résidentielle, des programmes de crédit-bail solaires, des structures tarifaires pour les micro-réseaux en milieu rural, et des efforts d'associer des projets énergétiques avec le développement économique et communautaire, générateur de revenus.

8.1 Identifier les priorités appropriées et ambitieuses pour les énergies durables

L'analyse dans les chapitres 1–7 montre le potentiel des ressources, la faisabilité technique et les bénéfices socio-économiques de développer l'énergie durable en Haïti. En raison des ressources énergétiques disponibles dans le pays, la condition actuelle du système d'électricité, et les besoins de sa population, Worldwatch a identifié trois priorités essentielles pour le développement du secteur à moyen terme :

- Accroître l'accès à l'électricité par une combinaison de nouvelle production d'énergie renouvelable (distribué et rattaché au réseau) et l'amélioration du réseau,
- Assurer que les services d'électricité soient fiables et abordables et
- Réduire considérablement la dépendance sur les carburants fossiles importés

La réalisation de ces objectifs exigera la construction d'une politique-cadre efficace avec trois éléments importants : (1) une vision efficace et ambitieuse pour le développement de l'énergie durable qui inclut des objectifs concrets et un plan stratégique cohérent; (2) une structure de gouvernance possédant une forte capacité institutionnelle et des procédures administratives efficaces; et (3) un mélange de politiques de soutien ciblées et de mécanismes conçus pour améliorer l'efficacité énergétique, encourager les investissements dans les sources d'énergie renouvelable et accélérer le déploiement énergétique. En se basant sur des analyses issues du cadre politique national existant et sur les meilleures pratiques internationales, ce chapitre formule des recommandations concrètes pour la mise en place d'un cadre stratégique ad hoc.

8.2 Établir une vision efficace et ambitieuse pour le développement de l'énergie durable

Une vision pour le développement de l'énergie durable permet l'établissement d'un plan stratégique national pour le secteur, ralliant toutes les institutions publiques concernées autour d'un projet commun et garantissant aux investisseurs la stabilité et la prévisibilité dont ils ont besoin. Tout cela peut être accompli en établissant une vision aux objectifs ambitieux (mais réalisables) qui reflète les priorités nationales, et en impliquant les institutions et les acteurs pertinents qui en assureront la cohérence.

8.2.1 Vision énergétique actuelle d'Haïti

Ces dernières années, le gouvernement haïtien a souligné l'ampleur et l'état désastreux de la crise énergétique au pays, et le président Martelly a fait du développement de l'énergie l'un des cinq piliers du plan stratégique de son administration.¹ Des institutions publiques clés, y compris le ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), le Bureau des mines et de l'énergie (BME) et Électricité d'Haïti (EDH), ont souligné l'importance du développement de l'énergie durable, en plus d'élaborer les bases d'un cadre politique et de progresser dans l'élaboration d'objectifs nationaux pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Au cours de la dernière décennie, ces

institutions ont présenté plusieurs documents majeurs qui identifient divers objectifs et priorités pour le secteur énergétique. (Voir le tableau 8.1.)

Tableau 8.1. Plans du secteur de l'électricité et objectifs correspondants

Plan	Année de publication	Institution(s)	Vision/Priorités	Objectif(s) pour le secteur de l'électricité et celui des énergies renouvelables	Forces	Faiblesses
Plan national de développement du secteur de l'énergie (2006–17)	2006; mise à jour : décembre 2011	MTPTC, EDH, et BME	- Mettre en place un système énergétique qui soit fiable, abordable, durable sur le plan environnemental, sécuritaire et équitable - Parvenir à l'électrification universelle grâce au double développement des sources d'énergie renouvelables et thermiques, en mettant l'accent sur les énergies renouvelables pour l'électrification rurale - Donner priorité au développement éolien partout où il sera économiquement viable - Développement de l'énergie de biomasse, solaire et hydroélectrique à petite échelle	D'ici 2020 : 50 % de l'électricité produite par des sources d'énergie renouvelable* - Maintien des services d'électricité pour un minimum de 12 heures par jour** D'ici 2013 : Augmenter le taux national d'électrification à 20 %**	- Permet une bonne vue d'ensemble de l'état du secteur, des défis et des priorités - Désigne clairement le développement des énergies renouvelables (plus particulièrement de l'énergie éolienne) comme une priorité essentielle - Identifie des objectifs concrets pour la pénétration des énergies renouvelables, ainsi que des objectifs généraux à court (2006-08), moyen (2008-13) et long (2013-17) terme	- Pas de plan à long terme avec des objectifs clairs et des dates butoir - Les objectifs à court et moyen terme sont maintenant obsolètes et ne reflètent pas les projections exactes de la demande - Les scénarios pour la génération d'électricité d'ici 2017 se basent sur une dépendance continue aux carburants fossiles, sans aucun plan pour le développement d'énergies renouvelables (à l'exception de l'hydroélectricité) - Se concentre sur l'extension du réseau plutôt que sur le potentiel d'une production décentralisée
Avant-Projet de Politique Énergétique de la République d'Haïti	Mise à jour : janvier 2012	MTPTC, BME, et EDH	- Étudie, préserve et exploite le potentiel des ressources énergétiques nationales, y compris les énergies renouvelables et les carburants fossiles - Redéfinit et supporte le cadre réglementaire et institutionnel afin de protéger les investisseurs, les consommateurs et l'environnement - Crée un cadre réglementaire qui fait la promotion du développement énergétique et de la préservation de l'environnement	D'ici 2020 : Augmentation de 30 % de l'efficacité énergétique D'ici 2020 : 50 % de pénétration des énergies renouvelables D'ici 2020 : Augmentation du taux d'électrification à 50 %	- Reconnait la nécessité d'une politique et d'une stratégie énergétique nationale officielle - Fixe des objectifs concrets dans trois secteurs (l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et l'accès à l'électricité) - Formule les stratégies pour atteindre ces objectifs	Ne fut pas adopté en tant que politique officielle

Politique énergétique de la CARICOM	Mars 2013	CARICOM	• S'assurer que tous les membres de la CARICOM aient accès à des services énergétiques modernes et abordables • Améliorer l'efficacité énergétique et accélérer le développement et l'usage des technologies d'énergie renouvelable	• D'ici 2017 : 20 % de la capacité de production issue des sources d'énergie renouvelable; réduction de 18 % des émissions de CO₂ dans le secteur de l'électricité (versus le statu quo) • D'ici 2022 : 28 % de la capacité de production issue des sources d'énergie renouvelable; réduction de 32 % des émissions de CO₂ dans le secteur de l'électricité (versus le statu quo) • D'ici 2027 : 47 % de la capacité de production issue des sources d'énergie renouvelable; réduction de 46 % des émissions de CO₂ dans le secteur de l'électricité (versus le statu quo); réduction de 33 % de l'intensité énergétique	• Identifie l'efficacité énergétique et l'énergie renouvelable comme priorités régionales clés • Fixe pour l'énergie durable des objectifs ambitieux à court, moyen et long terme • Jette les bases pour une éventuelle interconnexion ainsi qu'un commerce régional qui pourraient renforcer le développement des énergies renouvelables et les rendre plus abordables	• Inclut des cibles régionales non contraignantes, mais aucun engagement de la part des États membres
-------------------------------------	-----------	---------	--	--	---	---

* Cible issue du *Plan national de développement du secteur de l'énergie*, publié en décembre 2011.

** Cible issue du *Plan national de développement du secteur de l'énergie*, publié en novembre 2006.

Le Plan National de Développement du Secteur de l'Énergie, dont la dernière mise à jour date de décembre 2011, avait pour but d'établir une vision pour l'avenir du secteur énergétique ainsi qu'un consensus autour des options pour le développement durable.² Il désignait les énergies renouvelables et une expansion rapide de l'accès à l'électricité comme priorités nationales, et incluait des cibles concrètes pour la pénétration énergétique et l'électrification. Cependant, ces objectifs sont maintenant obsolètes, ce qui n'est pas pris en compte dans les prédictions du Plan en matière de capacité de production d'ici 2017 : ces prédictions reposent exclusivement sur de grandes centrales hydroélectriques et sur des turbines à combustion à cycle combiné, et sont dépourvues d'expansion significative des capacités de production d'énergies renouvelables autre que l'hydroélectricité.³ Le Plan prévoit principalement l'expansion de l'accès à l'électricité en usant de la méthode traditionnelle d'extension graduelle et d'interconnexion des réseaux existants, avec pratiquement aucun égard pour le potentiel d'une production décentralisée ou celui des mini-réseaux.⁴

Haïti a également travaillé à l'adoption d'une Politique Énergétique Nationale. La dernière ébauche, écrite en 2012, articule une vision qui cherche à étendre et améliorer les services énergétiques en réformant le cadre réglementaire et institutionnel du pays. Elle vise également le développement d'énergies renouvelables en même temps que celui des carburants fossiles.⁵ La Politique inclut également des cibles ambitieuses (mais réalisables) pour 2020 dans les secteurs clés de l'efficacité énergétique, de la pénétration des énergies renouvelables et de l'électrification, donnant ainsi au pays un cadre et une série d'objectifs pour aller de l'avant. Malheureusement, cette politique n'a pas été adoptée et n'a donc eu aucune incidence officielle sur le développement énergétique. L'ébauche de 2012 signale que l'absence d'une politique énergétique officielle en Haïti crée des problèmes significatifs, sans document pour définir clairement la stratégie à long terme du gouvernement et ses

priorités en matière d'énergie, chaque secteur développe son propre plan selon ses propres objectifs, limitant ainsi leur cohérence et leur efficacité.⁶

Enfin, en mars 2013 (après près de 10 ans de délibérations), la Communauté caribéenne (CARICOM) a complété et mis en place sa Politique Énergétique. En tant que l'un des 15 États membres de la CARICOM, Haïti est partie prenante de ce document, qui a pour but d'assurer que « tous les citoyens des communautés de la CARICOM aient accès à un approvisionnement énergétique moderne, propre et fiable, et ce à des prix abordables et stables ». ⁷ Parmi ses objectifs principaux en matière de sécurité énergétique et de commerce intracommunautaire, la politique appelle entre autres au développement des technologies d'énergie renouvelable et à leur utilisation, ainsi qu'à l'amélioration de l'efficacité énergétique. ⁸ La Politique Énergétique est également rattachée à une série d'objectifs régionaux (à court, moyen et long terme) en matière d'énergie durable. Bien que ces objectifs régionaux ne soient ni juridiquement contraignants ni assortis d'engagements de la part des États membres de la CARICOM, ils signalent tout de même un appui régional pour le développement rapide de l'énergie durable et le positionnement de cet effort au cœur d'un plan énergétique. Cependant, Haïti ne s'est joint à nouveau à la CARICOM qu'en 2006 (à la suite à une suspension de deux ans), et a parfois eu du mal à participer pleinement aux opérations régionales. ⁹ Il n'y avait aucun délégué haïtien en 2013 lors de la réunion du Conseil du Commerce et du Développement Économique, réunion où la Politique Énergétique fut officiellement approuvée.

Dans l'ensemble, le manque de cohérence entre ces plans et l'absence d'une quelconque stratégie nationale officielle comportant des objectifs clairs et des dates butoir en matière d'énergie et de développement alimentent une forte incertitude et représentent des obstacles majeurs au progrès sectoriel. ¹⁰ Sans un engagement clair du gouvernement envers le développement de l'énergie durable, les acteurs clés (y compris ceux qui pourraient financer et développer des projets) ont de la difficulté à établir des plans à long terme. ¹¹ Les recommandations suivantes pourraient permettre de renforcer une vision nationale et d'en augmenter l'influence et l'efficacité.

8.2.2 Mettre clairement l'accent sur l'énergie durable et la décentralisation de la production en tant que priorités

Les analyses contenues dans les chapitres 1 à 6 illustrent la viabilité et les bénéfices (socioéconomiques et environnementaux) associés à un secteur énergétique haïtien qui miserait sur l'efficacité et la conservation, les ressources renouvelables locales et la production décentralisée. Il est important de créer le climat d'investissement nécessaire à l'amélioration rapide de l'efficacité énergétique et au déploiement des technologies d'énergie renouvelable. À cette fin, le gouvernement devrait formuler clairement son intention de transformer le secteur énergétique grâce aux énergies durables et à la production décentralisée (plus particulièrement dans les zones rurales). René Jean-Jumeau, ministre délégué auprès du premier ministre chargé de la sécurité énergétique, soutient que l'approche nationale en matière d'électrification rurale devrait miser sur les ressources énergétiques locales et refléter l'engagement du pays envers les énergies renouvelables. ¹² L'Avant-Projet de Politique Énergétique Nationale note que les technologies renouvelables devraient être une priorité de l'électrification rurale. ¹³ Ces affirmations sont importantes et devraient être codifiées et explicitées dans tous les documents officiels concernant la planification du secteur énergétique.

8.2.3 Adopter des objectifs officiels ambitieux pour l'énergie durable

L'adoption d'une série d'objectifs nationaux ambitieux pour l'énergie durable attesterait de la volonté du gouvernement dans ce domaine et encouragerait l'investissement. Parmi les principaux indicateurs de développement qui feraient de bons objectifs à court, moyen et long terme, notons (1) la capacité installée totale; (2) la part de production provenant de chaque technologie renouvelable; (3) la progression du taux d'efficacité du réseau et des installations; et (4) l'électrification (en mettant clairement l'accent sur les zones à l'extérieur des principaux centres urbains, dont Port-au-Prince). La mise en place d'objectifs nationaux appropriés nécessitera la mise à jour des données, afin qu'elles reflètent les réalités politiques, institutionnelles et techniques actuelles. La méthodologie qui a menée aux objectifs de l'Avant-Projet de Politique Énergétique Nationale n'est pas claire; elle devrait être révisée afin de s'assurer à la fois que ces objectifs peuvent être atteints et qu'ils incorporent des projections réalisables de la demande. Ces projections devraient tenir compte (autant que possible) de la conjoncture, y compris la structure de la demande et la démographie des agglomérations à la suite du tremblement de terre de 2010, les besoins énergétiques futurs et les priorités des principaux secteurs économiques, ainsi que la demande latente.¹⁴

8.2.4 Synthétiser la vision parmi l'ensemble des institutions et des secteurs concernés

Inclure les commentaires d'acteurs de tous les secteurs pertinents ainsi que leurs prévisions en termes de besoins

L'énergie est fondamentalement intersectorielle, avec des conséquences importantes pour tous les secteurs économiques. Une bien meilleure coordination entre les ministères du gouvernement sera nécessaire afin d'élaborer une vision à long terme qui soit claire. Historiquement, les responsables de la planification énergétique ont été entravés par une coordination inadéquate. Des représentants d'EDH affirment avoir de la difficulté à bien préparer la mise en œuvre des projets du fait qu'ils ne savent pas ce qui a été planifié pour les autres secteurs.¹⁵

Une vision stratégique pour le développement énergétique se doit de refléter les plans nationaux des secteurs qui affecteront directement l'évolution de la demande, par exemple l'agriculture, l'industrie manufacturière et le tourisme. La situation pourrait être améliorée en convoquant tous les ministères à une table ronde afin d'identifier les secteurs prioritaires et de faire des prévisions en matière de besoins énergétiques. Alternativement (tel qu'il fut suggéré par le passé), le gouvernement pourrait faire circuler un sondage officiel visant à obtenir l'opinion des différents ministères.¹⁶ Idéalement, les principales agences d'aide humanitaire et les organisations internationales actives en Haïti seraient incluses dans le dialogue, aux fins de coordination et de cohérence.

Les prévisions sectorielles en matière de besoins énergétiques devraient ensuite être incluses dans la planification intégrée des ressources. Un exemple du bien-fondé d'une telle approche existe déjà. Le Plan d'action pour le relèvement et le développement national, publié en 2010, reconnaît la nécessité d'un dispersement de la population et de la création d'occasions économiques partout au pays. Le Plan identifie certaines zones géographiques ayant un potentiel de développement et un potentiel touristique, plus particulièrement les régions possédant des avantages comparatifs en matière de développement et les grandes agglomérations.¹⁷ Il pourrait servir de point de départ à l'élaboration de projections sur la demande énergétique et sur les besoins en infrastructure.

Assurer un message unifié

Les priorités nationales et les objectifs (tels qu'énoncés dans la vision énergétique d'Haïti) doivent être compris, adoptés et clairement articulés par toutes les institutions concernées du gouvernement. Une vision à long terme pour le secteur énergétique sera particulièrement inefficace si elle n'est pas couramment et largement diffusée, notamment aux investisseurs externes qui apprécient la prédictibilité. L'engagement d'Haïti envers le développement de l'énergie durable devrait être confirmé par les voix multiples d'acteurs clés, y compris le président, le premier ministre, d'EDH, le MTPTC et le ministre délégué auprès du premier ministre chargé de la sécurité énergétique. Les efforts qui visent à unifier ces acteurs importants autour d'une vision commune et à coordonner leurs communications permettront de signaler aux investisseurs que le gouvernement est résolu à atteindre les objectifs annoncés, en plus de fournir une partie de la sécurité nécessaire pour qu'ils s'engagent dans des projets d'énergies durables.

Participer à la conception des politiques énergétiques régionales et assurer la cohésion entre les objectifs nationaux et régionaux

Dans la mesure du possible, les objectifs nationaux devraient tenter de combiner les cibles domestiques et régionales en matière d'énergie durable, y compris les objectifs de la CARICOM. Cela permettra de simplifier le processus de planification et de fournir aux acteurs et aux investisseurs potentiels une vision cohérente qui supporte à la fois les efforts nationaux et régionaux. Il est dans l'intérêt d'Haïti (et de la CARICOM) de s'assurer de la participation entière d'Haïti à la conception de politiques énergétiques régionales et aux délibérations sur ces questions. Compte tenu de la taille de la population haïtienne, la CARICOM ne pourra pas atteindre ses objectifs énergétiques sans une participation à part entière du pays.

Parallèlement, Haïti pourrait profiter de nouvelles possibilités d'investissement et de collaboration au niveau régional. Le président Martelly est l'instigateur d'un effort concerté qui vise à renforcer l'implication du pays au sein de l'organisation régionale.¹⁸ Alors que le pays poursuit ce processus d'intégration, il devrait s'efforcer de participer entièrement aux discussions, négociations et initiatives qui portent sur l'énergie, s'assurant ainsi que la stratégie régionale reflète les priorités, les ambitions et les inquiétudes au niveau domestique.

Intégrer les objectifs énergétiques aux priorités visant l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets

Compte tenu de son extrême vulnérabilité aux impacts des changements climatiques (voir section 1.1), Haïti a beaucoup à gagner en intégrant son secteur énergétique aux efforts pour contrer les changements climatiques. Le gouvernement devrait revoir ses communications officielles à la CCNUCC afin d'établir d'ambitieux objectifs d'atténuation des changements climatiques qui reflètent les objectifs du pays en matière d'énergie durable. Il devrait également travailler sur l'établissement d'un programme robuste pour le contrôle des émissions de gaz à effet de serre et le suivi des bénéfices associés au développement des énergies durables. Un tel programme permettrait d'obtenir des données essentielles sur les secteurs à cibler pour de futures réductions d'émissions. Il permettrait également à Haïti de se prévaloir d'une aide internationale (assistance technique, expertise et financement lié au climat) afin de supporter de projets futurs d'énergie propre, tel que mentionné au chapitre 7.

8.2.5 Finaliser et adopter officiellement la politique énergétique nationale

L'Avant-Projet de Politique Énergétique Nationale fournit une bonne vue d'ensemble des priorités gouvernementales, suggère des objectifs pour le secteur énergétique et recommande diverses stratégies pour les atteindre. L'on devrait adopter la politique officiellement aussitôt que possible, en y compris les recommandations faites dans la section 8.2, ce qui permettrait de concentrer les efforts sur une implantation concertée.

8.3 Améliorer la capacité institutionnelle et l'efficacité administrative

Les plans nationaux en matière d'énergie et les objectifs qui y sont rattachés forment une partie du cadre qui permettra une transition aisée vers l'utilisation d'énergies durable, mais ils ne permettent pas à eux seuls d'atteindre ce but. Les structures de gouvernance et les procédures administratives permettent aux législateurs, investisseurs, responsables du développement et consommateurs de faire partie d'un système qui facilite le développement de l'énergie durable et réduit les obstacles majeurs.

8.3.1 État des institutions et de l'administration du secteur énergétique en Haïti

Dans un contexte historique caractérisé par des périodes récurrentes d'instabilité sociale, politique et économique, le gouvernement haïtien a souvent eu du mal à fournir les services publics essentiels et à s'acquitter des responsabilités qui incombent à une autorité gouvernementale souveraine. Dans le secteur énergétique, plusieurs agences gouvernementales possédant des mandats et des priorités qui se chevauchent (et qui parfois même s'opposent) peuvent être impliquées dans plusieurs aspects de la planification et de la réglementation.

Il n'existe toujours pas de système clair ou structuré au sein du gouvernement qui permette une coordination et un dialogue efficace dans le secteur de l'énergie durable. Selon le Plan National de Développement du Secteur de l'Énergie, le manque de coordination entre le MTPTC, le ministère de l'Économie et des Finances, le ministère de l'Environnement, d'EDH et le Bureau des mines et de l'énergie serait l'un des défis majeurs à relever.¹⁹ Certains administrateurs publics ont indiqué avoir beaucoup de difficulté à entamer un dialogue constructif et atteindre un consensus, en partie parce que chaque acteur du secteur de l'énergie a ses propres objectifs et intérêts.²⁰ Bien que ce problème soit loin d'être unique au secteur énergétique haïtien, il empêche tout de même la formation de consensus et ralentit la mise en œuvre des politiques.²¹

La coordination entre le gouvernement central et les structures départementales et communales est également limitée, faisant obstacle au développement efficace d'une politique énergétique et à la mise en œuvre de projets. Certains acteurs notent que les maires ont très peu de pouvoir de sollicitation ou d'approbation pour les projets du secteur énergétique, ce qui limite l'étendue possible des projets et, ultimement, leur adaptation aux besoins et aux priorités des populations locales. Tout cela contribue probablement au manque d'investissement du secteur énergétique à l'extérieur de Port-au-Prince,²² En plus de décourager les investisseurs potentiels qui ne peuvent identifier quel fonctionnaire approcher pour développer un projet énergétique dans une ville spécifique.

Ces défis sont exacerbés par l'historique de crises répétées et de renouvellement politique du pays, qui ont empêché certaines institutions étatiques de conserver leur personnel, leur mémoire institutionnelle et leur expertise. Au cours des dernières décennies, le nombre d'experts travaillant sur des questions énergétiques en Haïti a diminué drastiquement, atteignant un plancher juste après le tremblement de terre de 2010. À ce moment, il n'y avait plus qu'une poignée d'individus responsables de l'avenir du secteur énergétique au pays. Les institutions publiques chargées de la planification et de la

réglementation du secteur énergétique, y compris le MTPTC et l'Unité sur la sécurité énergétique, ont souvent fait face à un manque de personnel qualifié et à des capacités limitées pour la conception, la mise en œuvre et le suivi des politiques en matière d'énergie et d'électricité. Cela a souvent empêché Haïti de tirer avantage d'importantes ressources internationales ou de forums, ou de faire un suivi adéquat des développements dans le secteur énergétique.

Plusieurs bureaux responsables du développement et de la supervision d'aspects majeurs de projets énergétiques n'ont souvent qu'un ou deux employés, ce qui limite leur efficacité.²³ La rotation de personnel représente également un défi supplémentaire. Il y a de cela quelques années, d'EDH a perdu 60 % de son personnel au profit du Canada, qui avait alors délivré des visas spéciaux pour les ingénieurs.²⁴ Plusieurs autres ingénieurs et experts en énergie quittent le pays à la recherche d'occasions professionnelles ou académiques plus avantageuses, privant Haïti de son expertise énergétique et laissant derrière des institutions aux effectifs limités.

En Haïti, il n'y a pas d'institution spécifique – que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur d'un ministère – dédiée à la réglementation des énergies renouvelables, ou même du secteur énergétique. Le travail de réglementation est plutôt partagé par diverses institutions (ou il n'est tout simplement pas accompli). En janvier 2013, la Banque Mondiale a souligné l'absence de cadre réglementaire énergétique en Haïti, un obstacle majeur au progrès dans ce domaine.²⁵ Sans supraorganisme de réglementation, d'EDH a essentiellement tenu son propre rôle de superviseur, prenant la plupart de ses décisions unilatéralement sur des sujets tels que le droit d'exploiter le réseau, les modalités et conditions d'utilisation, la tarification et les possibilités d'investissement.

Cela signifie que d'EDH a rarement eu à rendre des comptes pour la qualité de son service. Lorsqu'on considère en plus les ressources limitées, il en résulte des pertes techniques importantes et d'autres problèmes significatifs. Ces insuffisances ont un effet négatif notable sur la perception et le niveau de confiance du public : en 2007, un diagnostic de gouvernance et de corruption développé par la Banque Mondiale a établi qu'environ 70 % des ménages haïtiens qualifiaient les services d'EDH comme étant de « mauvaise » ou de « très mauvaise » qualité. Les répondants considéraient également l'incapacité du gouvernement d'offrir des services de base comme une faiblesse fondamentale.²⁶

Enfin, une instabilité politique et économique, une capacité gouvernementale limitée et des interventions internationales répétées ont contribué à l'influence croissante et significative des institutions et des acteurs externes sur le développement du pays – y compris le secteur énergétique. Malgré le rôle utile que peuvent jouer les organisations internationales au niveau du renforcement des capacités ou de l'aide financière, l'étendue de leur implication au pays occasionne des défis majeurs. Il est largement reconnu qu'il y a trop d'ONG et d'organisations internationales en Haïti, agissant avec trop peu de coordination et de supervision. Il en résulte des doublons inefficaces qui s'avèrent des obstacles à long terme au renforcement des capacités et de la crédibilité de l'État.²⁷ Bien que les estimations du nombre d'ONG en Haïti varient énormément, il reste certain que très peu d'entre elles sont officiellement inscrites auprès du ministère de la Planification et de la Coopération externe, rendant la coordination très difficile.²⁸

Les institutions haïtiennes du milieu énergétique sont relativement faibles et mal coordonnées. Ainsi, le financement de projets est souvent acheminé directement par le biais des banques multilatérales de développement ou des ONG internationales, limitant la collaboration et la supervision du gouvernement. Les priorités des organisations internationales ne s'accordent pas toujours avec celles du gouvernement, et ainsi il peut difficilement influencer les projets de développement ou s'assurer que les

efforts s'imbriquent dans une stratégie nationale englobante. Le manque d'effectif dans les institutions énergétiques haïtiennes fait en sorte qu'elles ont de la difficulté à se conformer à temps au protocole et aux spécificités exigées par les organisations internationales, ce qui peut mener à des délais et même à l'abandon de projets.²⁹

Afin de renforcer les institutions et de les rendre plus efficaces, il est crucial de concevoir et de mettre en place un cadre politique cohérent en matière d'énergie. Pour le développement de l'énergie durable en Haïti, notons trois priorités majeures pour assurer l'efficacité des institutions et des procédures administratives : (1) l'intégration de l'énergie durable aux institutions clés du gouvernement; (2) l'établissement d'une structure institutionnelle solide, y compris certaines institutions énergétiques primordiales munies d'effectifs suffisants; et (3) le développement de processus clairs et transparents qui facilitent la communication, les investissements et l'élaboration efficace de politiques.

8.3.2 Intégrer l'énergie durable aux institutions et améliorer la coordination entre les acteurs gouvernementaux

L'on devrait établir un système clair et structuré pour la coordination du dialogue et du développement en matière d'énergie durable. Ce système devrait permettre la coordination entre les différentes agences, ainsi qu'entre le gouvernement central et les structures départementales et communales. Cela permettrait de surmonter plusieurs des défis qui mènent présentement à des efforts qui sont sans résultats, redondants ou qui se contredisent.

Établir une tribune pour le dialogue sur l'énergie entre les institutions locales et nationales du gouvernement

L'établissement de tribunes permettant un dialogue structuré et multipartite entre les décideurs clés du secteur énergétique pourrait contribuer à résoudre ces problèmes. L'Avant-Projet de Politique Énergétique Nationale de 2012 suggère la formation d'une commission constituée de représentants de diverses institutions : le MTPTC; le ministère de l'Agriculture, des Ressources naturelles et du Développement rural; le ministère de la Justice et de la Sécurité publique; la Chambre du commerce et de l'industrie d'Haïti; l'Université d'État d'Haïti; et l'Association nationale des médias haïtiens.³⁰ L'établissement d'un tel groupe serait bénéfique et devrait être entamé aussitôt que possible.

Il existe de telles tribunes dans les Caraïbes qui ont obtenu du succès. Le Conseil Énergétique de la Jamaïque, une tribune collaborative et multipartite, fut établi en 2012 afin de rassembler divers acteurs des domaines gouvernementaux et non gouvernementaux, réduire les coûts énergétiques, et augmenter la compétition dans le secteur énergétique.³¹ Le Conseil a déjà réussi à faire approuver des exemptions fiscales pour l'efficacité énergétique et à rationaliser les procédures de programmes énergétiques clés.³² Une approche « table ronde » similaire a été suggérée en Haïti, mais jusqu'à maintenant elle n'a pas obtenu l'appui nécessaire des autres acteurs institutionnels.³³ Un effort de même ordre mené par le président ou le premier ministre pourrait avoir plus de poids politique.

L'établissement d'un conseil énergétique au niveau national pourrait également permettre d'améliorer la communication et la coordination entre les institutions locales et les agences nationales. Ce conseil pourrait servir de tribune aux institutions locales, à partir de laquelle elles pourraient exprimer leurs besoins énergétiques et communiquer directement avec des représentants du Conseil Énergétique. De plus, le conseil pourrait accréditer des intermédiaires officiels qui seraient en contact direct avec des villes et régions spécifiques d'Haïti.

Adopter un cadre pour coordonner les actions et les investissements des organisations internationales

En novembre 2012, le gouvernement haïtien a tenté de structurer et d'harmoniser l'aide internationale autour d'un même programme pour le développement, le Cadre de coordination de l'Aide Externe au Développement (CAED).³⁴ Ce cadre se base sur divers principes clés, notamment : (1) le gouvernement haïtien devrait exercer son leadership et être responsable de la politique nationale de développement; (2) les partenaires techniques et financiers devraient agir conformément aux objectifs stratégiques nationaux en matière de développement; et (3) la capacité institutionnelle devrait être renforcée pour pouvoir gérer les efforts de développement. Cette approche ressemble à la Politique d'Aide du Sierra Leone, qui identifie des priorités nationales, fixe des règles pour la mobilisation et la mise en œuvre de l'aide étrangère au développement, et clarifie les rôles et les relations entre le gouvernement et ses partenaires.³⁵ L'adoption d'un tel cadre représente une déclaration d'intention importante, en plus de signaler qu'Haïti entend statuer plus activement sur les questions de coopération et d'aide externe. Le développement de l'énergie durable devrait refléter et respecter ces principes.

8.3.3 Renforcer la structure institutionnelle, notamment en y ajoutant des institutions clés

Créer une instance possédant des capacités suffisantes et un mandat clair pour la réglementation dans le secteur de l'électricité

Un pouvoir indépendant devrait pouvoir surveiller et garantir la qualité des services d'électricité, en plus de superviser et de réglementer le nombre grandissant de producteurs d'électricité indépendants (PEI) en Haïti. Puisque d'EDH se départira lentement de son rôle historique de producteur, transmetteur et distributeur d'électricité, il serait bien positionné pour devenir l'instance nationale en matière de réglementation. Les capacités humaines et institutionnelles d'EDH sont déjà adaptées au domaine de l'électricité, et il est ainsi logique pour l'institution de jouer un rôle sur les questions relatives à la réglementation.

Étant donné le besoin urgent d'étendre les services d'électricité partout au pays (plus particulièrement dans les zones n'ayant pas accès au réseau national), la stratégie nationale pour l'énergie durable devrait définitivement encourager une participation accrue des PEI. D'un autre côté, il est important que cette production soit réglementée et que le gouvernement haïtien puisse surveiller les producteurs autonomes et obtenir plus facilement de l'information sur leurs activités. L'Hôpital de Mirebalais discute présentement avec d'EDH afin de déterminer les normes qui devraient régir sa capacité à rediriger son énergie solaire excédentaire vers le réseau. Ce type d'arrangements présente des occasions énormes pour Haïti. Les représentants des services publics considèrent de plus en plus qu'il s'agit là d'une solution potentielle à la crise énergétique qui sévit. Cependant, les règles devront être clairement établies.³⁶ À mesure qu'il deviendra possible pour d'autres producteurs d'emboîter le pas et que le projet pilote pour la concession de zones aux opérateurs privés sera mis en place, le besoin de directives et de réglementations claires se fera grandissant, et d'EDH semble en bonne position pour répondre à ce besoin.

Créer une agence de l'électrification rurale

Compte tenu du besoin urgent d'étendre l'accès à l'électricité au-delà de Port-au-Prince, Haïti devrait établir un bureau spécifiquement dévoué à l'électrification rurale. La création d'une telle institution est cruciale, compte tenu du fait que l'on se concentre généralement surtout sur les problèmes

énergétiques de la capitale. La résolution de problèmes dans les autres régions nécessitera une approche spécialisée qui prend en compte les besoins et les capacités propres à chaque collectivité.

Le Plan national de développement du secteur de l'énergie de 2011 appelait à la création d'un Bureau de l'Électrification Rurale, ayant pour mandat de définir et de mettre en œuvre un programme dédié à : l'énergie renouvelable, les mécanismes financiers adaptés au monde rural et l'accessibilité pour les Haïtiens à faible revenu.³⁷ La mise en œuvre d'une telle instance représenterait un grand pas vers l'avant. Parmi les responsabilités clés d'un tel bureau, notons la conception d'un cadre réglementaire pour la décentralisation de la production énergétique, qui serait créé en collaboration avec d'autres agences fédérales et locales. Compte tenu du grand nombre de modèles potentiels d'électrification rurale, le bureau devrait opter pour une approche flexible afin de sélectionner les options les mieux adaptées à chaque région. Il devrait également sélectionner une approche tarifaire flexible. Par exemple, sur le plan de la tarification, un réseau communautaire autosuffisant possède des intérêts et des besoins différents d'un réseau géré par une entreprise privée.

De plus, il sera important pour Haïti de considérer la réglementation des réseaux ruraux, compte tenu du fait que l'absence de réglementation a historiquement nui à la qualité des services. L'une des options pour le Bureau de l'Électrification Rurale serait de superviser la qualité des services dans des zones spécifiques, en s'assurant de la satisfaction des consommateurs et de leur volonté de payer. L'avantage de cette option réside dans l'expertise sur les questions d'électricité rurale dont le Bureau pourrait profiter. Une autre option serait de laisser à d'EDH la responsabilité de la réglementation des réseaux ruraux. Cela permet de rassembler avantageusement toute la réglementation du secteur de l'électricité sous l'administration unique d'EDH. Quoiqu'il arrive, il est important que la réglementation des projets d'électrification rurale se fasse de façon organisée.

Renforcer les capacités des institutions publiques

Les institutions publiques œuvrant dans le secteur énergétique ont un besoin critique de renforcer leurs capacités. Cela pourrait être accompli en se concentrant plus particulièrement sur l'éducation en matière d'énergie et le renforcement des capacités. Malgré les transitions politiques, les efforts pour préserver la continuité et conserver les connaissances institutionnelles ont obtenu des résultats nettement positifs. Par exemple, lors de l'entrée en fonction du président Martelly en 2011, ce dernier n'a remplacé que les hauts fonctionnaires d'EDH. La majorité du personnel existant est resté en place, ce qui a permis à l'organisation de conserver l'essentiel de sa structure, en plus de son expertise institutionnelle.³⁸ Les projets de développement énergétique devraient s'assurer de fournir les ressources et l'expertise qui assoient solidement la capacité des institutions, permettant au progrès de subsister à la fin du cycle spécifique d'un projet.

Les programmes scolaires qui visent les ingénieurs et les agronomes seraient particulièrement bénéfiques, compte tenu du fait que ces professions répondent à bien des défis inhérents au secteur. Un programme qui viserait à enseigner aux ingénieurs comment construire et installer des panneaux solaires, par exemple, permettrait de s'assurer que les installations de projets solaires puissent être réparées et entretenues sans aide extérieure. Le gouvernement devrait également se concentrer sur l'intégration des technologies et des politiques en matière d'énergie durable aux cursus universitaires. Worldwatch a déjà collaboré avec le gouvernement haïtien afin de développer un tel curriculum pour le système universitaire public. Des initiatives similaires devraient être poursuivies.

8.3.4 Créer des processus transparents et clairs qui facilitent la communication, les investissements et l'implantation de politiques durables

Améliorer la collecte de données et rendre publique l'information cruciale sur l'énergie

La transparence est essentielle si l'on veut s'assurer que les politiques sont mises en œuvre de manière efficace et équitable. Sans transparence, même les politiques les mieux intentionnées peuvent rapidement devenir contre-productives. En Haïti, les processus qui gèrent le recouvrement des factures et la tarification peuvent parfois sembler arbitraires et inconsistantes du fait qu'elles ne sont pas bien comprises. Certains Haïtiens parlent même de « facturation conjoncturelle ». ³⁹ L'EDH pourrait améliorer la transparence de sa tarification et de ses processus de recouvrement en facilitant l'accès à l'information sur les coûts et les paiements et en faisant circuler les détails de cette tarification. Présentement, Haïti ne participe pas au Système d'Information sur l'Énergie des Caraïbes (Caribbean Energy Information System – CEIS), site d'échange régional qui a pour but la diffusion d'information en matière d'énergie afin de soutenir la planification et l'élaboration de politiques. ⁴⁰ Un effort régional ayant pour but d'assurer la disponibilité de ces données permettrait d'améliorer grandement la capacité analytique d'Haïti et de ses partenaires internationaux en ce qui a trait au système électrique du pays, permettant de mettre en œuvre des politiques efficaces.

Codifier et communiquer les exigences pour le développement de l'énergie renouvelable

La bureaucratie et les délais pour l'obtention de permis dissuadent également les banques et les institutions qui désireraient faire des prêts pour des projets en énergie renouvelable. L'abondance d'étapes requises pour la construction d'un projet d'énergie renouvelable et la confusion qui en résulte engendre des coûts de transaction élevés. Haïti a créé le Centre de Facilitation d'Investissement (CFI) en 2007 afin de combattre ce problème et rationaliser le processus d'investissement. Le Centre a permis, entre autres, de simplifier les procédures administratives encombrantes et fourni un éventail de renseignements économiques et commerciaux aux investisseurs potentiels. En septembre 2009, le CFI a lancé un registre en ligne qui permet aux investisseurs de vérifier l'existence d'entreprises haïtiennes. Le Centre a l'intention de permettre l'inscription en ligne et de devenir un centre de service pour toutes les exigences liées à l'inscription des entreprises. ⁴¹

Bien que certains membres du secteur privé aient critiqué la capacité et le pouvoir limités du CFI (l'empêchant selon eux d'attirer ou d'encourager les investissements), le CFI a tout de même un potentiel significatif et pourrait fournir du matériel aux investisseurs potentiels, y compris des études de marché et des études de faisabilité préliminaires. ⁴² En fournissant des renseignements sur la disponibilité des ressources et une liste des projets et des investissements existant en Haïti, le Centre pourrait être utilisé afin de faciliter plus particulièrement le développement de l'énergie durable. Présentement, il n'existe pas d'organisation ou d'individu dont la tâche serait d'informer les investisseurs potentiels du processus d'investissement énergétique au pays. Le CFI pourrait combler ce vide et former l'un de ses employés afin qu'il devienne un spécialiste des questions énergétiques. Cela impliquerait une formation sur les politiques énergétiques actuelles, les étapes à suivre pour une entreprise qui désire mettre en place un projet énergétique en Haïti, ainsi que sur le potentiel national en énergie renouvelable. En d'autres mots, le CFI pourrait devenir le centre de prédilection pour les investisseurs potentiels en énergie durable.

Encourager la participation du public et l'instruire des questions relatives à l'énergie durable

Former et sensibiliser les intervenants (afin qu'ils informent le public des questions énergétiques et des programmes) peut améliorer le comportement du consommateur et la capacité de l'État de bien gouverner. Lorsqu'il est question d'un sujet technique tel que l'électricité, il est possible que les dirigeants soient réticents à convier aux discussions des individus qui ne sont pas experts en la matière. Cependant, un examen des prises de décision en matière d'environnement aux États-Unis révèle que, dans un nombre d'occasions significatif, les décisions étaient substantiellement améliorées par la participation publique.⁴³ Des résultats sociaux et environnementaux positifs sont plus probables lorsque les politiques et la réglementation dans le secteur énergétique sont ouvertes au débat public et à l'examen des citoyens. La participation du public et ses observations sur des sujets controversés telles que le vol d'électricité permettent d'élaborer de meilleures politiques, ce qui rend les citoyens plus aptes à s'y conformer.

8.4 Mettre en place des politiques et des mécanismes de support ciblés et efficaces

Des politiques et des mécanismes de support ciblés peuvent faciliter le développement et le déploiement de bonnes technologies en matière d'énergie durable, en plus de contribuer à l'atteinte d'objectifs globaux. Les politiques publiques (y compris celles qui touchent la recherche, le développement, les projets témoins et le déploiement) jouent un rôle essentiel pour contrer les obstacles techniques et non techniques. Les politiques efficaces ont en commun trois caractéristiques générales :

1. *Les politiques doivent être mises en place harmonieusement.* Bien que certaines politiques se soient révélées efficaces dans certains contextes pour le déploiement rapide des énergies renouvelables, il n'y a pas de solution unique pour l'élaboration de politiques. Les autorités doivent identifier la combinaison de politiques la plus efficace selon les circonstances, en considérant la maturité technologique, le capital abordable, la facilité d'intégration au système existant, ainsi que la disponibilité locale et nationale en matière de ressources énergétiques renouvelables.
2. *Les politiques doivent être soutenues.* Afin de fournir aux investisseurs et aux promoteurs du domaine énergétique la stabilité et l'assurance dont ils ont besoin pour s'engager dans des projets énergétiques durables, les politiques doivent être soutenues pour une durée appropriée. Sans l'assurance que le paysage politique restera relativement stable, les investisseurs potentiels ne voudront pas risquer un engagement. Cela est particulièrement crucial en Haïti, où l'instabilité politique a longtemps été l'un des grands défis à surmonter.
3. *Les politiques doivent être flexibles.* Compte tenu du dynamisme des marchés de l'énergie renouvelable et des développements technologiques, les politiques doivent être assez flexibles pour permettre une adaptation constante aux conditions changeantes.

8.4.1 État actuel des politiques et des mécanismes en matière d'énergie durable

Il est difficile en Haïti – de par son passé d'instabilité politique et de violence, en plus de sa capacité institutionnelle et de son financement public limités – de mettre en œuvre des politiques et des mesures qui pourront concrètement encourager le développement de l'énergie durable et en assurer la stabilité. Présentement, le pays n'a pas de politique ou de mécanisme de soutien spécifiquement conçu à cette fin. Pour chaque composant principal d'un système d'énergie durable (efficacité énergétique, énergie renouvelable et système de transmission et de distribution), ce chapitre propose des mesures

politiques qui pourraient être mises en place afin de surmonter les obstacles majeurs à l'investissement et au déploiement.

8.4.2 Concevoir une combinaison de mesures afin d'améliorer l'efficacité énergétique

Comme mentionné au chapitre 2, l'amélioration de l'efficacité énergétique représente l'une des façons les plus rapides et abordables de réduire les coûts économiques et environnementaux associés à un système de production donné. Compte tenu de la capacité de production limitée en Haïti, l'efficacité énergétique représente l'une des meilleures perspectives d'avenir pour atteindre rapidement une augmentation de la consommation. Enfin, la promotion de l'efficacité énergétique est l'une des manières les plus efficaces de renseigner le public sur les questions énergétiques et sur les impacts de leur consommation d'énergie, ce qui permet de promouvoir de plus grands changements comportementaux et des économies d'énergie. Worldwatch recommande les options suivantes pour augmenter l'efficacité énergétique :

Encourager la conservation de l'énergie et l'efficacité énergétique

- **Mettre en place des codes et des normes qui ciblent des solutions de conservation de l'énergie et d'efficacité énergétique abordables.** Comme mentionné dans le chapitre 2, le secteur résidentiel d'Haïti représente 32 % de la consommation d'énergie finale, ce qui suggère que la mise en œuvre de codes de construction qui supportent des mesures de refroidissement efficaces pourrait permettre des économies d'énergie significatives. En Haïti, les normes d'efficacité devraient se concentrer sur les technologies qui sont abordables et faciles à déployer, en particulier les méthodes de refroidissement passives. Des toits rafraîchissants peuvent être installés à des coûts extrêmement bas, tout simplement en les peignant en blanc. Rendre les toits rafraîchissants obligatoires ou créer des mesures incitatives pour leur utilisation permettrait de : rendre les espaces plus confortables; réduire les coûts de refroidissement des usagers, des entreprises ou des édifices publics qui possèdent des unités de climatisation; réduire les coûts énergétiques à mesure que ces toits sont adoptés par de plus en plus de ménages haïtiens.

Aux États-Unis, des normes de toits rafraîchissants ont déjà été implantées au niveau local. L'État de la Californie a rendu obligatoire l'installation de toits rafraîchissants sur la plupart des nouveaux bâtiments et lorsque les toits sont altérés ou les édifices prolongés.⁴⁴ Le code de construction de la ville de New York exige que tous les toits plats ou légèrement inclinés des nouveaux bâtiments soient blancs ou qu'ils se conforment aux normes Energy Star.⁴⁵ Même quelques années après le tremblement de terre de 2010, les efforts de reconstruction offrent de nombreuses possibilités pour la construction et le réaménagement de structures endommagées qui intègrent mieux les concepts d'efficacité énergétique.

- **Mettre en place des stimulants fiscaux afin d'encourager les principaux consommateurs à vérifier leur rendement énergétique.** Une vérification du rendement énergétique permet d'identifier, dans un quelconque édifice, commercial ou non, les façons les plus simples et les plus efficaces de réduire la consommation d'énergie et les coûts qui y sont rattachés. Plusieurs pays caribéens ont mis en place des stimulants fiscaux afin d'en faire la promotion. À Trinité-et-Tobago, la Loi financière n° 13 permet un abattement d'impôt de 150 % pour les entreprises qui entreprennent une vérification de leur rendement énergétique et installent des équipements éconergétiques. La même loi garantit également aux entreprises qui effectuent cette vérification 75 % d'amortissement accéléré sur toute machinerie utilisée.⁴⁶ En Haïti, de telles mesures pourraient avoir un impact particulièrement

important sur le secteur du tourisme, où les hôtels exigent une puissance significative pour la climatisation. L'on pourrait ainsi économiser beaucoup d'argent en réduisant leur consommation. (Voir la section 2.7.3.)

- **Mettre en place de stimulants fiscaux afin de promouvoir l'importation et l'utilisation d'appareils éconergétiques.** L'Avant-Projet de Politique Énergétique Nationale d'Haïti recommande présentement la mise en place de stimulants fiscaux afin de promouvoir l'importation et l'utilisation d'appareils éconergétiques.⁴⁷ L'éclairage et les réfrigérateurs sont deux types d'appareils à l'impact significatif et devraient être les cibles de stimulants fiscaux.

Réduire les pertes non techniques

Les pertes non techniques importantes (principalement attribuables au vol d'électricité et au système inefficace de recouvrement), représentent l'un des plus grands défis auxquels fait face d'EDH.⁴⁸ Le prolongement de la crise a engendré un cycle négatif continu de pertes de revenus et de détérioration des services.⁴⁹

- **Donner la priorité aux projets de distribution décentralisés qui donnent aux communautés un sentiment de propriété.** L'une des façons les plus efficaces de réduire le vol de l'électricité est probablement de travailler avec les communautés locales, permettant de développer des projets énergétiques qui créent un sentiment de propriété et de responsabilité mutuelle entre les consommateurs. Selon le ministre délégué auprès du premier ministre chargé de la sécurité énergétique, les taux de vol d'électricité augmentent lorsque les institutions gouvernementales ou les ONG n'incluent pas les communautés locales dans la conception, l'installation et l'entretien des projets.⁵⁰ En mettant davantage l'accent sur les modèles de production décentralisés – y compris les mini-réseaux – l'on pourrait faciliter une plus grande participation de la communauté.
- **Mener une large campagne de sensibilisation auprès du public.** Le vol et la fraude dans le domaine de l'électricité émanent en partie d'une culture de non-paiement et d'une méconnaissance de plusieurs facteurs, notamment des dangers physiques, de la fiabilité du réseau et des coûts à long terme. Ainsi, une large campagne de sensibilisation pourrait contribuer à changer la perception du public et réduire le vol en Haïti. L'Opération Khanyisa en Afrique du Sud est un modèle cité en exemple un peu partout dans le monde. Cette campagne pour la consommation énergétique légale a mobilisé les citoyens à l'aide d'expositions, de publicités et de messages ciblés. Elle a sensibilisé le public en dépeignant la consommation légale de l'électricité comme un acte patriotique.⁵¹ En plus des slogans du type « conservons l'énergie pour une nation puissante » et « l'énergie fait la force », la campagne fournissait des brochures et des conseils en matière d'efficacité énergétique. Durant les trois premières années de l'Opération Khanyisa, le fournisseur national (Eskom) a atteint de revenus approximatifs de US \$24 millions.⁵²

8.4.3 Concevoir une combinaison de mesures pour accélérer le déploiement des énergies renouvelables

Rendre le marché accessible aux PEI

- **Clarifier la législation afin de permettre aux PEI de distribuer de l'électricité dans les zones qui ne sont pas couvertes par d'EDH.** Puisque d'EDH n'a pas la capacité de pourvoir aux besoins énergétiques de l'ensemble du pays, les efforts d'électrification et le développement de mini-

réseaux nécessiteront la participation des producteurs autonomes. Le monopole légal d'EDH sur la distribution a sans doute limité les investissements.⁵³ Permettre explicitement aux PEI de distribuer de l'électricité dans les régions où d'EDH n'a pas accès permettrait d'accélérer de manière significative le déploiement des énergies renouvelables. La loi de 1973 qui a créé le fournisseur national s'est assurée que d'EDH ait le contrôle exclusif de la production, la transmission et la distribution de l'électricité; cependant, d'EDH n'a jamais été en mesure de remplir son mandat et de rendre ses services accessibles à l'ensemble du pays. Les arrangements permettant aux PEI de produire de l'énergie pour d'EDH ont été jusqu'à maintenant négociés de manière bilatérale, en toute apparence de conflit d'intérêts avec la législation de 1973 reléguant à l'EDH le contrôle exclusif de la production, de la transmission et de la distribution, créant beaucoup d'incertitude et un manque de cohérence pour les promoteurs. En juin 2014, le gouvernement a lancé un appel d'offres aux entreprises locales et internationales afin d'assumer le rôle de l'EDH dans le Département du Sud-Est. Le soumissionnaire retenu obtiendra la concession des droits de production, de transmission, de distribution et de vente d'électricité dans cette région, et se verra dans l'obligation d'améliorer les infrastructures et d'ajouter une capacité suffisante afin d'alimenter tous les habitants du département. Au final, ce modèle pourrait être reproduit dans l'ensemble du pays, à l'exception des zones métropolitaines.⁵⁴ Le projet pilote constitue un pas important vers l'avant et un changement excitant au niveau de la structure et des opérations du secteur électrique d'Haïti.

- **Normaliser le processus entourant les contrats d'achat d'électricité (CAE).** Comme discuté dans la section 8.2.5, des CAE bien structurés permettent aux investisseurs privés d'investir avec confiance dans des projets énergétiques. Les CAE doivent être contraignants, prévenir les modifications unilatérales et protéger à la fois d'EDH et le producteur. La normalisation des CAE est une étape essentielle (particulièrement pour la promotion de l'électrification rurale par mini-réseaux), puisqu'elle réduit les coûts administratifs, augmente l'efficacité et attire les investisseurs privés grâce à une plus grande transparence du marché.⁵⁵ La normalisation des CAE encouragerait les investissements dans les mini-réseaux et le réseau national. Présentement, les investisseurs potentiels ont peu de connaissances, voire aucune, des points de contact pour l'obtention d'un CAE. Cette incertitude dissuade les investissements au pays.
- **Mise en place d'appels d'offres (basés sur le coût du service par kWh).** Un système d'appels d'offres pourrait faciliter l'addition de nouvelles capacités pour l'énergie renouvelable. Bien que les appels d'offres soient efficaces pour promouvoir la compétition entre les différents projets de production, ils contiennent également un potentiel de sous-enchère qui entraîne le non-respect des contrats. Haïti pourrait imposer des tarifs minimums afin d'éviter ce type de situation. Les appels d'offres doivent être issus sur une base fréquente et régulière si l'on veut assurer une croissance soutenue des énergies renouvelables. Bien que les appels d'offres aient l'avantage d'être simples et abordables d'un point de vue administratif, ils ne seraient pas si bénéfiques si le processus de sélection devait être répété sur une base annuelle ou bisannuelle.
- **Mettre en place un programme de facturation nette pour les principaux consommateurs énergétiques.** La facturation nette permet aux consommateurs qui possèdent des systèmes d'énergie renouvelable de contribuer à l'électrification du réseau en échange de crédits pour leur propre production, réduisant ainsi leur facturation et augmentant la puissance du service public. En Haïti, plusieurs entreprises et organisations internationales utilisent des génératrices ou y sont forcées par l'instabilité d'un réseau restreint. Cela contribue non seulement à une hausse de la

consommation de carburant diesel coûteux et dommageable pour l'environnement, mais constitue un défi financier supplémentaire pour d'EDH.

La mise en place d'un programme de facturation nette pour les consommateurs d'électricité à grande échelle (tels que les hôpitaux et les hôtels) permettrait de promouvoir l'utilisation des technologies d'énergie renouvelable et d'encourager autant que possible ces consommateurs importants à se brancher au réseau. Des discussions sur la facturation nette se poursuivent à l'Hôpital de Mirebalais, qui utilise présentement des panneaux solaires photovoltaïques pour alimenter ses opérations tout en redirigeant l'énergie excédentaire vers le réseau local. L'hôpital et d'EDH discutent présentement de la possibilité d'instituer un programme de facturation nette qui créditerait la production excédentaire de l'établissement. Un tel programme serait un incitatif très fort pour les producteurs autonomes, en plus de générer de l'énergie additionnelle indispensable.

- **Diminuer ou éliminer les tarifs douaniers pour l'importation de technologies et de composantes reliées à l'énergie renouvelable.** Les droits et taxes à l'importation de technologies de l'énergie renouvelable ou éconergétique découragent les investissements en augmentant les coûts technologiques. Puisque les coûts élevés en capital représentent l'un des principaux obstacles au développement de l'énergie renouvelable, ce coût additionnel pourrait compromettre la rentabilité d'un projet qui autrement serait viable. La République dominicaine a mis en place divers stimulants fiscaux qui ont servi de catalyseur au développement de son énergie renouvelable, mesures incitatives qui pourraient servir de modèles en Haïti. Notons (1) une exemption totale pour l'importation d'équipement et de machinerie nécessaires à la production d'énergie renouvelable, en plus de l'équipement de transformation, de transmission et d'interconnectivité au réseau électrique, ainsi que (2) une exemption totale au niveau de la Taxe sur le Transfert des Biens et Services Industriels (une taxe à valeur ajoutée qui s'applique au transfert et à l'importation de la plupart des biens et services) pour les projets d'énergie renouvelable.⁵⁶
- **Mettre en place des crédits d'impôt ciblés pour les centrales électriques utilisant des énergies renouvelables.** Ces stimulants fiscaux se répartiraient en deux catégories principales : crédits d'impôt à l'investissement (CII) et crédits d'impôt à la production (CIP). Les CII sont des baisses d'impôt fondées sur les investissements en biens d'équipement et d'installations pour les projets énergétiques. Ces réductions permettent d'alléger les frais d'investissement considérables des centrales électriques utilisant des énergies renouvelables, et ce grâce à des retours sur investissements immédiats. Les CIP, eux, se basent sur l'énergie réelle qui est produite. Les partisans des CIP préfèrent une approche fondée sur la production d'énergie, ce qui encourage les entreprises à maximiser le rendement énergétique de leurs installations. Elles diffèrent ainsi des CII, qui peuvent permettre aux entreprises d'obtenir des crédits d'impôt liés aux énergies renouvelables sans toutefois exploiter leurs installations.

Le pouvoir des crédits d'impôt a déjà été démontré par le passé en Haïti. L'exonération sur l'impôt du revenu négociée par E-Power eut un impact important sur sa récente capacité de construire une centrale électrique en Haïti.⁵⁷ En République dominicaine, l'exonération sur l'impôt du revenu fut un déterminant majeur du financement de Los Cocos, le premier parc éolien au pays. Des modifications semblables au code des impôts haïtien permettraient d'encourager les investissements dans l'énergie renouvelable. Au niveau des ménages, l'Avant-Projet de Politique Énergétique Nationale recommande l'implantation de stimulants fiscaux pour les chauffe-eau solaires et les systèmes photovoltaïques. Cette recommandation devrait être mise à exécution.⁵⁸

- **Fournir des subventions ciblées pour la participation du secteur privé dans l'électrification rurale.**
L'électrification de zones reculées représente plusieurs défis pour les investisseurs potentiels du secteur privé : par exemple, une demande relativement faible signifie qu'il est difficile d'atteindre un volume de ventes approprié; les populations ciblées ont souvent un pouvoir d'achat limité; la facturation et le recouvrement sont souvent difficiles.⁵⁹ Malgré ces défis, des études indiquent que les populations rurales à faible revenu ont parfois la capacité et la volonté de payer pour des services d'électricité.⁶⁰ L'expérience passée et de multiples études indiquent que les subventions pour le développement de mini-réseaux ne devraient pas être appliquées aux coûts d'exploitation.⁶¹ Afin d'assurer la viabilité des projets de mini-réseaux à long terme, les coûts d'exploitation devraient être couverts entièrement par les ventes d'énergie et une tarification appropriée.

Cependant, la subdivision des coûts d'investissement peut permettre plusieurs choses : attirer du financement privé, mettre des projets en place et équilibrer les efforts pour l'électrification rurale par mini-réseaux, permettant d'atteindre une plus grande population. Les mesures incitatives devraient également inclure une stratégie de sortie et se concentrer sur la transparence. La conception d'un retrait graduel des subventions permet d'assurer que les projets, une fois fonctionnels, ne deviennent pas dépendants de la subvention ou des mesures incitatives. Il est important de rester transparent à propos de la stratégie de sortie, afin de permettre aux propriétaires de mini-réseaux de mieux planifier l'avenir de leur entreprise et de leurs projets. Parmi les régimes de subvention habituels, notons les subventions de capital à versement unique, la prime au rendement, les tarifs sociaux et l'inter-financement. (Voir l'encadré 8.1)

Encadré 8.1. Régimes de subvention pour les programmes d'électrification

Les subventions de capital à versement unique ciblent le coût initial du mini-réseau. Lorsque combinées à de bonnes structures tarifaires qui couvrent les frais d'exploitation et d'entretien, les subventions de capital peuvent rendre les projets de mini-réseaux non seulement viables, mais également très attractifs pour les investisseurs privés.

La prime au rendement échange une subvention pour un service offert, ce qui a pour but d'encourager certaines actions de la part du fournisseur. Ce type de subvention peut être basé sur le nombre de branchements ou sur la production énergétique. Dans le cas d'une subvention basée sur la production, les subventions peuvent être conçues afin d'être réduites à mesure qu'augmentent les revenus des ventes d'énergie et l'efficacité du fournisseur.

Les tarifs sociaux permettent de subventionner la tarification pour les consommateurs les plus pauvres. Règle générale, les moins fortunés consomment très peu d'énergie. Ainsi, imposer une tarification réduite pour ceux qui consomment, par exemple, moins de 25 kWh par mois peut contribuer à démocratiser l'accès.

L'inter-financement peut également se révéler efficace en fournissant des subventions pour l'accessibilité. Cette méthode utilise les revenus des consommateurs les plus fortunés pour subventionner les tarifs énergétiques des consommateurs à faible revenu. L'on peut de façon similaire subventionner l'électrification rurale à l'aide des revenus provenant des centres urbains.

La concession temporaire de zones par le gouvernement pourrait également encourager le développement de mini-réseaux en zones rurales. Le gouvernement octroie alors à une certaine entreprise, pour un temps limité, l'exclusivité de l'alimentation énergétique d'une communauté. Si cette firme connaît un succès durant la période allouée, le gouvernement lui permet de continuer ses opérations. De cette manière, le

gouvernement encourage l'efficacité et la durabilité des opérations chez les fournisseurs de mini-réseaux.

Il existe des stratégies incitatives autres que celles mentionnées. Certains pays en voie de développement ont usé efficacement d'investissements et de crédits d'impôt à la production pour encourager les investisseurs et les promoteurs de projets privés. L'amortissement accéléré et la réduction des taxes à l'importation sur l'équipement des mini-réseaux sont d'autres exemples de stimulants fiscaux qui peuvent contribuer à attirer des investissements privés dans les mini-réseaux ruraux.

- **Structures prépayées pour la consommation résidentielle.** L'EDH en est déjà à considérer l'utilisation de cartes prépayées pour l'électricité, semblables à celles utilisées dans le secteur de la téléphonie mobile.⁶² En Haïti, les taux d'accès pour la téléphonie mobile sont considérablement plus élevés que ceux pour l'électricité. Le modèle prépayé a fait ses preuves en Haïti, et pourrait aider à protéger les distributeurs du vol d'électricité.
- **Programmes de location de matériel héliotechnique pour diminuer les coûts initiaux.** Bien que presque toutes les sources d'énergie renouvelable aient un coût moyen actualisé d'énergie plus faible que celui des carburants fossiles, on se les procure rarement dans les communautés à faible revenu en raison de leurs coûts initiaux très élevés, plus particulièrement dans le cas des technologies solaires. Si les clients pouvaient éviter les coûts initiaux élevés et payer simplement le coût moyen de production, ils seraient plus disposés à payer pour les énergies renouvelables.
- **Établir une tarification appropriée pour les mini-réseaux ruraux.** Permettre aux mini-réseaux d'établir des tarifs commerciaux appropriés pour un taux de rendement acceptable est essentiel à la création de projets ruraux en matière de mini-réseaux, en plus d'attirer les investissements privés dans le marché de l'électrification rurale. Bien que les tarifs doivent permettre de générer assez de profit pour attirer les investisseurs privés, ils doivent également permettre un équilibre entre la rentabilité et la pérennité d'un projet d'un côté et la volonté et la capacité de payer des consommateurs de l'autre.⁶³ En Haïti, le tarif résidentiel d'EDH est en moyenne de US \$0,16 par kWh, alors que celui des entreprises est de US \$0,35 par kWh. Certains propriétaires de mini-réseaux pourraient certainement générer des profits tout en facturant des tarifs moins élevés. Ainsi, dans les zones mal desservies par le réseau national, permettre au marché (et non pas au fournisseur national) de déterminer les tarifs devrait favoriser les investissements du secteur privé et accélérer l'électrification rurale.
- **Pratiquer le « développement rural intégré » en associant l'électrification rurale et le développement de mini-réseaux à des activités lucratives.** Les stratégies pour l'expansion de l'électrification devraient se concentrer sur un développement de services d'électricité qui s'harmonise à d'autres priorités de développement, telles que les infrastructures. Cette approche (qu'on appelle également le développement rural intégré) repose sur l'idée selon laquelle l'électrification est une condition nécessaire, mais à elle seule insuffisante, pour réduire la pauvreté. Bien que l'accès à l'énergie n'offre pas en lui-même de bénéfices économiques, certaines communautés ont pu améliorer sensiblement leur condition économique en combinant l'accès à l'énergie à un support logistique pour les petites entreprises.⁶⁴ (Voir l'étude de cas 7.)

Étude de cas 7. Meilleures pratiques pour les initiatives d'électrification rurale et leur applicabilité en Haïti

Le président Martelly a ravivé un intérêt pour l'électrification rurale (qui en avait grandement besoin), plus particulièrement grâce à son programme ambitieux « Ban m limyè, Ban m lavi ». Le budget du programme

énergétique de US \$20 millions vise l'extension du service d'électricité dans les départements de Grand-Anse et de Nord-Ouest, deux des régions les plus éloignées d'Haïti. Le projet porte une attention particulière aux énergies renouvelables, exigeant des banques un prêt de US \$30 millions pour aider les familles à se procurer un système solaire domestique (certains pour aussi peu que US \$100) ou une lanterne individuelle (US \$5). Le programme inclut également des prêts gouvernementaux de US \$15 millions pour l'installation de lampadaires. Au début de 2013, le programme progressait beaucoup plus lentement qu'il n'avait été prévu, plusieurs projets s'étant avérés plus dispendieux que prévu. Les coûts ont depuis diminué et le programme teste présentement des lampes DEL à haut rendement, permettant au programme d'offrir davantage qu'il n'était prévu à l'origine.

Plusieurs pays en voie de développement ont eu du mal à établir et conserver des programmes d'électrification rurale efficaces. Dans plusieurs cas, les subventions ont « siphonné les ressources de bien des fournisseurs nationaux, ce qui a eu pour effet de nuire grandement à leur performance générale et à la qualité des services ». Compte tenu de la situation précaire qui prévaut dans le secteur de l'électricité, Haïti ne peut se permettre de risquer de dépenser massivement les deniers publics sur des programmes excessivement ambitieux ou trop peu efficaces. Les études de cas présentées dans l'Annexe IX examinent plusieurs programmes d'électrification rurale qui ont obtenu du succès dans d'autres pays, permettant d'identifier les meilleures pratiques pertinentes au contexte haïtien.

Le système de concession du Cap-Vert démontre que l'électrification rurale est même possible dans un territoire fragmenté. Le système Pali Bidyut du Bangladesh démontre qu'une organisation rigoureuse est loin d'être incompatible avec une participation active des communautés. La belle réussite qu'est le Costa Rica représente probablement l'exemple le plus encourageant, combinant démocratie, un esprit de service public et une stabilité financière. Ces trois exemples démontrent également que l'électrification rurale est un terrain fertile pour l'établissement de partenariats productifs entre les services publics et privés : les entreprises sont attirées par le potentiel inexploité des zones rurales, mais elles nécessitent l'aide des pouvoirs publics pour couvrir les coûts initiaux et établir des contacts avec les communautés. En même temps, une réglementation sérieuse vient prévenir l'effet néfaste d'éventuelles pratiques monopolistiques des fournisseurs. L'expérience du Costa Rica suggère que, même lorsque le partenariat entre le secteur privé et public se termine en « combat d'autoglorification pour déterminer quel secteur fournit le meilleur service », au final ce sont les consommateurs des zones rurales qui sont gagnants.

L'on peut déjà tirer quelques leçons du programme « Ban m limyè, Ban m lavi ». La première (et la plus évidente) serait de « marcher avant de courir » : avec un objectif de 200 000 maisons d'ici 2014, le gouvernement projette de pratiquement doubler, en seulement deux ans, un taux de couverture qui n'a été atteint qu'après 40 ans. Il y a peu de chances que les entreprises privées se rallient derrière le programme s'il n'est pas perçu comme réaliste. L'évaluation des coûts un peu vague du gouvernement haïtien contraste avec les études rigoureuses du Costa Rica, qui évaluaient sur le terrain la demande énergétique et fournissaient des estimations de coûts détaillées. La durée d'ensemble de l'initiative est également problématique : Le président Martelly a annoncé qu'il s'agissait d'un « programme sans fin ». Bien que la continuité soit importante pour les projections à long terme, le programme Palli Bidyut Samities du Bangladesh démontre l'importance d'avoir des cibles réalistes en matière de rendement, en plus d'autres mesures incitatives afin d'accomplir plus en moins de temps.

Enfin, les initiatives d'électrification rurale qui ont obtenu le plus de succès dans les pays en voie de développement – et plus particulièrement dans les trois cas examinés précédemment – sont ceux qui furent initiés avec le support de subventions internationales, et non pas à l'aide de prêts de banques nationales (ou, du moins, pas exclusivement). Une subvention provenant d'une source extérieure signifie un coup de pouce pour la viabilité financière d'un projet. L'approbation d'un projet d'électrification rurale mène souvent à une diminution des taux d'intérêt, ce qui aide à contenir la dette. Les pratiques de certains donateurs internationaux telles que le FMI ou la Banque Mondiale ont été critiquées par le passé, mais il est généralement admis que l'approbation d'un projet par une instance internationale (à l'opposé d'un projet supporté par des objectifs et des promesses politiques mouvants) peut être un moyen utile de s'assurer qu'un

programme ambitieux ne devienne pas un cauchemar exorbitant pour l'État.

Source : Voir la note 64 pour ce chapitre.

La promotion d'activités lucratives parallèlement au développement de mini-réseaux augmente le facteur de charge (ce qui rend les mini-réseaux plus rentables) et supporte directement le développement économique des communautés concernées. Des projets de travaux publics (tels que la construction de routes, d'écoles et de cliniques) encouragent un développement économique qui, en retour, soutient la demande en électricité. Une augmentation de la demande créée par les petites et moyennes entreprises peut contribuer au recouvrement des coûts de mini-réseaux et leur permettre de demeurer rentables, et ainsi contribuer davantage au développement économique.

Un support logistique peut également être intégré directement à la conception de mini-réseaux. Au Kenya, l'efficace mini-réseau Mpektoni comporte un moulin à grains qui sert de client mitan, fournissant à la fois des recettes stables aux opérateurs du mini-réseau et un service productif à la communauté.⁶⁵ En Haïti, les tours de téléphonie cellulaire dans les communautés reculées ont déjà supporté le développement d'économies à petite échelle : certains Haïtiens ont utilisé les tours pour brancher leurs réfrigérateurs ou étudier la nuit, ce qui démontre le potentiel de ce type d'approche.⁶⁶ Les industries qui encourent des pertes énergétiques ou qui possèdent de l'électricité excédentaire devraient être une priorité pour un développement adapté aux programmes d'électrification rurale. Bien que les tours de téléphonie mobile et les sucreries soient des choix évidents, d'autres industries agricoles telles que le sorgho à sucre, le jatropha et le riz pourraient fournir des emplois précieux et de la nourriture grâce à l'excès d'énergie.

8.5 Conclusion

The Haitian government is tasked with further improving market conditions for sustainable energy investment as rapidly as possible. Significant risks still exist in this area, but so do significant opportunities. This Roadmap provides the government with the technical assessments and socioeconomic analysis necessary to determine an energy development pathway that is in the best economic, social, and environmental interest of its citizenry. Given that energy markets are policy driven, the Haitian government should continue its efforts to create a market framework that allows for investments at the scale most beneficial to the Haitian people.

A long-term vision for the energy sector is needed. It must include concrete short-, medium-, and long-term targets for rural electrification, energy capacity, generation, consumption, and greenhouse gas emission limits. This will be an important first step to creating confidence among stakeholders, and throughout society, for a continued transition of the energy sector. Concrete, effective, and cost-efficient policies and measures within the overarching framework will then be the key drivers of innovation and investment. This chapter described the available toolbox; the next step will be to choose, design, and integrate an appropriate and complementary mix that ensures that actions are transparent, and that accounts for measuring, reporting, and verifying stated goals.

Transitioning to an economically, socially, and environmentally sustainable energy system is a society-wide and cross-sectoral effort. It requires "all hands on deck" at the many planning, implementation, and evaluation stages. In order to achieve this, policymaking and implementation should include the offices of the President and Prime Minister, and should be mainstreamed among all relevant ministries. Key nongovernmental stakeholders and civil society representatives should be engaged in an open

dialogue about the country's envisioned energy development path and the measures that pave the way, including the future role of EDH in the energy sector, establishing an independent regulator, and establishing a Bureau for Rural Electrification.

9 Perspectives énergétiques d'Haïti : établir un système énergétique durable

Tel que démontré tout au long de cette feuille de route, Haïti possède un potentiel immense pour la mise en place d'un système électrique qui soit efficace, abordable et alimenté à l'aide de sources d'énergie renouvelable. Afin de réaliser le potentiel social, économique et environnemental de l'énergie durable, Haïti peut miser sur plusieurs mesures clés. Celles-ci permettront l'établissement d'un environnement stable, propice au financement de projets ayant à cœur l'efficacité énergétique et l'énergie renouvelable.

Tout au long de cette feuille de route, Worldwatch a identifié des lacunes en matière de recherche, des besoins en matière de renforcement des capacités, ainsi que des domaines propices aux réformes politiques. Ces problèmes peuvent être abordés au cours des prochaines années : certains dans l'immédiat, alors que d'autres nécessitent une approche à long terme. Plusieurs étapes essentielles peuvent être franchies dès maintenant.

Table 9.1 summarizes the suggestions from the individual chapters of this Roadmap. Important data gaps still exist regarding the different components of a sustainable energy system, which require further technical assessments. In addition, the socioeconomic analysis provided here can be further strengthened, reforms in the financial sector will improve the investment climate, and all of the above should be considered when designing a strong policy framework. Haiti's government, private sector, and civil society have acknowledged the important role of energy efficiency and conservation, as well as renewable energy, in reducing energy costs, making electricity accessible to all Haitians, bolstering the national economy, and contributing to a healthier environment.

In addition to this critical analysis, it is important to consider key interdependencies. Although climate mitigation and adaptation are often viewed as competing activities, in reality, in the energy sector both can often be addressed by the same solution—for example, through decentralized renewable power generation. Another important area that deserves more attention in both research analysis and concrete action is the nexus of energy, water, and agriculture. Decisions in one area often affect the other two. Many of the suggestions for the energy sector in this Roadmap will positively influence the other two areas. The renewable energy sources that have been examined here have minimal or zero water needs and impacts, unlike fossil fueled power generation, meaning that agriculture does not have to compete for this scarce resource.

Any analysis of Haiti's energy system, including this Roadmap, must be made available publicly and should be communicated both actively and broadly in order to have measurable impact. Le pays en est maintenant à un point déterminant : s'il veut véritablement tirer profit d'un système d'énergie durable, il se doit d'implanter des mesures et des réformes ciblées, de travailler avec les professionnels locaux et les groupes internationaux, en plus de renforcer à la fois la capacité du gouvernement et celle des citoyens. Determined individuals and organizations—domestic and international—should not be deterred by the work that remains to be done. Rather, they should get involved immediately. Visionary pioneers have broken ground with major transformation worldwide, in the Caribbean and in Haiti specifically. The stage has been set for dedicated professionals to move from plans to action!

Tableau 9.1 Prochaines étapes pour une transition haïtienne vers les énergies durables

	Court terme	Long terme
Effectuer des évaluations techniques additionnelles		
Évaluer les économies de coûts et les économies d'énergie potentielles pour des mesures dans les secteurs commerciaux et publics	●	
Vérifier le rendement énergétique de secteurs cibles : les industries de l'agroentreprise, du textile et de tourisme hôtelier	●	
Effectuer des études de faisabilité pour des parcs éoliens photovoltaïques à l'échelle industrielle	●	
Pour le développement de l'énergie de biomasses telles que la canne à sucre, le café ou le riz : effectuer des évaluations exhaustives des impacts sur les ressources, l'environnement et la société	●	
Pour le développement de l'énergie solaire, de l'éolienne et de petites centrales hydroélectriques : effectuer des évaluations et des études de faisabilité pour une connexion potentielle au réseau	●	
Effectuer des études de faisabilité sur le terrain pour l'hydroélectricité par pompage		●
Évaluer la faisabilité d'une interconnexion avec la République dominicaine		●
Évaluer les ressources hydroélectriques nécessaires	●	
Identifier des possibilités de réaménagement pour les installations conventionnelles actuelles	●	
Renforcement de l'analyse socioéconomique		
Recueillir plus de données spécifiques aux centrales électriques (coûts en capital et en O&M, consommation spécifique de chaleur, gains d'efficacité et facteurs de capacité)	●	
Étudier les manières d'effectuer une transition vers les énergies renouvelables (en délaissant le charbon) tout en créant plus de possibilités d'emploi	●	
Recueillir plus de données propres au contexte haïtien par rapport aux impacts des centrales électriques sur l'environnement et la santé (par exemple : les polluants locaux, les émissions de gaz à effet de serre, l'utilisation de l'eau)	●	
Examiner les bénéfices socioéconomiques d'une production décentralisée et les faire connaître		●
Développer des modèles économiques adaptés à chaque communauté, et ce pour les types de production d'électricité les plus abordables		●
Renforcer les institutions financières et les mécanismes		
Étendre les campagnes d'information aux banques haïtiennes afin d'améliorer la perception du risque par rapport aux investissements en énergie durable	●	●
Se concentrer sur le financement des projets de remise à neuf	●	

Intégrer l'un à l'autre les projets en énergie durable, ou les incorporer à de plus grands projets de développement		●
Encourager le développement et le renforcement des programmes de micro-prêts qui se concentrent sur l'énergie durable		●
Permettre des garanties d'investissements en profitant des possibilités actuelles du financement de l'action climatique		●
Établir une stratégie nationale pour l'accès au financement de l'action climatique, y compris le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), le Mécanisme de Développement Propre et les Mesures d'Atténuation Adaptées au Pays		●
Regrouper les versements pour le financement de projets énergétiques		●
Rediriger une partie inutilisée du fonds pour le séisme aux projets d'énergie renouvelable	●	
Utiliser une partie de l'épargne intérieure issue de l'Entente PetroCaribe pour financer des projets d'énergie renouvelable à faible taux d'intérêt	●	
Travailler de concert avec les professionnels et les communautés, dans le but d'identifier et de dupliquer les modèles d'affaires évolutifs et prospères en matière d'électrification rurale		●
Mettre en place un cadre politique solide		
Formuler de façon unifiée et claire l'intention du gouvernement de se concentrer sur l'énergie durable et la production décentralisée	●	
Adopter officiellement des cibles ambitieuses en matière d'énergie durable qui soient fondées sur des recherches	●	
Mener une enquête auprès des grands secteurs afin d'identifier des objectifs de développement et les futurs besoins énergétiques; utiliser les résultats pour formuler une stratégie	●	●
Finaliser la politique énergétique nationale et l'adopter officiellement	●	
Établir une tribune pour le dialogue entre les institutions gouvernementales locales et nationales	●	
Adopter un cadre pour coordonner les investissements des organisations internationales		●
Créer une instance possédant des capacités suffisantes et un mandat clair pour la réglementation dans le secteur de l'électricité		●
Créer une agence de l'électrification rurale	●	
Améliorer la collecte de données et rendre publique l'information cruciale sur l'énergie		●
Rationaliser et faire connaître les exigences et les procédures pour le développement d'énergies renouvelables		●
Encourager la participation publique et fournir de l'information sur les questions d'énergie durable	●	●

Lorsque cela est économiquement viable, mettre en place des normes et des codes qui ciblent de bons rendements à faible coût et des solutions en matière de conservation de l'énergie	●	
Mettre en place des stimulants fiscaux afin d'encourager les principaux consommateurs à vérifier leur rendement énergétique	●	
Mettre en place des stimulants fiscaux afin de promouvoir l'importation et l'utilisation d'appareils éconergétiques	●	
Donner la priorité aux projets de distribution décentralisés qui encouragent la participation des collectivités locales et leur donne un sentiment d'être partie prenante du projet	●	●
Clarifier la loi concernant la relation entre les PEI et d'EDH		●
Normaliser le processus entourant les contrats d'achat d'électricité (CAE)	●	
Mettre en place un programme de facturation nette pour les principaux consommateurs énergétiques		●
Diminuer ou éliminer les tarifs douaniers pour l'importation de technologies et de composantes reliées à l'énergie durable	●	
Mettre en place des crédits d'impôt ciblés pour les centrales électriques utilisant des énergies renouvelables		●
Encourager les modèles qui tendent à impliquer le secteur privé au niveau de l'électrification rurale (par exemple : structures prépayées, programmes de location de matériel héliotechnique, tarifs appropriés pour les micro-réseaux ruraux, développement rural intégré)	●	●

Annexes

Annexe I. Résumé des précédentes évaluations des ressources énergétiques renouvelables

Ressource	Nom	Date	Description
Éolien	ATLAS ÉOLIEN D'HAÏTI PRÉPARÉ PAR WINERGY – 3E	1-Jul-09	Évaluation Nationale de la Ressource Éolienne à une hauteur de pivot de 50 mètres
Valorisation Énergétique des Déchets	Analyse des Possibilités de Valorisation Énergétique des Déchets en Haïti (NREL)	1-Nov-10	Étudie les niveaux de déchets, ainsi que le potentiel pour une centrale de valorisation énergétique des déchets dans les régions les plus peuplées d'Haïti. Fournit également une analyse économique de ces sites.
Hydro	Évaluation hydroélectrique de Soleo Énergies	S.O.	Selon une évaluation continue du potentiel des ressources d'énergie hydroélectrique en Haïti, le pays dispose d'au moins 102 MW de capacité hydroélectrique supplémentaire, qui pourrait produire jusqu'à 896 GWh d'électricité par année. L'évaluation portait sur 140 sites couvrant l'ensemble des 10 provinces d'Haïti. Plutôt que d'évaluer la capacité hydroélectrique de l'ensemble du pays, l'étude ne comprend que les bassins versants où les données sur les précipitations et l'évapotranspiration sont facilement disponibles à partir des études antérieures.
Solaire	Haïti – Caractérisation des Ressources Solaires (NREL)	1-Nov-10	Évaluation de l'EHG pour le pays en entier, à une résolution de 10 kilomètres
Éolien	Haïti – Caractérisation des Ressources Éoliennes (NREL)	1-Nov-10	Évaluation Nationale de la Ressource Éolienne à une hauteur de pivot de 80 mètres
Biomasses	Méthanisation des Déchets Biologiques – Une Source d'Énergie Alternative pour Haïti	S.O.	Évalue le potentiel du biométhane en Haïti
Valorisation Énergétique des Déchets	Étude de faisabilité pour la construction de 25 biodigesteurs dans la zone de Bel-Air et ses environs	1-Mar-11	Évalue le potentiel de petits biodigesteurs dans un secteur de Port-au-Prince

Annexe II. Méthodologie de 3TIER pour l'évaluation des ressources solaires

Afin d'évaluer le potentiel en énergie solaire d'une région, Worldwatch se base sur des données satellites, en plus des données générées par des modèles exclusifs d'irradiation solaire. 3TIER, par exemple, base son jeu de données sur une imagerie satellite de haute résolution (trois kilomètres) actualisée aux trente minutes depuis plus de 15 ans. L'imagerie de 3TIER permet de générer des données une fois l'heure pour l'irradiation, la vitesse du vent et la température, permettant aux entreprises de concevoir des moyennes annuelles et mensuelles et de suivre les variations quotidiennes; et ce tout au long de l'année.

L'ensemble des données de 3TIER contient trois unités de mesure principales pour l'énergie solaire, qui ensemble fournissent l'information nécessaire au développement de projets photovoltaïques et héliothermiques : l'éclairement horizontal global (EHG), l'éclairement normal direct (END) et l'éclairement horizontal diffus (EHD) (Voir le tableau A-1) En utilisant ces données sur les variations mensuelles et quotidiennes, il est possible de déterminer le potentiel de production énergétique. L'analyse compare les variations mensuelles du potentiel de production énergétique à la demande moyenne annuelle en électricité, ainsi que les variations quotidiennes pour chaque mois versus les heures de demande de pointe dans la zone d'étude. L'évaluation des ressources solaires mesure également les températures et la vitesse éolienne pour chaque heure, puisque ces facteurs affectent la production énergétique des systèmes photovoltaïques (qui connaissent une dégradation énergétique significative lorsque la température de l'installation augmente).¹

Tableau A-1. Mesures clés de l'irradiation et leur application à l'analyse des ressources solaires

Mesures	Description	Application
EHG	Radiation solaire totale par unité de surface qui est interceptée par une surface plane et horizontale	D'un intérêt particulier pour les installations photovoltaïques, puisque la mesure inclut à la fois le rayonnement solaire direct et le rayonnement solaire diffus (provenant de toutes les directions).
END	Faisceau direct de radiation solaire totale par unité de surface qui est intercepté par une surface plane qui est en permanence orienté vers le soleil	Les installations des heliothermodynamiques et d'autres installations qui suivent la position du soleil
EHD	Rayonnement solaire diffus par espace unitaire qui est intercepté par une surface plate, horizontale, ne subissant aucun ombrage et ne se situant pas dans la voie directe du soleil.	D'un intérêt particulier pour certaines installations photovoltaïques qui sont mieux adaptées au rayonnement solaire diffus.

L'analyse de 3TIER servira à informer la coordination de la transmission et de la production au pays, offrant une fenêtre sur l'ensemble du potentiel d'énergie renouvelable des régions étudiées et d'explorer les effets de la dispersion géographique sur les fluctuations de la production d'électricité. Cependant, elle n'est pas assez précise pour capter les phénomènes de petite envergure qui peuvent causer une accélération ou une décélération éolienne rapide, et qui donc écarteraient la production réelle de la production envisagée. Tout de même, ces questions seraient examinées lors de l'étape logique subséquente, soit l'évaluation spécifique sur le terrain. C'est à cette étape que les données

d'observation et de nouvelles modélisations pourraient être utilisées dans les calculs de l'ensoleillement, permettant d'obtenir une évaluation plus pointue du potentiel d'un site donné.

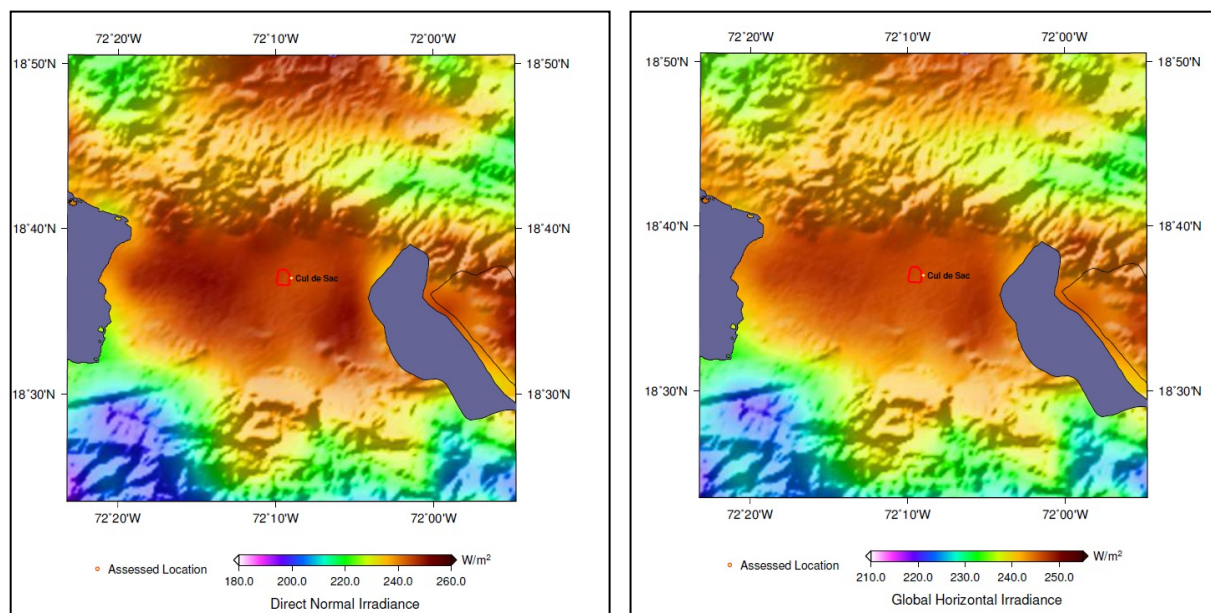
Annexe III. Évaluations du potentiel en énergie solaire par zone

Cul-de-Sac

La Plaine du Cul-de-Sac est une dépression fertile située dans le sud-est du pays. Considérée comme faisant partie du Grand Port-au-Prince, certaines zones y sont situées au-dessous du niveau de la mer (et sont donc exposées aux risques d'une inondation). Puisque Cul-de-Sac représente l'une des plaines agricoles les plus importantes au pays, la région demeure centrale au développement d'Haïti.

Le niveau d'ensoleillement du Cul-de-Sac est très élevé par rapport aux normes mondiales. Parmi les six sites étudiés dans ce rapport, Cul-de-Sac possède le plus grand potentiel. La moyenne EHD à long terme (1997-2011) est de 5,79 kWh/m²/jour (241,5 W/m²). (Voir figure A-1) Cela se compare favorablement à la majeure partie de la région des Caraïbes, et est nettement plus élevé que l'insolation d'Europe et d'Asie où la pénétration d'énergie solaire est présentement la plus élevée. En Allemagne par exemple, très peu d'endroits ont un EHD de plus de 3,0 kWh/m²/jour, et pratiquement aucun n'obtient un EHG au-delà de 3,5.

Figure A-1. Moyenne annuelle de l'EHG et de l'END à Cul-de-Sac



L'END de ce site est de 5,60 kWh/m²/jour (233.4 W/m²), encore une fois une donnée élevée d'un point de vue mondial. (Voir figure A-1) La moyenne EHD du Cul-de-Sac est de 1,91 kWh/m²/jour (79,6 W/m²). Comparé à d'autres zones en Haïti, Cul-de-Sac possède la meilleure ressource solaire.

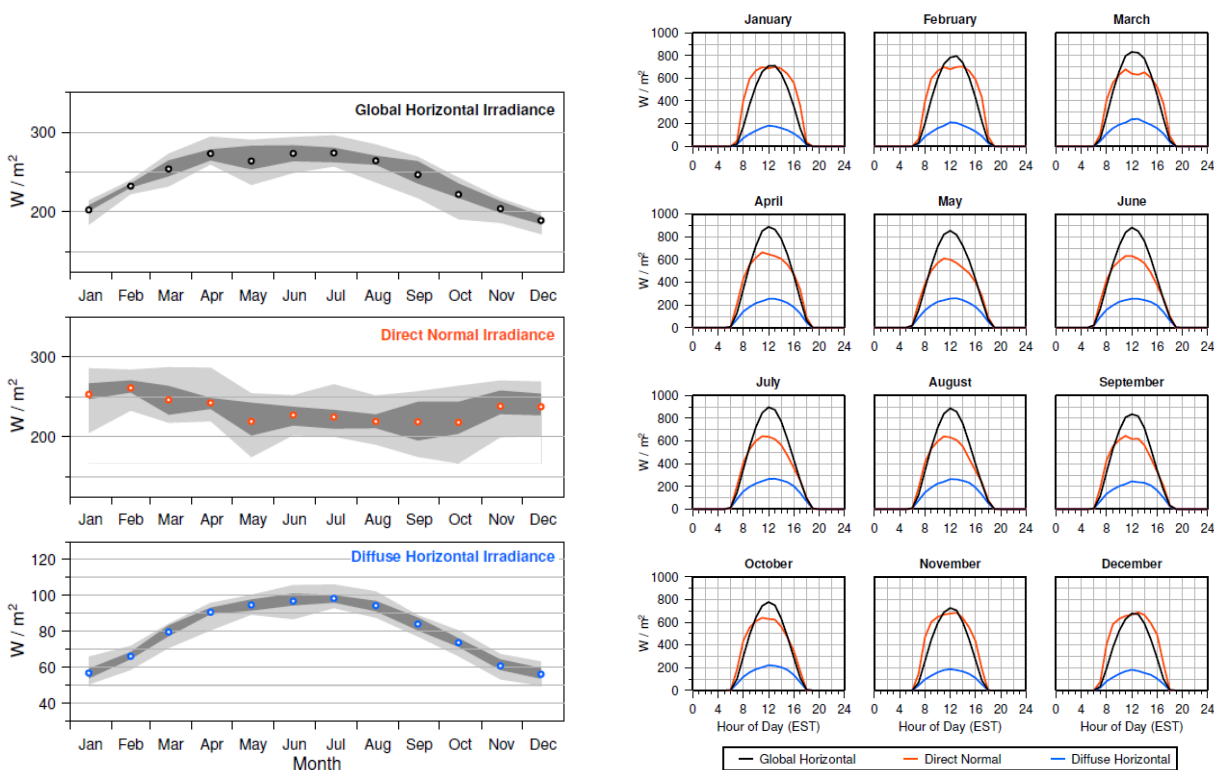
La moyenne mensuelle de l'EHG varie substantiellement au cours d'une année. (Voir la figure A-2) Elle est à son maximum en avril, juin et juillet, la moyenne de juillet étant la plus élevée à 6,57 kWh/m²/jour (273,9 W/m²). L'EHG demeure élevé en mars, mai, août et septembre, variant entre 5,92 et 6,34 kWh/m²/jour. La moyenne mensuelle diminue le reste de l'année, atteignant un plancher à 4,54 kWh/m²/jour en décembre. Toutefois, cela demeure beaucoup plus élevé que dans plusieurs parties du monde où l'on fait usage d'installations solaires.

La moyenne mensuelle d'END culmine en janvier, février et mars, avec un maximum de 6,27 kWh/m²/jour en février. L'END reste relativement constant tout au long de l'année, avec une moyenne mensuelle minimale de 5,23 kWh/m²/jour en octobre. L'END est généralement très élevé dans le Cul-de-Sac, bien que, d'année en année, les moyennes mensuelles varient beaucoup plus que celles de l'EHD.

Au cours de la journée, l'EHD culmine en début d'après-midi tout au long de l'année, à son plus haut niveau entre 11 h et 14 h, atteignant un sommet généralement entre 12 et 1 p.m. (Voir la figure A-2) La moyenne durant l'heure de pointe est systématiquement au moins trois fois plus élevée que la moyenne quotidienne. L'END est également au plus haut niveau au milieu de la journée, atteignant un point culminant entre 11 h et 12 h. Cependant, parce qu'il implique le suivi du mouvement du soleil, le point culminant est plutôt comparable à un plateau qui dure de 9 h à 15 h.

Le rendement moyen annuel pour un module Aleo Solar S16 175 dans le Cul-de-Sac – avec une puissance de 175 watts selon des Conditions Normales d'Essai – serait de 413,2 kWh. Une zone d'un kilomètre carré pourrait produire environ 149,9 GWh annuellement.

Figure A-2. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHD et de l'END dans le Cul-de-Sac



L'Île de la Tortue

L'Île de la Tortue est une île montagneuse au large de la côte nord-ouest d'Haïti.

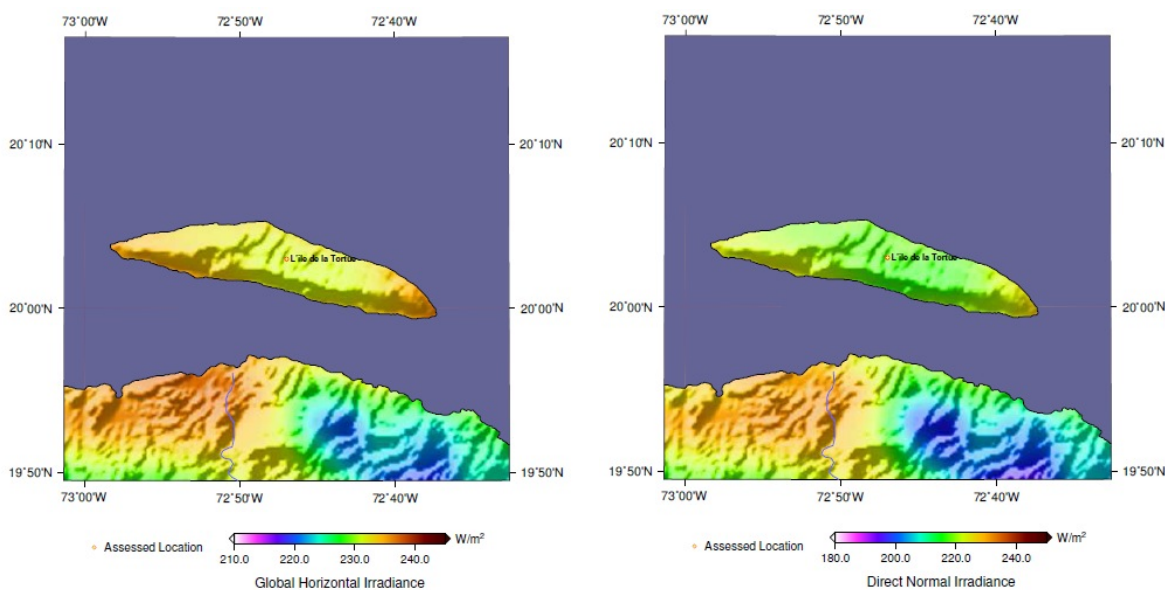
Les ressources solaires de l'Île de la Tortue sont très abondantes comparativement aux normes mondiales, bien qu'elle contienne le potentiel le moins élevé de tous les sites du rapport. La moyenne EHD à long terme (1997-2011) est de 5,47 kWh/m²/jour (228,0 W/m²). (Voir la figure A-3) Cela se

compare favorablement à la majeure partie de la région des Caraïbes, et est nettement plus élevé que l'insolation d'Europe et d'Asie où la pénétration d'énergie solaire est présentement la plus élevée. En Allemagne par exemple, très peu d'endroits ont un EHD de plus de 3,0 kWh/m²/jour, et pratiquement aucun n'obtient un EHG au-delà de 3,5.

L'END de ce site est de 5,06 kWh/m²/jour (210,7 W/m²), encore une fois une donnée élevée d'un point de vue mondial. (Voir la figure A-3) La moyenne EHD de l'Île de la Tortue est de 1,97 kWh/m²/jour (81,9 W/m²). Comparativement aux autres zones évaluées en Haïti, l'Île de la Tortue possède des ressources solaires en moins grande quantité, bien qu'elles soient tout de même très abondantes.

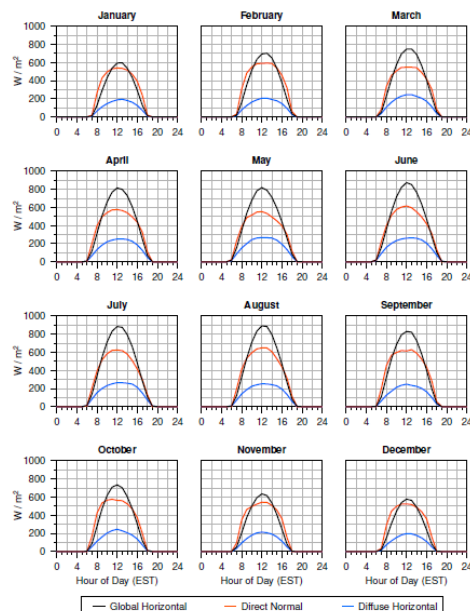
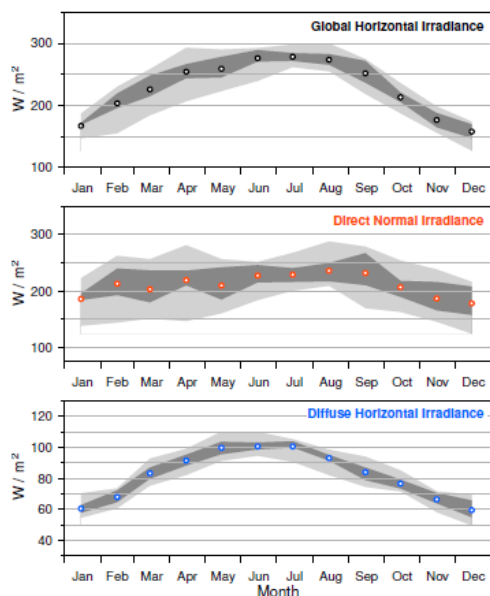
La moyenne mensuelle de l'EHG au cours de l'année est plus variable à l'Île de la Tortue qu'elle ne l'est dans les autres sites évalués. (Voir figure A-4) Elle est à son maximum de juin à août, la moyenne de juillet étant la plus élevée à 6,68 kWh/m²/jour (278,3 W/m²). L'EHG demeure élevé en avril, mai et septembre, variant entre 6,03 et 6,22 kWh/m²/jour. Cependant, la moyenne mensuelle diminue substantiellement en novembre, décembre et janvier, atteignant un plancher à 3,79 kWh/m²/jour en décembre. Toutefois, cela demeure beaucoup plus élevé que dans plusieurs parties du monde où l'on fait usage d'installations solaires.

Figure A-3. Moyenne annuelle de l'EHG et de l'END à l'Île de la Tortue



La moyenne mensuelle d'END culmine de juin à septembre, avec un maximum de 5,67 kWh/m²/jour en août. La moyenne mensuelle de l'END est plus variable à l'Île de la Tortue qu'elle ne l'est dans les autres sites évalués en Haïti, avec une moyenne mensuelle minimale de 4,28 kWh/m²/jour en décembre. Cependant, d'année en année, les moyennes mensuelles de l'END varient beaucoup plus que celles de l'EHG.

Figure A-4. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHG et de l'END à l'Île de la Tortue



Au cours de la journée, l'EHG culmine en début d'après-midi tout au long de l'année, à son plus haut niveau entre 10 h et 14 h, atteignant un sommet généralement entre 12 h et 13 h. (Voir figure A-4) La moyenne durant l'heure de pointe est systématiquement au moins trois fois plus élevée que la moyenne quotidienne. L'END est également au plus haut niveau au milieu de la journée, mais puisqu'il implique le suivi du mouvement du soleil, les points culminants sont plutôt comparables à un plateau qui dure de 9 h à 16 h.

Le rendement moyen annuel pour un module Aleo Solar S16 175 dans L'Île de la Tortue – avec une puissance de 175 watts selon des Conditions Normales d'Essai – serait de 391,8 kWh. Une zone d'un kilomètre carré pourrait produire environ 142,2 GWh annuellement.

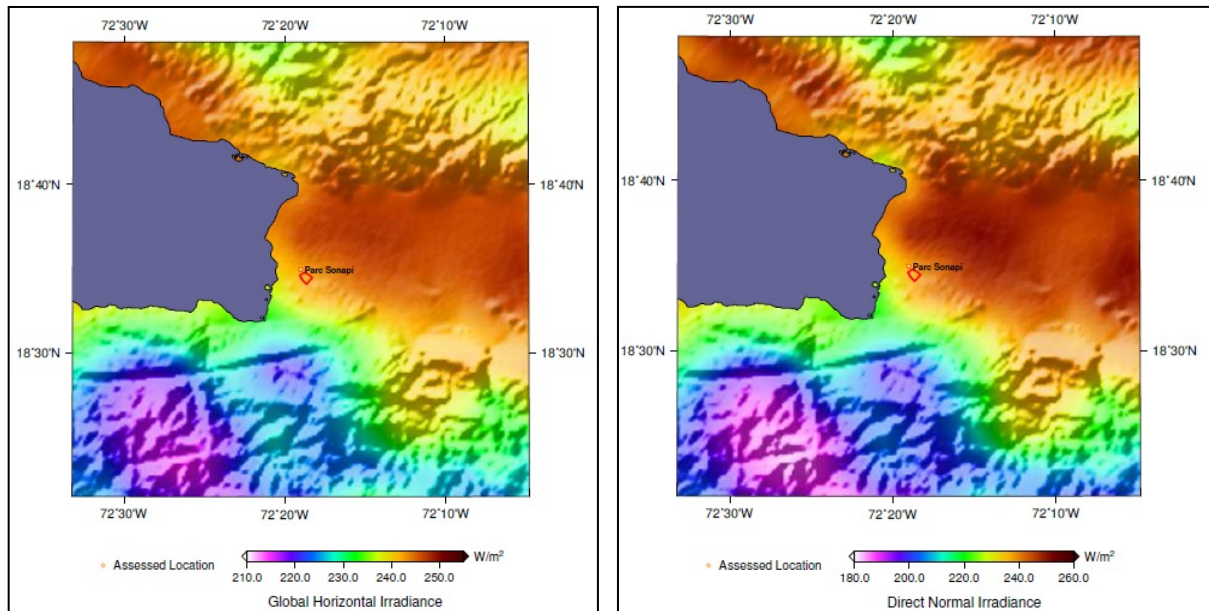
Parc Sonapi

Parc Sonapi, situé près de l'aéroport et du port de Port-au-Prince, est l'un des nombreux parcs industriels en Haïti. Parc Sonapi est au cœur des industries haïtiennes de fabrication et d'assemblage de vêtements. Étant donné le rôle joué par le parc dans le développement économique et industriel du pays, il est de la plus haute importance qu'il soit alimenté à l'aide d'énergie fiable et abordable.

Les ressources solaires du Parc Sonapi sont très abondantes par rapport aux normes mondiales. Parmi les six sites étudiés dans ce rapport, Parc Sonapi possède le deuxième plus grand potentiel. La moyenne EHD à long terme (1997-2011) est de 5,71 kWh/m²/jour (237,8 W/m²). (Voir la figure A-5) Cela se compare favorablement à la majeure partie de la région des Caraïbes, et est nettement plus élevé que l'insolation d'Europe et d'Asie où la pénétration d'énergie solaire est présentement la plus élevée. En Allemagne par exemple, très peu d'endroits ont un EHD de plus de 3,0 kWh/m²/jour, et pratiquement aucun n'obtient un EHG au-delà de 3,5.

L'END de ce site est de 5,44 kWh/m²/jour (226,5 W/m²), encore une fois une donnée élevée d'un point de vue mondial. (Voir la figure A-5) La moyenne EHD du Parc Sonapi est de 1,95 kWh/m²/jour (81,2 W/m²). Comparé à d'autres zones en Haïti, Parc Sonapi possède des ressources solaires abondantes.

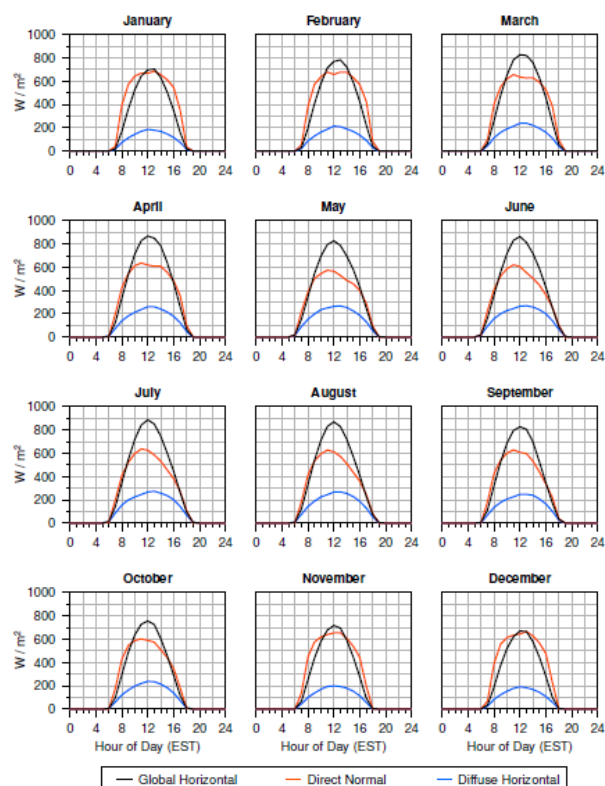
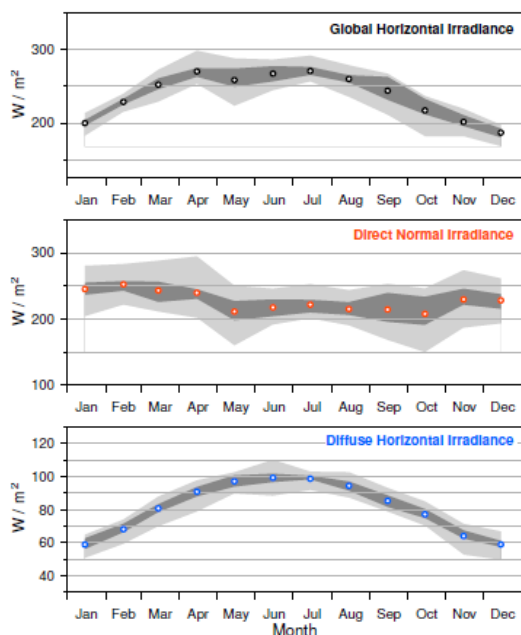
Figure A-5. Moyenne annuelle de l'EHG et de l'END au Parc Sonapi



La moyenne mensuelle de l'EHG varie substantiellement au cours d'une année. (Voir la figure A-6) Elle est à son maximum en avril, juin et juillet, la moyenne de juillet étant la plus élevée à 6,50 kWh/m²/jour (270,8 W/m²). L'EHG demeure élevé en mars, mai, août et septembre, variant entre 5,85 et 6,24 kWh/m²/jour. La moyenne mensuelle diminue de novembre à janvier, atteignant un plancher à 4,49 kWh/m²/jour en décembre. Toutefois, cela demeure beaucoup plus élevé que dans plusieurs parties du monde où l'on fait usage d'installations solaires.

La moyenne mensuelle d'END culmine de janvier à avril, avec un maximum de 6,06 kWh/m²/jour en février. L'END reste relativement constant tout au long de l'année, avec une moyenne mensuelle minimale de 4,99 kWh/m²/jour en octobre. Cependant, d'année en année, les moyennes mensuelles de l'END varient beaucoup plus que celles de l'EHG.

Figure A-6. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHG et de l'END à Parc Sonapi



Au cours de la journée, l'EHG culmine en début d'après-midi tout au long de l'année, à son plus haut niveau entre 10 h et 14 h, atteignant un sommet généralement entre 12 h et 13 h. (Voir la figure A-6) La moyenne durant l'heure de pointe est systématiquement au moins trois fois plus élevée que la moyenne quotidienne. L'END est également plus élevé au milieu de la journée, mais puisqu'il implique le suivi du mouvement du soleil, le point culminant est plutôt comparable à un plateau qui dure de 9 h à 16 h. L'END atteint son maximum entre 11 h et 12 h.

La rendement moyen annuel pour un module Aleo Solar S16 175 dans le Parc Sonapi – avec une puissance de 175 watts selon des Conditions Normales d'Essai – serait de 405,5 kWh. Une zone d'un kilomètre carré pourrait produire environ 147,1 Gwh annuellement.

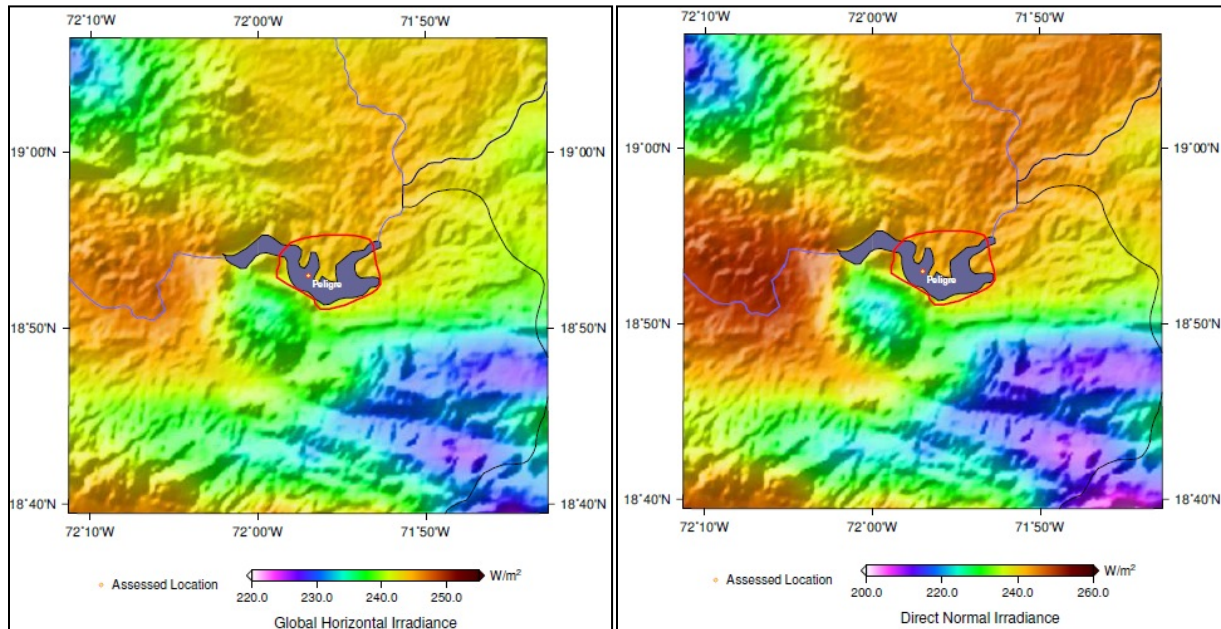
Péligre

Le Lac Péligre est un grand réservoir artificiel situé sur la rivière Artibonite, formé par la construction de la centrale hydroélectrique de Péligre dans les années 50. Situé dans le Département du Centre et entouré de montagnes, le Lac Péligre est le deuxième plus grand lac du pays.

Les ressources solaires du Lac Péligre sont très abondantes par rapport aux normes mondiales. La moyenne EHD à long terme (1997–2011) est de 5,71 kWh/m²/jour (237,8 W/m²). (Voir la figure A-7) Cela se compare favorablement à la majeure partie de la région des Caraïbes, et est nettement plus élevé que l'insolation d'Europe et d'Asie où la pénétration d'énergie solaire est présentement la plus élevée. En Allemagne par exemple, très peu d'endroits ont un EHD de plus de 3,0 kWh/m²/jour, et pratiquement aucun n'obtient un EHG au-delà de 3,5.

L'END de ce site est de 5,47 kWh/m²/jour (228 W/m²), encore une fois une donnée élevée d'un point de vue mondial. (Voir la figure A-7) La moyenne EHD de Péligre est de 1,86 kWh/m²/jour (77,5 W/m²). Comparé à d'autres zones en Haïti, Péligre possède moins de ressources solaires, mais elles sont tout de même abondantes.

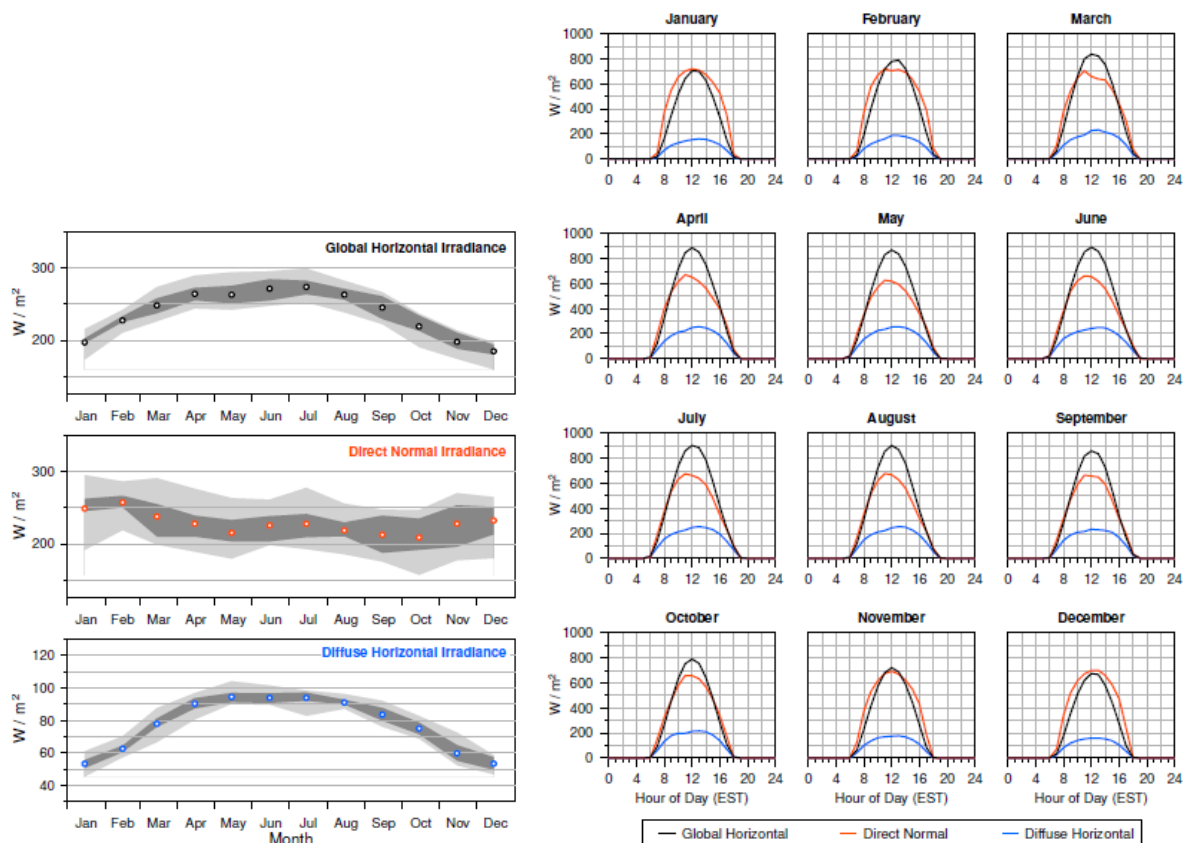
Figure A-7. Moyenne annuelle de l'EHG et de l'END à Péligre



La moyenne mensuelle de l'EHG varie substantiellement au cours d'une année. (Voir la figure A-8) Elle est à son maximum d'avril à août, la moyenne de juillet étant la plus élevée à 6,57 kWh/m²/jour (273,7 W/m²). L'EHG demeure élevé en mars et en septembre, variant entre 5,88 et 5,96 kWh/m²/jour. La moyenne mensuelle diminue de novembre à janvier, atteignant un plancher à 4,44 kWh/m²/jour en décembre. Toutefois, cela demeure beaucoup plus élevé que dans plusieurs parties du monde où l'on fait usage d'installations solaires.

La moyenne mensuelle d'END culmine de janvier à mars, avec un maximum de 6,18 kWh/m²/jour en février. L'END reste relativement constant tout au long de l'année, avec une moyenne mensuelle minimale de 5,01 kWh/m²/jour en octobre. Cependant, d'année en année, les moyennes mensuelles de l'END varient beaucoup plus que celles de l'EHG.

Figure A-8. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHG et de l'END à Péligre



Au cours de la journée, l'EHG culmine en début d'après-midi tout au long de l'année, à son plus haut niveau entre 10 h et 14 h, atteignant un sommet généralement entre 11 h et 13 h. (Voir la figure A-8) La moyenne durant l'heure de pointe est systématiquement au moins trois fois plus élevée que la moyenne quotidienne. L'END est également au plus haut niveau au milieu de la journée, mais puisqu'il implique le suivi du mouvement du soleil, le point culminant est plutôt comparable à un plateau qui dure de 9 h à 15 h. L'END atteint son maximum entre 11 h et 12 h.

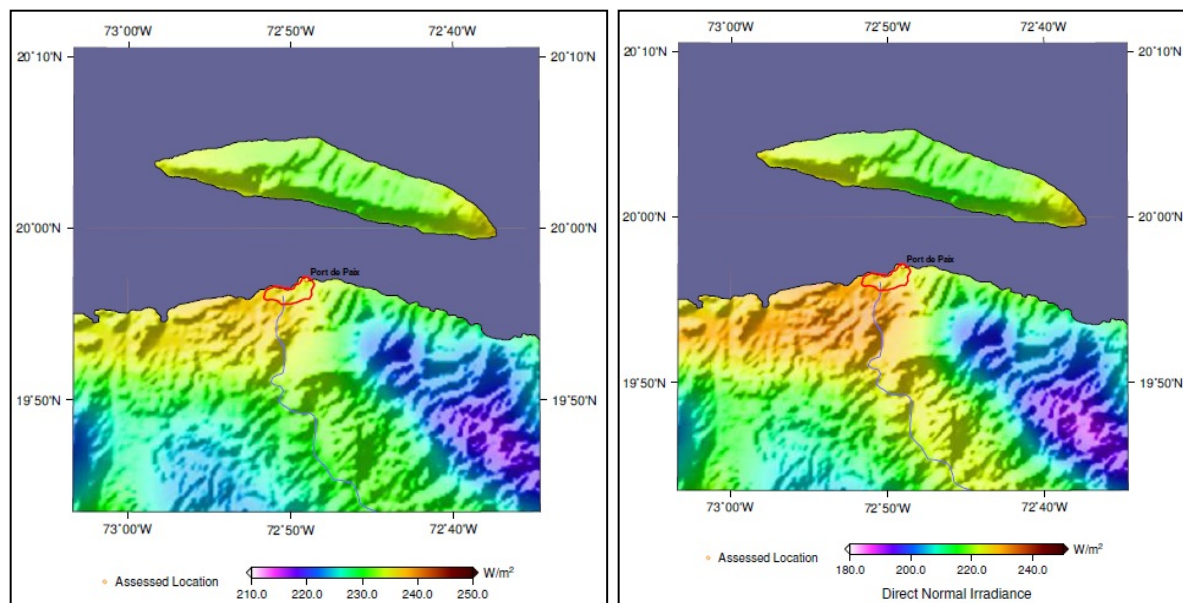
La rendement moyen annuel pour un module Aleo Solar S16 175 dans Péligre – avec une puissance de 175 watts selon des Conditions Normales d'Essai – serait de 392,3 kWh. Il s'agit ici du potentiel de production le moins élevé de tous les sites étudiés dans ce rapport, dû au fait que Péligre a des vitesses de vent moins prononcées que dans les cinq autres études. Le vent contribue au refroidissement des cellules solaires photovoltaïques, permettant une plus grande production d'électricité. Une zone d'un kilomètre carré pourrait produire environ 142,3 Gwh annuellement.

Port-de-Paix

Port-de-Paix est une ville située sur la côte nord d'Haïti. Les ressources solaires de Port-de-Paix sont très abondantes par rapport aux normes mondiales. La moyenne EHD à long terme (1997–2011) est de 5,58 kWh/m²/jour (237,8 W/m²). (Voir la figure A-9) Cela se compare favorablement à la majeure partie de la région des Caraïbes, et est nettement plus élevé que l'insolation d'Europe et d'Asie où la pénétration d'énergie solaire est présentement la plus élevée. En Allemagne par exemple, très peu d'endroits ont un EHD de plus de 3,0 kWh/m²/jour, et pratiquement aucun n'obtient un EHG au-delà de 3,5.

L'END de ce site est de 5,26 kWh/m²/jour (219,1 W/m²), encore une fois une donnée élevée d'un point de vue mondial. (Voir la figure A-9) La moyenne EHD de Port-de-Paix est de 1,94 kWh/m²/jour (81,0 W/m²). Comparé à d'autres zones en Haïti, Port-de-Paix possède des ressources solaires abondantes.

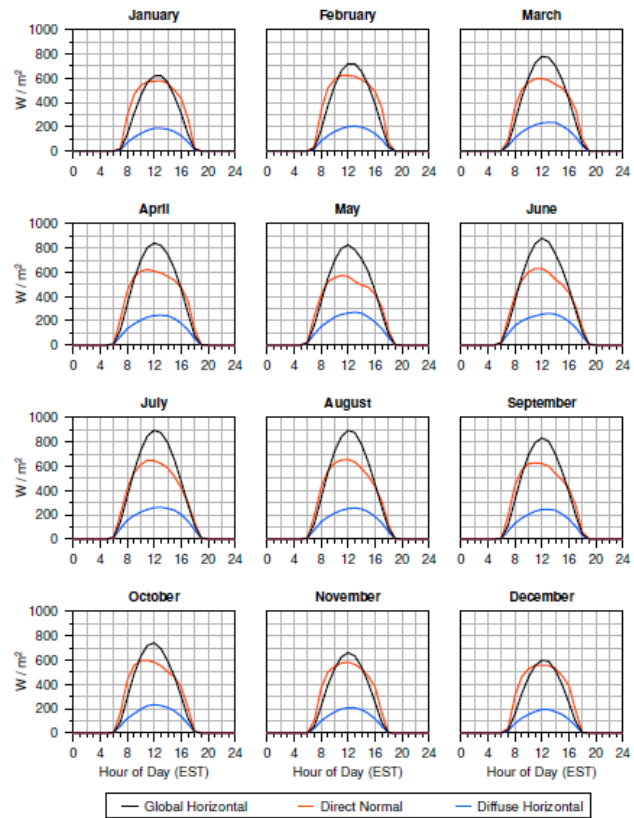
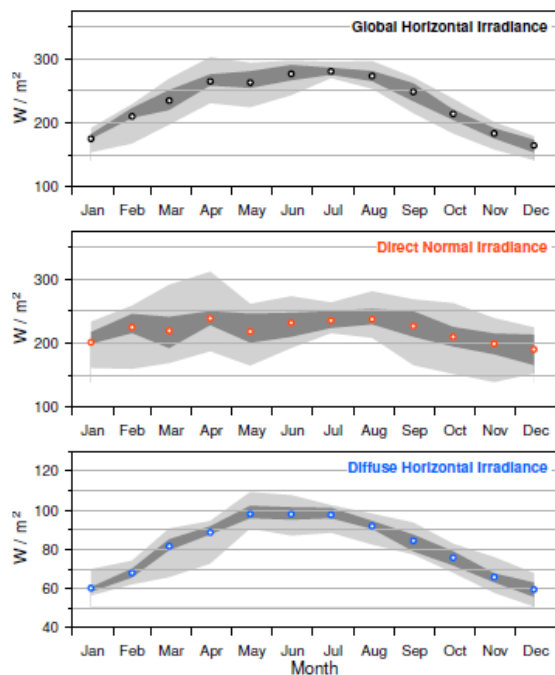
Figure A-9. Moyenne annuelle de l'EHD et de l'END à Port-de-Paix



La moyenne mensuelle de l'EHD varie substantiellement au cours de l'année; il n'y a qu'à l'île de la Tortue que cette variation est plus élevée. (Voir la figure A-10) Elle est à son maximum de juin à août, la moyenne de juillet étant la plus élevée à 6,73 kWh/m²/jour (280,4 W/m²). L'EHD demeure élevé en avril, mai et septembre, variant entre 5,96 et 6,31 kWh/m²/jour. La moyenne mensuelle diminue tout de même substantiellement de novembre à janvier, atteignant un plancher à 3,96 kWh/m²/jour en décembre. Toutefois, cela demeure beaucoup plus élevé que dans plusieurs parties du monde où l'on fait usage d'installations solaires.

La moyenne mensuelle d'END culmine d'avril à août, avec un maximum de 5,73 kWh/m²/jour en avril. L'END reste relativement constant tout au long de l'année, avec une moyenne mensuelle minimale de 4,57 kWh/m²/jour en décembre. Cependant, d'année en année, les moyennes mensuelles de l'END varient beaucoup plus que celles de l'EHD.

Figure A-10. Variabilité saisonnière et journalière de l'EHD et de l'END à Port-de-Paix



Au cours de la journée, l'EHG culmine en début d'après-midi tout au long de l'année, à son plus haut niveau entre 10 h et 14 h, atteignant un sommet généralement entre 12 h et 13 h. (Voir la figure A-10) La moyenne durant l'heure de pointe est systématiquement au moins trois fois plus élevée que la moyenne quotidienne. L'END est également plus élevé au milieu de la journée, mais puisqu'il implique le suivi du mouvement du soleil, le point culminant est plutôt comparable à un plateau qui dure de 9 h à 16 h. L'END atteint son maximum entre 11 h et 12 h.

La rendement moyen annuel pour un module Aleo Solar S16 175 dans Port-de-Paix – avec une puissance de 175 watts selon des Conditions Normales d'Essai – serait de 403,7 kWh. Une zone d'un kilomètre carré pourrait produire environ 146,5 Gwh annuellement.

Annexe IV. Méthodologie de 3TIER pour l'évaluation des ressources éoliennes

Comme pour l'énergie solaire, Worldwatch évalue les ressources éoliennes grâce à des données générées à partir de modèles exclusifs. L'entreprise de cartographie 3TIER, par exemple, génère des évaluations des ressources éoliennes grâce à des données simulées sur 25 ans (de janvier 1987 à mars 2012) à partir d'un modèle de l'atmosphère de type prévision numérique du temps (PNT) à méso-échelle. Deux différentes séquences d'utilisation de modèle sont utilisées afin de créer un ensemble de données. En premier lieu, l'on effectue une simulation d'une durée de 25 ans à une résolution de 4500 mètres, qui permet de modéliser la variation à long terme. Ensuite, plusieurs simulations d'une durée d'un an à une résolution de 2000 mètres sont successivement effectuées pour chaque année civile entre 2001 et 2010.

Un deuxième ensemble de données est ensuite réduit à une résolution de 200 mètres en utilisant le modèle Time Varying Microscale (TVM), exclusif à 3TIER. Le modèle PNT dépeint la rugosité du terrain ou de la surface de l'eau, les flux de chaleur et d'humidité dans l'atmosphère, la stabilité et la turbulence à l'intérieur de la couche limite, ainsi que le cisaillement du vent. La grille plus grossière est utilisée afin de souligner les effets des régimes climatiques sur le site, en plus de modéliser les circulations de vents régionaux et de vents thermiques. Les grilles plus détaillées sont utilisées afin de modéliser l'impact du terrain et de la circulation atmosphérique à petite échelle sur les sites.

Sous des conditions idéales, chaque point d'une grille de 4,5 kilomètres carrés dans l'analyse de 3TIER pourrait contenir 40 éoliennes disposées en quatre rangées de 10. Cependant, des considérations pratiques telles que l'aspérité du terrain, des considérations esthétiques, ainsi que les pertes d'immobilisation (dû à l'interruption du flux éolien pour les éoliennes d'un parc situées en aval) rendent souvent une telle densité d'éoliennes irréaliste. Il est ainsi habituel d'utiliser un Facteur de Réduction pour les Paramètres du Projet (Project Layout Discount Factor, PLDF) afin de tenir compte de ces limites. Les expériences montrent qu'un espacement typique pour un parc éolien peut contenir environ 20 éoliennes pour une aire de 4,5 kilomètres carrés (c'est-à-dire un PLDF de 50 %).

Les calculs du potentiel éolien menés par 3TIER supposent l'utilisation d'une turbine MW General Electric 1.6-100 (un modèle commun) fonctionnant à son meilleur rendement possible, en utilisant une « vitesse de vent actuelle » élaborée à partir de la vitesse du vent, la température, et des données de pressions modelées à des intervalles de 10 minutes. En résulte une évaluation du facteur de capacité pour chaque point grille, permettant de mesurer la quantité d'énergie potentiellement produite et de comparer ce résultat avec la capacité installée de l'équipement. Par exemple, si une turbine 1,5 MW génère en moyenne 0,5 MW d'électricité, le facteur de capacité serait d'un tiers, ou 33 %.

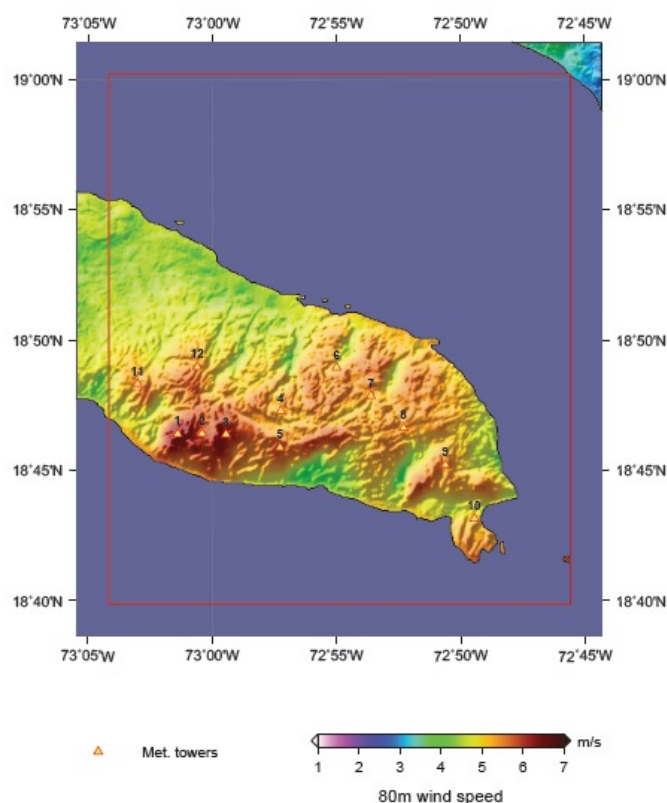
Annexe V. Évaluation des ressources éoliennes par zone

Évaluation de La Gonâve

La Gonâve est une île de plus de 700 kilomètres à l'ouest-nord-ouest de Port-au-Prince. Sa population est d'environ 80 000 habitants.

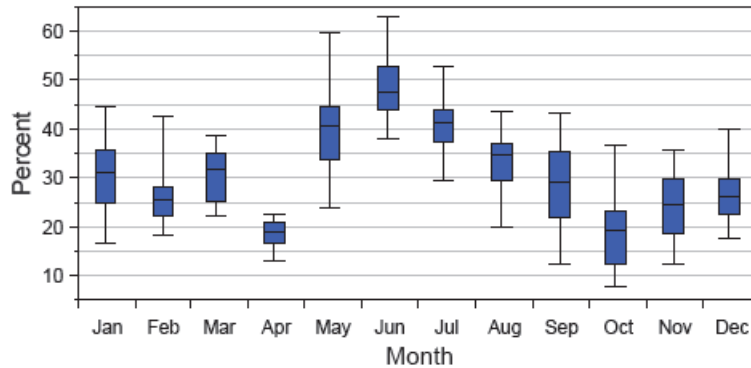
La Gonâve a un potentiel éolien moyen; parmi les sites évalués par cette étude, un seul autre possède une vitesse moyenne de vent plus basse. L'évaluation de La Gonâve comportait 14 positions. Leur vitesse moyenne de vent fut évaluée à 5,62 m/s à une hauteur de 80 mètres, sur une période de 25 ans. (Voir la figure A-11) Pour la même période de 25 ans, le facteur de capacité moyen pour tous les sites était de 30,7 % à une hauteur de pivot de 80 mètres.

Figure A-11. Vitesse Moyenne du Vent à La Gonâve



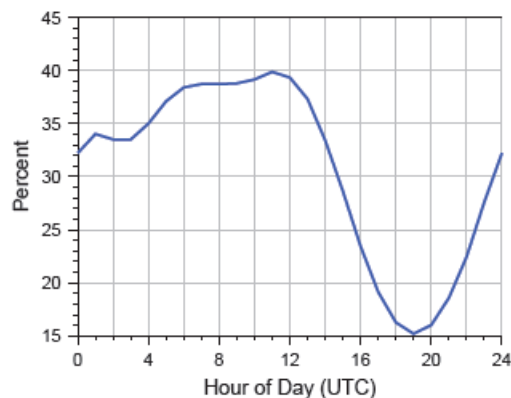
Les vents sont les plus rapides à La Gonâve de mai à août, avec une vitesse moyenne de vent d'environ 7 m/s en juin, et une moyenne de plus de 6 m/s pour les trois autres mois. Le facteur de capacité moyen est supérieur à 40 % en mai, juin et juillet. (Voir la figure A-12) avril et octobre possèdent les vitesses moyennes de vent les plus basses. Il s'agit des seuls mois où la vitesse moyenne est inférieure à 5 m/s, ce qui se traduit par un facteur de capacité moyen de moins de 20 % pour chacun de ces mois.

Figure A-12. Variation saisonnière du facteur de capacité à La Gonâve



Les variations diurnes de La Gonâve sont substantielles. (Voir la figure A-13) La vitesse moyenne du vent est de 6 m/s de 1 h à 13 h. Cependant, en début et fin d'après-midi la vitesse moyenne du vent diminue substantiellement, à moins de 5 m/s de 16 h à 22 h. Le facteur de capacité moyen est supérieur à 30 % de 11 h à 15 h, mais diminue drastiquement pour atteindre 15 % à 19 h.

Figure A-13. Variation diurne du facteur de capacité à La Gonâve



La vitesse moyenne du vent varie également d'année en année à La Gonâve. Elle a atteint un sommet à 6,2 m/s en 1997, ainsi qu'un plancher à 5,3 m/s en 2011.

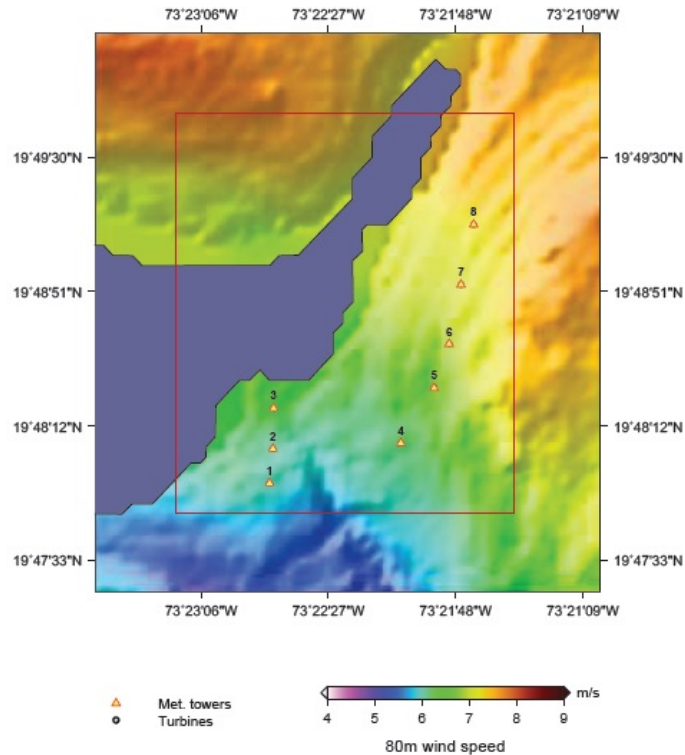
Il y avait également des variations significatives entre les 14 positions relevées pour ce site. La vitesse moyenne du vent variait entre 5,01 m/s et 6,90 m/s.

Évaluation de Môle-Saint-Nicolas

Môle-Saint-Nicolas est situé sur la côte nord-ouest d'Haïti.

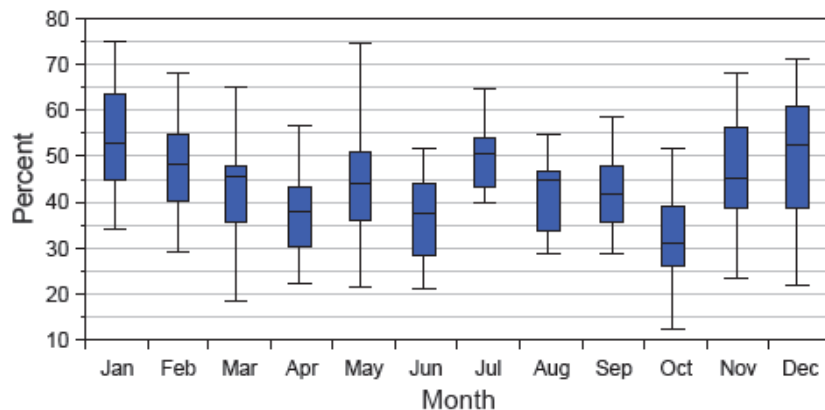
Môle-Saint-Nicolas a énormément de potentiel éolien; parmi les sites évalués par cette étude, il possède la vitesse moyenne de vent la plus élevée. L'évaluation du Môle-Saint-Nicolas comportait 8 positions. Leur vitesse moyenne de vent fut évaluée à 6,55 m/s à une hauteur de 80 mètres, sur une période de 25 ans. (Voir la figure A-14) Pour la même période de 25 ans, le facteur de capacité moyen pour tous les sites était de 43,8 % à une hauteur de pivot de 80 mètres.

Figure A-14. Vitesse moyenne du vent à Môle-Saint-Nicolas



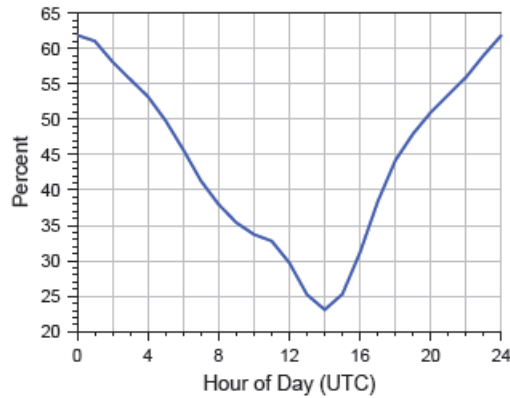
Les vents sont les plus rapides à Môle-Saint-Nicolas en janvier, juillet et décembre, avec une vitesse moyenne de vent d'environ 7 m/s pour ces trois mois. Cela correspond à un facteur de capacité moyen d'au moins 50 % durant ces trois mois. (Voir la figure A-15) octobre possède la vitesse de vent la plus basse. Il s'agit du seul mois où la vitesse moyenne est inférieure à 6 m/s, ce qui se traduit par un facteur de capacité moyen d'un peu plus de 30 %.

Figure A-15. Variation Saisonnière du Facteur de Capacité à Môle-Saint-Nicolas



Les variations diurnes de Môle-Saint-Nicolas sont substantielles. (Voir la figure A-16) Les vents sont les plus rapides de 11 h à 13 h, où ils atteignent une vitesse de 8 m/s. Les vitesses de vent sont au plus bas au milieu de la journée, à moins de 6 m/s de 8 h à 17 h, et même au-dessous de 5 m/s de 13 h à 15 h.

Figure A-16. Variation diurne du facteur de capacité à Môle-Saint-Nicolas



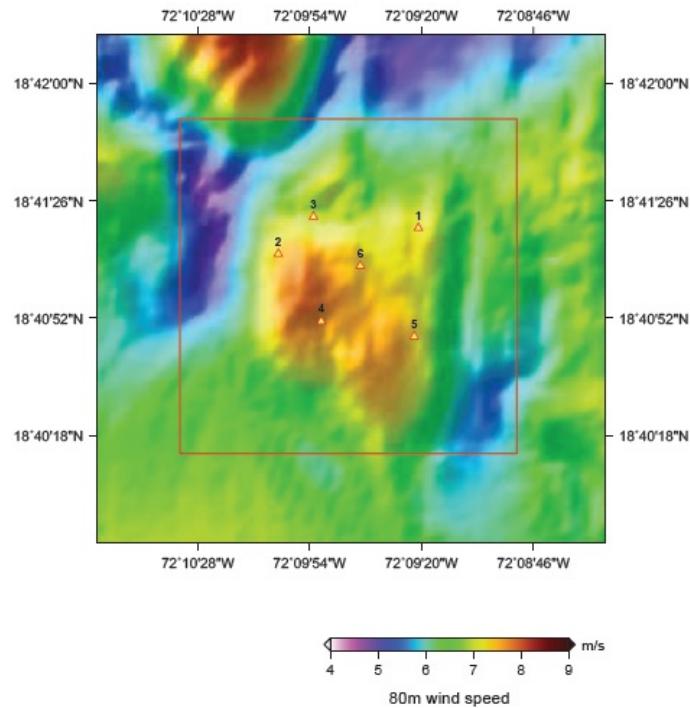
La vitesse moyenne du vent varie également d'année en année à Môle-Saint-Nicolas. Elle a atteint un sommet à 7,5 m/s en 2004, ainsi qu'un plancher à 6,1 m/s en 2003.

Il y avait également des variations significatives entre les 8 positions relevées pour ce site. La vitesse moyenne du vent variait entre 6,01 m/s et 7,26 m/s. Il importe de garder à l'esprit que même au niveau le plus bas de cette fourchette (facteur de capacité de 37,2 %), un parc éolien serait commercialement viable.

Évaluation de Morne-à-Cabrit

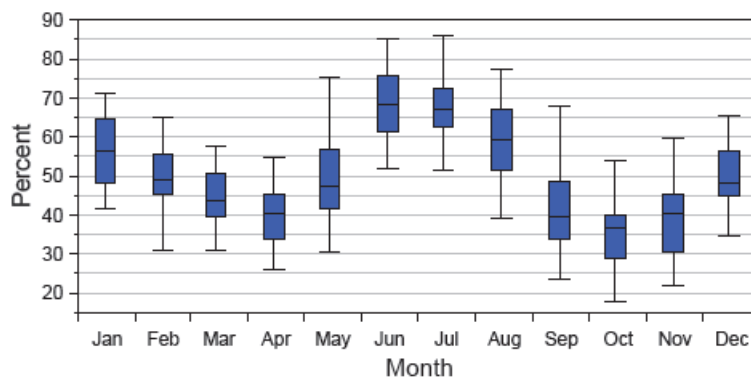
Morne-à-Cabrit possède un bon potentiel éolien; parmi les sites évalués par cette étude, il se classe deuxième pour la vitesse de vent moyenne. L'évaluation du Morne-à-Cabrit comportait 6 positions. Leur vitesse moyenne de vent fut évaluée à 7,32 m/s à une hauteur de 80 mètres, sur une période de 25 ans. (Voir la figure A-17) Pour la même période de 25 ans, le facteur de capacité moyen pour tous les sites était de 50,1 % à une hauteur de pivot de 80 mètres.

Figure A-17. Vitesse moyenne du vent à Morne-à-Cabrit



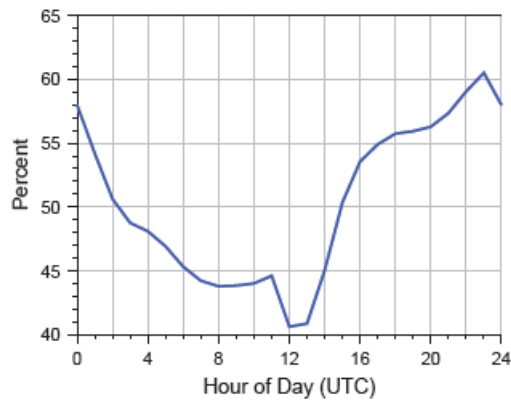
Les vents sont les plus rapides à Morne-à-Cabrit de juin à août, avec une vitesse moyenne de vent d’au moins 8 m/s pour ces trois mois. (Voir la figure A-18) Cela correspond à un facteur de capacité moyen d’au moins 65 % pour juin et juillet. Même si octobre a la plus faible vitesse moyenne de vent, celle-ci est tout de même supérieure 6 m/s, ce qui se traduit par un facteur de capacité moyen de plus de 35 %.

Figure A-18. Variation saisonnière du facteur de capacité à Morne-à-Cabrit



Les variations diurnes de Morne-à-Cabrit sont moins importantes que pour certains autres sites. (Voir la figure A-19) La vitesse moyenne du vent atteint un sommet en soirée de 18 h à 00 h, dépassant 8 m/s aux environs de 23 h. Elle diminue au-dessous de 7 m/s de 5 h à 14 h, bien que le facteur de capacité pour chaque heure ne descende jamais au-dessous de 40 %.

Figure A-19. Variation diurne du facteur de capacité à Morne-à-Cabrit



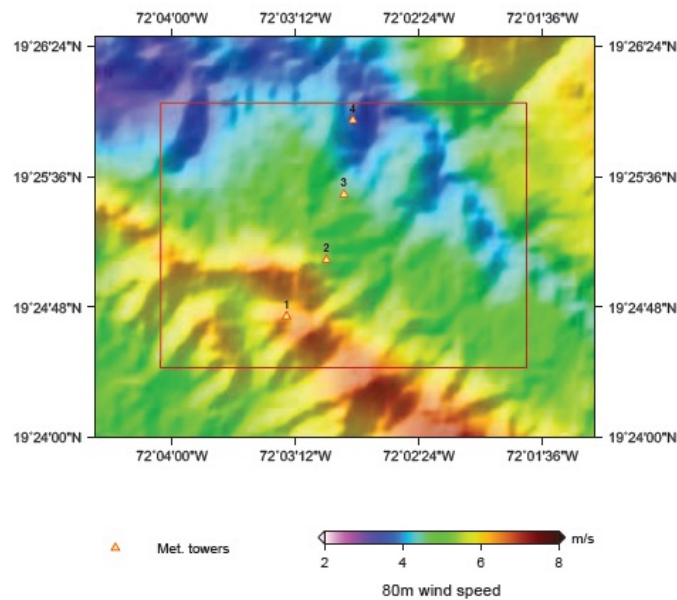
La vitesse moyenne du vent varie également d'année en année à Morne-à-Cabrit. Elle a atteint un sommet à 7,9 m/s en 2006, ainsi qu'un plancher à 6,6 m/s en 1991.

Il y avait très peu de variations entre les 6 positions relevées pour ce site. La vitesse moyenne du vent variait entre 6,91 m/s et 7,63 m/s. Il importe de garder à l'esprit que même au niveau le plus bas de cette fourchette (facteur de capacité de 45,7 %), un parc éolien serait commercialement viable.

Évaluation de Morne Vent

Parmi les sites évalués, Morne Vent est celui avec le moins de potentiel. L'évaluation du Morne Vent comportait 6 positions. Leur vitesse moyenne de vent fut évaluée à 5,08 m/s à une hauteur de 80 mètres, sur une période de 25 ans. (Voir la figure A-20) Pour la même période de 25 ans, le facteur de capacité moyen pour tous les sites était de 26,5 % à une hauteur de pivot de 80 mètres.

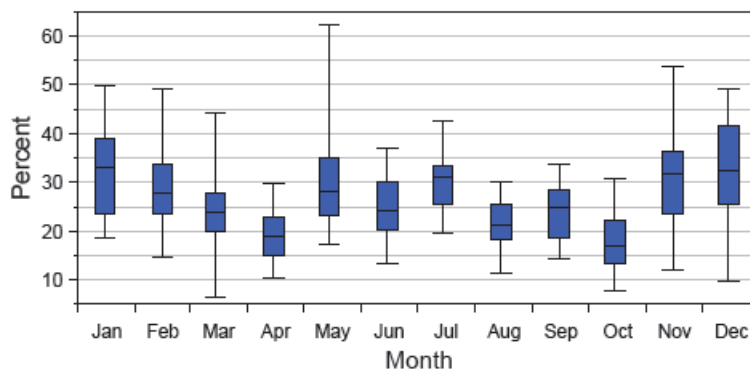
Figure A-20. Vitesse moyenne du vent à Morne Vent



Les vents sont les plus rapides à Morne Vent en novembre, décembre et janvier, bien que la vitesse moyenne du vent ne soit pas supérieure à 6 m/s pour aucun de ces mois. Cela correspond à un facteur de capacité moyen de moins de 35 % durant ces trois mois. (Voir la figure A-21) À 4,3 m/s, octobre

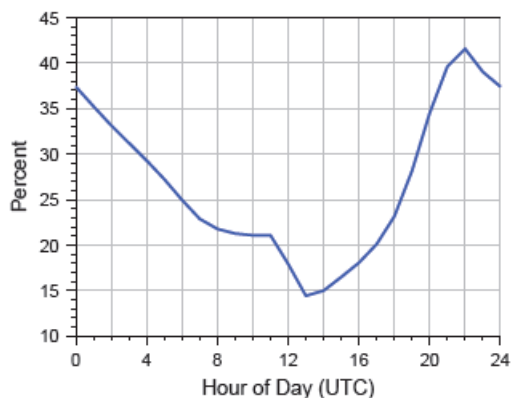
possède la plus faible vitesse moyenne de vent, ce qui se traduit par un facteur de capacité moyen d'environ 17 %.

Figure A-21. Variation saisonnière du facteur de capacité à Morne Vent



Les variations diurnes à Morne Vent sont énormes. (Voir la figure A-22) La vitesse moyenne du vent atteint un sommet le soir de 8 h à 1 h environ. Elle diminue de manière significative en milieu de journée, à moins de 4 m/s de midi à 15 h. Le facteur de capacité moyen est supérieur à 40 % de 21 h à 23 h, mais inférieur à 30 % de 4 h à 19 h.

Figure A-22. Variation diurne du facteur de capacité à Morne Vent



La vitesse moyenne du vent varie également d'année en année à Morne Vent. Elle a atteint un sommet à 7,75 m/s en 2004, ainsi qu'un plancher à 4,7 m/s en 2003.

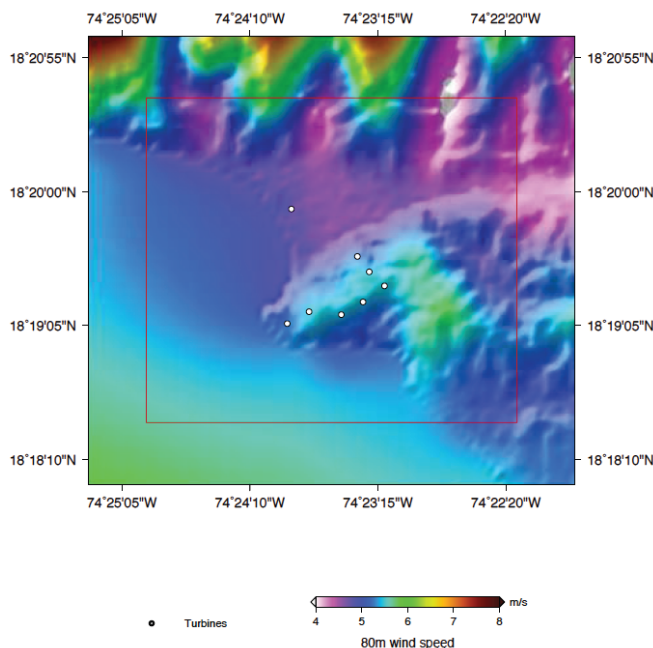
Il y avait également des variations significatives entre les 4 positions relevées pour ce site. La vitesse moyenne du vent variait entre 3,84 m/s et 6,39 m/s. Ainsi, bien que dans l'ensemble cette région ne semble pas contenir un potentiel éolien viable, la coordonnée possédant la vitesse moyenne de vent la plus élevée atteignait tout de même un facteur de capacité de 41,7 %.

Évaluation de Tiburon

Tiburon a un potentiel éolien moyen L'évaluation de Tiburon comportait 8 positions. Leur vitesse moyenne de vent fut évaluée à 5,33 m/s à une hauteur de 80 mètres, sur une période de 25 ans. (Voir la

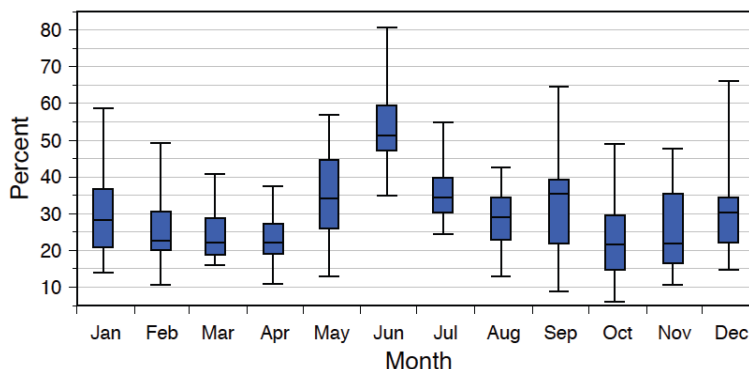
figure A-23) Pour la même période de 25 ans, le facteur de capacité moyen pour tous les sites était de 30,4 % à une hauteur de pivot de 80 mètres.

Figure A-23. Vitesse Moyenne du Vent à Tiburon



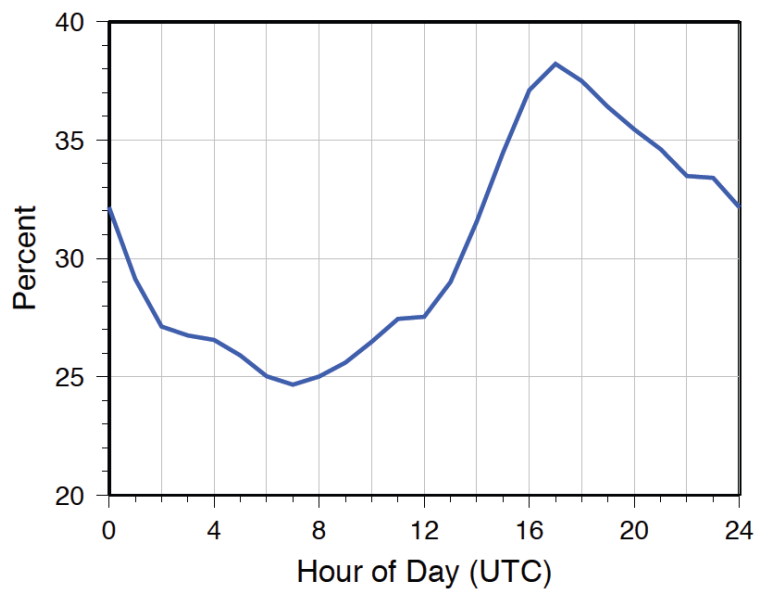
Les vents sont les plus rapides à Tiburon de mai à juillet, avec une vitesse moyenne de vent d'environ 7 m/s en juin. Cela correspond à un facteur de capacité moyenne d'au moins 35 % durant ces trois mois, et supérieur à 50 % en juin. (Voir la figure A-24) Les vitesses moyennes de vent sont les plus basses de février à avril et en octobre et novembre, à moins de 5 m/s. Cela se traduit par facteur de capacité moyen de moins de 25 % au cours de ces mois.

Figure A-24. Variation saisonnière du facteur de capacité à Tiburon



Les variations diurnes à Tiburon sont significatives. (Voir la figure A-25) Elles atteignent un sommet en fin d'après-midi de 15 h à 19 h, et un plancher de 5 h à 9 h.

Figure A-25. Variation diurne du facteur de capacité à Tiburon



La vitesse moyenne du vent varie également d'année en année à Tiburon. Elle a atteint un sommet à 5,7 m/s en 1997, ainsi qu'un plancher à 4,75 m/s en 2006.

Il n'y avait aucune variation significative entre les 8 positions relevées pour ce site. La vitesse moyenne du vent variait entre 4,80 m/s et 5,49 m/s.

Annexe VI. Évaluation par département

Sud-Est

L'une des régions les plus pauvres en Haïti (plus de 85 % la population y vivait avec moins de US \$2 par jour en 2009), le Sud-Est a beaucoup à gagner lorsqu'on considère l'exploitation de ses potentielles ressources d'énergie renouvelable. Le Sud-Est a la chance de bénéficier du deuxième plus grand potentiel hydroélectrique au pays; à 6,7 MW, le site de la Rivière Pichon a le potentiel de devenir l'une des plus grandes sources énergétiques au pays. Cependant, la densité de population relativement basse de la région (plus de la moitié des districts comportent moins de 250 personnes par kilomètre carré) pourrait ralentir le développement de l'électrification rurale et l'expansion du réseau.

Tableau A-2. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Sud-Est

Nom du site	Capacité installée potentielle (MW)	Production moyenne d'énergie par année (GWh)
Rivière Pichon	6,7	59
Rivière Blanche Marigot	3,9	34
Rivière Baintet #1	1,3	12

Source : Francis Mitchell

Grand-Anse

Située à la pointe sud de l'île, la région de Grand-Anse possède sensiblement les mêmes conditions de pauvreté et de densité que le Sud-Est, mais sans bénéficier de la même capacité d'expansion hydroélectrique (bien que Grand-Anse demeure l'une des régions du pays les plus prometteuses à cet égard). L'évaluation affiche un potentiel de capacité installée totale de 6,1 MW sur la seule Rivière des Roseaux, ce qui en ferait l'une des rivières les plus productives au pays.

Tableau A-3. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Grand-Anse

Nom du site	Capacité installée potentielle (MW)	Production moyenne d'énergie par année (GWh)
Rivière des Roseaux #2	3,5	31
Rivière des Roseaux #1	2,6	23
Rivière Glace	2,3	20

Source : Francis Mitchell

Nippes

Le plus récent département d'Haïti (né de la fraction de Grand-Anse en 2003), Nippes est une région relativement contrastée, avec des densités de population pouvant être de moins de 100 personnes par kilomètre carré, ou aller jusqu'à plus de 500 dans les environs du port de commerce dynamique de Miragoâne. Cependant, la Grande Rivière De Nippes est très éloignée de la capitale côtière du département, ce qui rend incertain la connexion d'une centrale potentielle au réseau. Dans tous les cas, les zones rurales près de la rivière (dans les environs du centre géographique de la région) pourraient bénéficier des nouvelles possibilités d'électrification.

Tableau A-4. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Nippes

Nom du site	Capacité installée potentielle (MW)	Production moyenne d'énergie par année (GWh)
Grande Rivière de Nippes #1	6,6	58
Grande Rivière de Nippes #2	2,6	23

Source : Francis Mitchell

Autres Départements

Selon les évaluations passées, le Nord-Ouest et le Sud auraient un potentiel de capacité relativement bas, avec un total cumulatif de moins de 2,4 MW pour chaque région. Le Nord-Ouest est l'une des deux régions les plus pauvres du pays; plus de 90 % de sa population vit dans une pauvreté extrême, avec moins de US \$2 par jour. L'exploitation du potentiel hydroélectrique (quoique limité) de la région pourrait être un premier pas dans la bonne direction. Dans le sud de la région, le port commercial de Cayes (qui partage avec Nippes le même déséquilibre en matière de densité et le même niveau de pauvreté élevé) pourrait obtenir un petit coup de pouce de la capacité installée potentielle de la Rivière de Sud, alors que le projet de la Rivière des Anglais pourrait permettre de rejoindre la pointe ouest du département, qui est plus isolée.

Tableau A-5. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Nord-Ouest

Nom du Site	Capacité Installée Potentielle (MW)	Production Moyenne d'Énergie par Année (GWh)
Trois Rivières #2	2,1	18

Source : Francis Mitchell

Tableau A-6. Sites à haut potentiel hydroélectrique de Sud

Nom du Site	Capacité Installée Potentielle (MW)	Production Moyenne d'Énergie par Année (GWh)
Rivière des Anglais #1	1,2	11
Rivière de Sud	1,2	10,8

Source : Francis Mitchell

Annexe VII. Centrale hydroélectrique de pompage à El Hierro

De nos jours, la petite île espagnole d'El Hierro, située au large de la côte nord-ouest africaine, en est à développer un système hydro-éolien (éoliennes reliées à un système hydroélectrique de pompage) qui devrait lui permettre de devenir la première île au monde à être entièrement autonome en énergie, en n'utilisant que celles qui sont renouvelables.² Le système fonctionnera à l'aide de cinq éoliennes pour une puissance totale évaluée à 11,5 MW, qui seront connectées à une centrale hydroélectrique de pompage d'une puissance évaluée à 11,3 MW.³

Lorsque la puissance générée par les éoliennes excédera la demande de l'île, l'excédent d'électricité sera utilisé afin de pomper l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin plus élevé. Ce bassin, d'une capacité de 556 000 mètres cubes (m³), est situé dans un cratère de volcan.⁴ Ainsi, lorsque les éoliennes ne suffiront pas à la demande en énergie de l'île, de l'eau sera relâchée du bassin supérieur vers une centrale hydroélectrique, produisant l'électricité nécessaire afin de répondre à la demande de l'île. L'eau utilisée dans ce système proviendra de trois usines de dessalement alimentées par les éoliennes.⁵ De plus, le système hydroélectrique de pompage sera un système en circuit fermé, c'est-à-dire qu'il recyclera continuellement la même eau.

Cette technologie est très emballante pour Haïti, du fait que le pays partage beaucoup de similarités avec El Hierro. Historiquement chaque île, de par son manque de ressources énergétiques typiques, dut dépendre de l'importation de carburant diesel pour sa production d'électricité.⁶ Cela les a toutes deux rendues vulnérables aux fluctuations des prix du pétrole et de l'offre. Un des buts du projet d'El Hierro est l'affranchissement du poids d'une telle dépendance aux combustibles étrangers. El Hierro, avec une population de seulement 11 000 habitants, estime que ce système permettra d'éviter l'importation de 40 000 barils de pétrole par année, en plus de prévenir l'émission de 18 700 tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) par année.⁷ Si Haïti (dont la population est de plus de 10 millions d'habitants) pouvait mettre en place un tel système à plus grande échelle, cela pourrait grandement contribuer à réduire sa dépendance aux importations de carburants fossiles, en plus de réduire ses émissions de gaz à effet de serre.

L'aide apportée par les usines de dessalement représenterait un autre bénéfice de ce système. Dans le cas d'El Hierro, l'eau dessalée est utilisée à la fois pour le système hydroélectrique de pompage, l'irrigation et l'usage résidentiel. En Haïti, un pays où la moitié des citoyens n'ont pas accès à une eau propre, un tel système rendrait l'eau douce plus accessible, en plus de fournir de l'énergie. De plus, considérant que plus de la moitié des terres du pays sont dédiées à l'agriculture, ces usines de dessalement pourraient jouer un rôle vital en assurant une alimentation constante en eau d'irrigation. Des projets d'irrigation à grande échelle ont déjà été entravés par des précipitations irrégulières et une érosion des sols très prononcée, du fait qu'il existe très peu de sources d'eau fiable et propre pour l'irrigation.

Annexe VIII. Institutions financières internationales

En plus des institutions de financement du développement mentionnées dans la feuille de route, il existe plusieurs autres sources traditionnelles d'aide au développement qui pourraient être exploitées pour le financement de projets d'énergie durable. Elles sont énumérées dans le tableau ci-dessous.⁸

Tableau A-7. Institutions internationales ayant le potentiel de financer des projets d'énergie durable

Institution	Survol	Budget pour l'énergie durable	Types de projets favorisés	Projets internationaux pertinents	Travaux en Haïti/ Dans la région de l'Amérique latine et des Caraïbes (ALC)
Banque Mondiale - Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD)	Effectue des emprunts aux gouvernements des pays à moyen revenu, ou aux pays à faible revenu qui s'avèrent solvables. Fait la promotion du développement durable par l'entremise de l'emprunt, des garanties, des produits de gestion des risques et des services consultatifs.	BIRD : 1,3 billion \$ US pour le financement de l'énergie renouvelable (ER) et de l'efficacité énergétique (EE) en 2009, le double du montant de 2008.	Le renforcement des capacités pour permettre aux banques d'investir dans les ER/EE, l'extension de l'accès, l'amélioration de la transmission et de la distribution, et l'efficacité.	Électrification de 1700 ménages en Équateur à l'aide de systèmes solaires domestiques (2008). Expansion du réseau d'électricité pour plus de 100 000 personnes au Pérou (2009) ⁹ .	Sept milliards de dollars américains pour le budget de l'ALC consacré aux changements climatiques ¹⁰ 2005 à 2008 : projet sur « une énergie sécuritaire et propre » ayant permis de réduire de 14 % les pertes électriques de la République dominicaine. ¹¹
Banque Mondiale - Société Financière Internationale (SFI)	Fournit des services en investissement, des services consultatifs et une gestion de l'actif pour des clients situés dans plus de 100 pays en voie de développement.	Depuis 2005, a financé des projets en ER pour un total de plus de 2,3 milliards de dollars américains. Pour la période de 2009 à 2011, s'est engagée à fournir 3 milliards de dollars américains supplémentaires pour des projets en ER/EE.	Les sources d'énergie renouvelable représentent 70 % de l'ensemble des investissements dans le secteur énergétique. Soutient les biomasses, la géothermique, l'hydroélectricité, l'énergie solaire et l'énergie éolienne. L'hydroélectricité est la principale composante du	Cinquante millions de dollars américains pour un projet géothermique de 72 MW au Nicaragua, réalisé par la firme américaine Raw Power Corp. ¹² Cinquante millions de dollars américains sur plus de 20 ans pour la	Trois milliards de dollars américains pour la région de l'ALC en 2010.

			budget	valorisation énergétique des déchets (2,7 MW) aux Maldives ¹³	
Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM)	Organisation financière indépendante Plus grand bailleur de fonds pour les projets publics reliés à l'environnement	De 1991 à 2009 : 1,14 milliard de dollars américains, en plus de 8,3 milliards en cofinancement Depuis 2009, une diminution du volet de l'ER due à une plus grande emphase sur l'EE, la maturation des projets antérieurs et la cessation des activités hors-réseau.¹⁴	Promotion des solutions axées sur le marché pour l'électricité renouvelable et les réseaux d'électricité Biomasses durables et petits projets hydroélectriques forment une grande part des projets L'évolution des technologies renouvelables et la production hors-réseau ne sont pas des priorités	Renforcement des capacités techniques à Cuba pour la génération d'énergie issue de biomasses et d'éoliennes (2011)¹⁵ Création de conditions de marché favorables à la production d'énergie renouvelable (à petite et moyenne échelle) à Cap-Vert (2012)¹⁶	La région de l'ALC représente 21 % du financement total Subvention de 1,3 million de dollars américains pour la production d'énergie de biomasse en République dominicaine (2012)¹⁷
Banque Européenne d'Investissement (BEI)	La BEI vise à promouvoir le financement à long terme d'investissements sécuritaires	En 2010 : 5,4 milliards de dollars américains, contre 1,1 milliard en 2007 Le financement non européen est admissible au titre du Mécanisme pour une énergie durable et un approvisionnement énergétique sûr.	Préférence pour la production d'énergies éoliennes et solaires Fait la promotion de nouvelles technologies comme le vent de terre, les biocarburants nouvelle génération, et l'énergie solaire photovoltaïque	Financement totalisant 45 millions d'euros pour la construction d'un parc éolien terrestre de 28 MW au Cap-Vert¹⁸ Financement d'une centrale hydroélectrique de 117 MW au Panama	€800 millions USD'euros pour les pays d'Afrique (y compris l'Afrique du Sud), des Caraïbes et du Pacifique en 2011 Cent millions d'euros sur les cinq dernières années en République dominicaine - 25 % pour l'énergie
Le directeur général de Développement et coopération (EuropeAid)	Responsable de l'UE pour la conception d'une politique en matière de développement et d'aide humanitaire Supporte la réduction de la pauvreté, le développement durable, la démocratie et la sécurité	De 2006 à 2013 : 420 millions d'euros par l'entremise de la Facilité ACP-UE pour l'Énergie De 2008 à 2013 : 150 millions d'euros en subventions par l'entremise du 10e Fonds Européen de Développement (FED) pour les pays qui font de l'énergie une priorité	Supporte officiellement l'initiative « L'Énergie Durable pour Tous » Aide pour la mise en place de mesures incitatives, de contrats d'achat d'électricité (CAE) et de manuels pour la gestion financière (MGF) Production d'électricité de différentes sources : solaire	Ouganda : 4 millions d'euros pour un projet de développement de l'énergie solaire, de l'hydroélectricité et de fourneaux efficaces¹⁹ 25 % d'un financement de 340 millions d'euros (en partenariat avec KfW), pour un parc éolien en	Lors du 10e FED, 194 millions d'euros pour la République dominicaine. Les projets se concentrent sur la gouvernance, la pauvreté, la santé et l'éducation (qui représente environ 50 % de l'allocation) La durabilité de l'environnement et l'énergie sont envisagées

			(photovoltaïque inclus), éolienne, hydroélectricité	Égypte de 220 MW (voir ci-dessous) ²⁰	comme secteurs de financement dans cette région
Fonds mondial pour la promotion de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables	Fournit du capital-risque à l'échelle mondiale par l'entremise d'investissements privés; pour les projets ER/RE dans les pays en voie de développement	Objectif de financement de 200 à 250 millions d'euros En date de septembre 2009, le Fonds avait amassé un total de 108 millions d'euros	Octroie du financement indirect par actions pour les petites et moyennes entreprises (PME) Les projets en ER/EE qui nécessitent un financement pouvant aller jusqu'à 10 millions d'euros et qui comblent un vide du marché	Des investissements ont été faits en ER par l'Asia Fund Berkeley, le Fonds Clean Tech Latin America et le DI Frontier (projets ER et échange de droits d'émission de carbone en Afrique) ²¹	Priorité pour l'Afrique, les Caraïbes et le Pacifique Aucun projet existant dans la région
Banque Nordique d'Investissement (BNI)	Institution financière internationale détenue par le Danemark, l'Estonie, la Finlande, l'Islande, la Lettonie, la Lituanie, la Norvège et la Suède Projets pour le renforcement de la compétitivité ou pour l'amélioration de l'environnement	2010 : 113 millions de dollars américains pour des investissements dans des projets énergétiques verts à l'internationale - une réduction substantielle depuis 2008 (378 millions à l'époque).	Amélioration des systèmes de distribution et de transmission de l'électricité Projets pour la production d'énergie renouvelable	Rétrocession de prêts pour des projets énergétiques aux bénéficiaires environnementaux dans le sud de l'Afrique (2011) Prêts à la Société Interaméricaine d'Investissement pour des projets respectant le mandat de la BNI (2011) ²²	Les pays de la région de l'ALC pourraient faire partie d'un « groupe limité » de pays que la BNI estime propice au maintien d'une présence à long terme.
Banque Interaméricaine de Développement (BID)	La BID contient 48 pays membres - 26 pays de l'ALC détiennent la majorité des actions Vise un développement dans un climat amical et durable.	2010 : 83 millions de dollars américains, une forte diminution par rapport à 2008 (662 millions).	Énergie éolienne, solaire, hydroélectrique, géothermique et biocarburants Se concentre sur l'efficacité énergétique	Projet sur les pertes d'électricité au Guyana (surveillance, pertes techniques et commerciales); en cours ²³ Mars 2012 : Engagement de 600 millions de dollars pour les énergies vertes en ALC ²⁴	De 1,5 à 1,9 milliard de dollars américains étaient projetés entre 2009 à 2013 pour des projets d'infrastructures à long terme en République dominicaine
Banque de développement des Caraïbes (BDC)	Vise la réduction de la pauvreté par le biais d'une économie durable et du développement social	Pratiquement non-existant jusqu'à maintenant (quelques millions de dollars en 2011 pour le renforcement de l'expertise)	Efficacité énergétique, conservation et diversification de l'énergie Initiatives régionales pour la	Promeut le code du bâtiment régional Impliqué dans la construction d'un projet de bagasse de 30 MW au Belize	

		Fait progressivement des ER/EE une priorité	création d'une politique environnementale des ER/EE appropriée	(2008) Projet de biomasse à l'usine Skeldon au Guyana	
Agence Française de Développement (AFD)	Principale agence française d'aide publique au développement; pour pays en voie de développement et territoires outre-mer L'AFD possède également une filiale pour le secteur privé, PROPARCO	2010 : 294 millions de dollars américains; stable depuis 2007	Connexion/renforcement des réseaux d'électricité Approche holistique de l'électrification : contient à la fois des projets sur réseau et hors-réseau Contient à la fois des projets en EE et en ER	Programme d'électrification rurale au Maroc de 1995 à 2010, par le biais d'une extension du réseau et de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque hors-réseau ²⁵ Création d'une agence de réglementation pour l'échange d'électricité dans la région de l'Afrique de l'Ouest ²⁶	Financement récent en Amérique latine, présence de longue date en Haïti et en République dominicaine Quatre cent millions d'euros en projets depuis 1997; implication grandissante
L'Établissement de crédit pour la reconstruction (Kreditanstalt für Wiederaufbau, KfW) et sa filière, la Société allemande d'Investissement et de Développement (Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft, DEG)	Le KfW a établi un partenariat avec la DEG afin de faire la promotion du progrès durable dans les pays en voie de développement Le KfW se concentre sur les pays partenaires; la DEG se concentre sur le secteur privé	Investissements de 1,5 milliards en 2010, pratiquement le double de 2007 Dépendance accrue au financement privé plutôt qu'au financement du gouvernement allemand	Investissements d'entreprises privés dans la sauvegarde du climat (DEG) Protection des forêts tropicales, de la biodiversité et des ressources naturelles (KfW)	Investissement de 5,5 millions d'euros du gouvernement allemand pour le programme « Promaren », ayant pour but la protection des ressources naturelles en République dominicaine (KfW) Prêt à long terme à la Bhoruka Power Corp. (Inde), pour un parc éolien de 26 MW (DEG)	La DEG, en particulier, a investi environ 84 millions de dollars américains dans des projets d'infrastructure en ALC ces 20 dernières années ²⁷
Initiative Internationale du Climat (International Climate Initiative, ICI)	Initiative du ministère de l'Environnement allemand (BMU) financée par les échanges de droits d'émission de carbone Finance des projets sur le climat et pour la biodiversité dans les pays en voie de développement et les pays récemment	Depuis 2008 : 634 millions d'euros, en plus de 1,5 milliard en cofinancement 28 % des projets dédiés aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique	Participant au projet de Partenariat International sur l'Atténuation des Changements Climatiques et la surveillance, la notification et la vérification (International Partnership on Mitigation and	Amélioration du savoir-faire pour l'utilisation des technologies de l'ER en Afrique du Sud (2008 à 2010) Passage des carburants fossiles aux biocombustibles sur les îles Galápagos (2012	Feuilles de Route de Worldwatch pour la Promotion de l'Énergie à Faible Teneur en Carbone, de l'EE et de l'ER dans les Caraïbes - financement de 1,3 million d'euros entre 2011 et 2013

	industrialisés		monitoring, reporting, and verification [MRV]) Investissements et conseils en matière de plan d'action pour encourager l'ER et l'EE Stratégies pour atténuer les risques reliés aux changements climatiques	à 2014)	
--	----------------	--	---	---------	--

Annexe IX. Meilleures pratiques pour programmes internationaux d'électrification rurale

Bangladesh : Mobiliser les communautés locales

Avec un indice de Développement Humain (0,454) semblable à celui d'Haïti (0,500) et un taux d'accès à l'électricité comparable (environ 30 % ou moins), Le Bangladesh s'avère un point de comparaison intéressant. Son approche envers l'électrification rurale démontre l'importance critique de la participation communautaire. Le Bangladesh a établi un Conseil de l'Électrification Rurale (Rural Electrification Board, REB) et 67 coopératives rurales de l'électricité appelées *Palli Bidyut Samities* (PBS). L'emplacement des coopératives fut choisi avec soin à la suite d'une étude de la croissance économique et du potentiel de réduction de la pauvreté, ainsi qu'en se basant sur les ressources financières et humaines des différentes communautés.

En plus de déterminer la réglementation et les lignes directrices, le REB a facilité ses relations avec les communautés en les encourageant à participer aux Conseils d'Administration bénévoles du PBS (généralement composés de 10 à 15 citoyens, certains d'entre eux étant des directeurs d'associations ou d'unions et au moins deux membres étant des femmes). Elle a également encouragé les communautés à organiser des réunions publiques, afin d'éviter ou de désamorcer les disputes sur les impacts de la construction et sur l'accès. Dans les zones hors-réseaux où le gouvernement bengali n'a pas jugé possible de créer des PBS, le projet se concentrait sur l'énergie solaire photovoltaïque. Des « guichets uniques » faisaient la promotion des technologies solaires et fournissaient un financement maison et des services aux consommateurs ruraux.²⁸ Une formation de la clientèle ainsi qu'un service d'assistance ont contribué à assurer un engagement continu des consommateurs et un modèle de financement durable. Compte tenu du mauvais taux de recouvrement et des pertes énergétiques chroniques en Haïti, ces mesures pourraient s'avérer particulièrement pertinentes.

Cap-Vert : Libérer la force de l'initiative et de la concurrence

Archipel de l'Afrique de l'Ouest dont l'indice de Développement Humain est de 0,568, le Cap-Vert ne possède aucune réserve de combustible fossile, mais un potentiel significatif en énergie renouvelable. L'île est ainsi comparable à Haïti - quoiqu'elle bénéficie d'un système démocratique et d'un système politique beaucoup plus stables, en plus d'une meilleure croissance économique (ce qui lui a valu d'accéder au stade de pays en voie de développement en 2007). Ces dernières années, le Cap-Vert a reçu une attention particulière pour son programme d'électrification rurale, mis en place avec l'aide de la Banque Mondiale.²⁹ Le pays a atteint un taux d'accès à l'électricité de 95 % en 2010 (contre 70 % en 2005), et selon les scénarios de référence il atteindrait 100 % en 2015, y compris les zones rurales.³⁰

Le programme du Cap-Vert était basé sur un système de concessions de 10 ans accordées aux entreprises par voie concurrentielle. Les entreprises sélectionnées étaient ainsi qualifiées pour des subventions gouvernementales à l'intérieur d'une zone géographique spécifique. Les montants diminuaient d'une année à l'autre afin de refléter les coûts initiaux et les économies d'échelle. Par exemple, pour un système solaire domestique de 50 watts, le premier achat était subventionné à hauteur de US \$150, mais ce montant diminuait à US \$30 lors de la quatrième année.³¹ Tous les six mois, une preuve attestant du progrès était nécessaire pour la distribution des fonds. Ces entreprises avaient trois obligations : 1) vendre des systèmes d'électrification hors-réseau; 2) vendre de l'électricité (dans un modèle de paiement par service); et 3) s'occuper d'installations publiques.

Ce type de système de concessions pourrait s'avérer utile dans un pays comme Haïti, un chercheur ayant observé que « les concessions sont attirantes là où il n'existe aucun fournisseur de services énergétiques, ou là où le marché est très petit ».³² Bien sûr, la capacité de reproduire l'expérience est limitée par la taille de la population de Cap-Vert (environ un demi-million d'habitants en 2010). L'on devrait également mentionner que le pays a l'un des tarifs d'électricité les plus élevés en Afrique, avec une moyenne de US \$0,25 par kWh. Toutefois, ce tarif n'est pas si élevé comparativement à ce qui prévaut en Haïti.³³ Règle générale, le programme semble tout de même avoir eu un effet très positif sur le pays. Il semblerait que les prix élevés n'ont pas été un obstacle significatif à l'expansion de l'accès à l'électricité.

Costa Rica : Faire fonctionner la coopération

Au Costa Rica, quatre coopératives rurales d'électricité alimentent des habitants des zones rurales depuis 30 ans.³⁴ Chaque coopérative est administrée par une assemblée générale et un conseil d'administration élus par les collectivités locales. Malgré des défis initiaux au niveau des tarifs, des remboursements de prêts et de la formation du personnel, les coopératives ont rapidement prospéré. Leur projet reposant sur des bases solides (recouvrement des coûts, coûts initiaux modestes et possibilités intéressantes en matière d'énergie renouvelable), ils arrivèrent à devenir autonomes. Parmi les bénéfices additionnels du système de coopération, notons : une meilleure communication entre les fournisseurs et les consommateurs; des mécanismes de solidarité populaire tels que les bourses et les ristournes; ainsi qu'une forte mentalité qui tient en estime le service public non lucratif.

Bien qu'il s'agisse là de l'aspect le plus original et notable des efforts d'électrification rurale au Costa Rica, les coopératives constituent présentement « seulement » 40 % des services en zone rurale (et 15 % de tout le marché au pays).³⁵ La majeure partie des autres services sont le résultat de mesures de l'Institut de l'Électricité (ICE) du Costa Rica, supporté par des donateurs internationaux tels que la BID et USAID. Une campagne agressive d'extension du réseau a été entamée en 1976, suivie d'études sur le terrain du potentiel de demande en électricité et d'estimations de coûts détaillées. Mais, en dernier lieu, le projet ne fut rendu possible que grâce à un prêt du Fonds des Opérations Spéciales de la BID qui présentait des conditions avantageuses (un taux d'intérêt de 2 % assorti d'une période de grâce de 8 ans et demi). Comparativement, les prêts des banques haïtiennes au gouvernement seraient à 7 % d'intérêt sur une période de sept ans.

Haïti aurait besoin d'une source de financement plus solide et abordable avant de pouvoir lancer un projet semblable à celui du Costa Rica (en usant de prêts de USAID ou de PetroCaribe, par exemple). Autre aspect notable : les activités d'électrification rurale de l'ICE sont séparées des activités de production et de transmission « traditionnelles », reconnaissant ainsi la spécificité des questions d'électrification rurale. La tarification de l'ICE est également remarquable, un mélange équilibré de frais de connexion réduits pour les consommateurs les plus pauvres, de paliers de frais selon le niveau de consommation, ainsi que l'obligation de récupérer les coûts après une période initiale de mise en place.³⁶

Références

1 Feuille de route pour Haïti vers l'énergie durable : contexte, objectifs et méthodologie

¹ Organisme des Nations Unies (ONU), site web de « Sustainable Energy for All » (L'Énergie Durable pour Tous), www.sustainableenergyforall.org, consulté le 10 juillet 2013.

² L'accord de Copenhague du 18 décembre 2009 à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), 15e Session de la Conférence des Parties, Copenhague, Danemark.

³ CCNUCC, le Plan d'action de Bali de décembre 2007, 13e Session de la Conférence des Parties, Bali, Indonésie.

⁴ ONU – L'énergie durable pour tous, « Objectives » (Objectifs), www.sustainableenergyforall.org/about-us, consulté le 17 octobre 2013.

⁵ M. Collins et autres, « Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility » (Changement Climatique à Long Terme : Projections, Engagement et Irréversibilité), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (Changement Climatique 2013 : Fondements Scientifiques), contribution du groupe de travail I au Cinquième Rapport d'Évaluation du Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique (Cambridge, GB : Cambridge University Press, 2013); Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique, « 2014 : Compte Rendu pour les Décideurs », *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Part A : Global and Sectoral Aspects* (Changement Climatique 2014 : Impacts, Adaptation et Vulnérabilité – Partie A : Aspects Mondiaux et Sectoriels, contribution du groupe de travail II au Cinquième Rapport d'Évaluation du Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique (Cambridge, GB : Cambridge University Press, 2014).

⁶ U.S. Climate Change Science Program, Synthesis and Assessment Product 3.3 (Programme Scientifique Américain sur les Changements Climatiques : Produit d'Évaluation et de Synthèse 3.3), *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate, North America, Hawaii, Caribbean and US Pacific Islands* (Météo et Climats Extrêmes d'un Climat Changeant : Amérique du Nord, Hawaï, les Caraïbes et les îles américaines du Pacifique), (Washington, DC : juin 2008).

⁷ Maplecroft Global Risk Analytics, *Climate Change and Environmental Risk Atlas 2014* (L'Atlas des Changements Climatiques et des Risques Environnementaux), (Bath, U.K. : 2013).

⁸ Christopher Flavin, *Low-Carbon Energy : A Roadmap*, Worldwatch Report 178 (Énergie à Faible Taux de Carbone : une Feuille de Route, Rapport Worldwatch #178), (Washington, DC : Worldwatch Institute, 2008), p. 5.

⁹ Agence Internationale de l'Énergie (AIE), « Haiti: Statistics for 2011 » (Haïti : Statistiques pour 2011), www.iea.org/stats/countryresults.asp?COUNTRY_CODE=HT&Submit=Submit, consulté le 6 décembre 2013.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ibid.

¹² Figure 1.1 de la Banque Mondiale, *Rebuilding Energy Infrastructure and Access Project* (Projet de Reconstruction des Infrastructures Énergétiques et de l'Accès), (Washington, DC : 2012).

¹³ AIE, « Haiti : Statistics for 2009 » (Haïti : Statistiques pour 2009), www.iea.org/stats/countryresults.asp?COUNTRY_CODE=HT&Submit=Submit, consulté le 30 juillet 2013; Banque Mondiale, op. cit. note 12.

¹⁴ Worldwatch Institute, Breakout Session, Sustainable Energy Roadmap Stakeholder Consultation (Séance de Groupe, Consultation des Intervenants Concernés pour une Feuille de Route sur l'Énergie Durable), Port-au-Prince, Haïti, 21 février 2013.

¹⁵ Tableau 1.1 de Nexant, « Caribbean Regional Electricity Generation, Interconnection, and Fuels Supply Strategy » (Stratégie pour l'Approvisionnement en Carburants, pour l'Interconnectivité et la Production d'Électricité dans la Région des Caraïbes), (Washington, DC : Agence pour le Développement International (USAID), « Fact Sheet : Northern Power Plant (Fiche d'Information : Centrale Énergétique du Nord), (Washington, DC : juin 2012); Électricité d'Haïti (EDH), « Nos Centrales », disponible à : www.edh.ht/nos_centrales.php; E-Power, « Project Development » (Développement de Projets), disponible à : www.epowerhaiti.com/#!/project-development.

¹⁶ Worldwatch Institute, op. cit. note 14; Nexant, op. cit. note 15.

¹⁷ Nexant, op. cit. note 15.

¹⁸ Ibid.

-
- ¹⁹ Département des affaires économiques et sociales de l'ONU, « World Population Prospects: The 2012 Revision » (Perspectives d'Avenir sur la Population Mondiale : La Révision de 2012), disponible sur : http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm.
- ²⁰ EDH, op. cit. note 15; Hermann Gerdes, directeur des ventes, dans un courriel à Worldwatch Institute, 16 juillet 2014.
- ²¹ E-Power, op. cit. note 15.
- ²² Département d'État des États-Unis, « State Department Fact Sheet on Energy in Haiti » (Fiche d'Information du Département d'État sur l'Énergie en Haïti), (Washington, DC : 22 octobre 2012).
- ²³ Worldwatch Institute, op. cit. note 14.
- ²⁴ Banque Mondiale, op. cit. note 12.
- ²⁵ USAID, « Haiti: Energy » (Haïti : Énergie), disponible à : www.usaid.gov/haiti/energy.
- ²⁶ Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME) et EDH, *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan de Développement National du Secteur Énergétique 2007-2017), (Port-au-Prince : novembre 2006).
- ²⁷ U.S. Central Intelligence Agency (Agence centrale de renseignements des États-Unis, CIA), « The World Factbook : Haiti » (Le Panorama Mondial : Haïti), <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ha.html>, consulté le 30 juillet 2013.
- ²⁸ Banque Mondiale, op. cit. note 12.
- ²⁹ Ibid.
- ³⁰ Tableau 1.2 de l'EDH, « Frais et Tarifs », disponible à : www.edh.ht/tarif.php. Figure 1.2 de l'étude des tarifs menée par la Caribbean Electric Utility Service Corporation (CARILEC) et l'EDH, disponible à : idem.
- ³¹ EDH, op. cit. note 30.
- ³² Figure 1.3 de CARILEC et EDH, op. cit. note 30.
- ³³ Tableau 1.3 à partir des sources suivantes : Allison Archambault, « Government of Haiti Announces Rural Electrification Plans » (Le gouvernement haïtien annonce des plans pour l'électrification rurale), blogue de EarthSpark International, 26 janvier 2012, disponible à : <http://earthsparkinternational.org>; Banque Interaméricaine de Développement (BID), « IDB Makes \$20 Million Grant for Haiti Hydro », (La BID Offre une Subvention de 20 millions de dollars pour l'Hydroélectricité en Haïti), communiqué de presse (Washington, DC : 15 décembre 2011); Régine Simon-Barjon, Présidente, BioTek Solutions, « Effectiveness of Aid in Haiti and How Private Investment Can Facilitate the Reconstruction » (Efficacité de l'Aide en Haïti et Comment les Investissements Privés Peuvent Faciliter la Reconstruction), déclaration écrite soumise à la sous-commission du Sénat américain sur les affaires étrangères, lors de la séance sur le développement international et l'aide internationale dans l'hémisphère occidental, « Rebuilding Haiti in the Martelly Era » (Reconstruire Haïti dans l'Ère Martelly), 23 juin 2011; Commission Intérimaire pour la Reconstruction d'Haïti (CIRH), « Projects: Energy » (Projets : Énergie), 2011, disponible à : www.cirh.ht/sites/ihrc/en/projects/Pages/default.aspx#energy; International Electric Power, « Project Siroc » (Projet Siroc), disponible à : <http://iepwr.com/projects/siroc.html>; Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, évaluation externe mise à la disposition de Worldwatch Institute, 16 avril 2014.
- ³⁴ BID, op. cit. note 33.
- ³⁵ CIRH, op. cit. note 33.
- ³⁶ Ibid.
- ³⁷ Union of Concerned Scientists, « How Hydro Electric Energy Works » (Comment Fonctionne l'Énergie Hydroélectrique), www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-hydroelectric-energy.html, consulté le 6 juillet 2012.
- ³⁸ BID, « HA-T1150 : Artibonite 4C Hydroelectric Project – Studies » (HA-T1150 : Projet Hydroélectrique Artibonite 4C – Études), www.iadb.org/en/projects/project-description-title,1303.html?id=HA-T1150, consulté le 6 septembre 2013.
- ³⁹ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 26.
- ⁴⁰ MTPTC, BME, et EDH, *National Energy Sector Development Plan : Interim Version (NESDP-i)* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique : Version Intérimaire), (Port-au-Prince : février 2011).

-
- ⁴¹ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 26.
- ⁴² « Haiti's Martelly Meets with EDH Utility » (Martelly, président d'Haïti, Rencontre l'EDH), *caribjournal.com*, 7 septembre 2012.
- ⁴³ Archambault, op. cit. note 33.
- ⁴⁴ Cabinet du ministre délégué auprès du premier ministre pour la sécurité de l'énergie, communication personnelle avec Worldwatch Institute, juin 2014.
- ⁴⁵ eSolar, « NRG Energy and Solar Electric Light Fund Collaborate to Accelerate Economic Recovery in Haiti with Solar Energy » (NRG Energy et le Fonds Solar Electric Light Collaborent afin d'Accélérer la Reprise Économique en Haïti à l'Aide de l'Énergie Solaire), communiqué de presse, (Princeton, NJ : 21 septembre 2010).
- ⁴⁶ Ibid.
- ⁴⁷ Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, évaluation externe mise à la disposition de Worldwatch Institute, juin 2014.
- ⁴⁸ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 40, p. 6.
- ⁴⁹ Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, op. cit. note 47.
- ⁵⁰ BID, « Bioenergy Action Plan » (Plan d'action bioénergétique), 2011, disponible à : www.iadb.org/en/projects/project,1303.html?id=HA-T1077.
- ⁵¹ Simon-Barjon, op. cit. note 33.
- ⁵² Ibid.
- ⁵³ Matt Lucky, « Weighing Options for Haiti's Energy Future: Is Jatropha a Realistic Alternative? » (Évaluation des Options pour l'avenir Énergétique d'Haïti : Jatropha est-elle une alternative réaliste?), *ReVolt* (blogue de Worldwatch Institute), 24 février 2012.
- ⁵⁴ Matt Lucky, « Waste-to-Energy: One Solution for Health and Electrification in Haiti? », (Valorisation Énergétique des Déchets : Une Solution pour la Santé et l'Électrification d'Haïti ?), *ReVolt* (blogue de Worldwatch Institute), 17 mai 2012.
- ⁵⁵ Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, op. cit. note 47; Xing Fu-Bertaux and Matt Lucky, « Haitian Waste-to-Energy Project to Fall Short of Waste Requirements? » (Les Projets Haïtiens de Valorisation Énergétique des Déchets n'Atteignent pas les Conditions de Déchets Nécessaires?), *ReVolt* (blogue de Worldwatch Institute), 6 juin 2012.
- ⁵⁶ « Construction starts on Haiti LNG Import Terminal » (Amorce de la construction du terminal pour l'importation de GNL en Haïti), *LGN World News*, 23 août 2013, www.lngworldnews.com/construction-starts-on-haiti-lng-import-terminal/, consulté le 4 juin 2014; « Haiti – Reconstruction : LNG terminal of \$103MM » (Haïti – Reconstruction : Terminal GNL de 103 M\$), *Haïti Libre*, 18 août 2013, [www.haitilibre.com/en/news-9246-haiti-reconstruction-lng-terminal-of-\\$103mm.html](http://www.haitilibre.com/en/news-9246-haiti-reconstruction-lng-terminal-of-$103mm.html), consulté le 4 juin 2014.
- ⁵⁷ Clean Energy Solutions Center, « Towards Energy Access in Haiti » (Vers l'Accès à l'Énergie en Haïti), webinar présenté par le Laboratoire National sur les Énergies Renouvelables (National Renewable Energy Laboratory, NREL), 16 janvier 2014, disponible sur : <https://cleanenergysolutions.org/training/towards-energy-access-in-haiti>.
- ⁵⁸ « EDH à l'Heure des Concessions », 4 juillet 2014, *Le Nouvelliste*, lenouvelliste.com/lenouvelliste/article/133087/EDH-a-lheure-des-concessions.html, consulté le 15 juillet 2014; « Le gouvernement Martelly-Lamothe Veut Moderniser le Secteur de l'Électricité en Haïti », *Dernières Informations*, 24 juin 2014, directeinfo.com/le-gouvernement-martelly-lamothe-veut-moderniser-le-secteur-de-lelectricite-en-haiti/, consulté le 15 juillet 2014.
- ⁵⁹ CIA, op. cit. note 27.
- ⁶⁰ Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), *Rapport sur le développement humain 2013* (New York : 2013).
- ⁶¹ Département d'État des États-Unis, op. cit. note 22.
- ⁶² UN Sustainable Energy For All, « Objectives » (Objectifs), <http://sustainableenergyforall.org/objectives>, consulté le 16 octobre 2013.
- ⁶³ Figure 1.4 du PNUD, « Indicateurs de Développement Humain » (New York : 2013).

⁶⁴ Government of the Republic of Haiti, *Action Plan for National Recovery and Development of Haiti* (Gouvernement de la République d'Haïti, Plan d'action pour le Redressement et le Développement d'Haïti), (Port-au-Prince : mars 2010).

⁶⁵ René Jean-Jumeau, « Électricité Rurale en Haïti : Orientations pour l'amélioration de l'accès national à l'électricité » (Port-au-Prince : MTPTC, 2010).

⁶⁶ Site web de l'Initiative « Haiti Regeneration » (Régénération Haïti), www.haitiregeneration.org, consulté le 15 septembre 2012.

⁶⁷ AIE, « Haiti: Oil for 2011 » (Haïti : le Pétrole pour 2011), disponible à : www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=HAITI&product=oil&year=2011; Agence américaine d'Information sur l'Énergie (U.S. Energy Information Administration), « 2011 Brief : Brent Crude Oil Averages over \$100 per Barrel in 2011 » (Dépêche de 2011 : le Pétrole Brut de Qualité Brent se Vend en Moyenne à 100 \$ le Baril en 2011), 12 janvier 2012, disponible sur : www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=4550; Banque Mondiale, « World DataBank: Haiti » (Banque de Données Mondiale : Haïti), disponible sur : <http://databank.worldbank.org/data/views/reports/tableview.aspx>.

⁶⁸ Banque Mondiale, op. cit. note 12.

⁶⁹ MTPTC, BME, and EDH, op. cit. note 26, p. 1.

⁷⁰ MTPTC, communication personnelle avec Worldwatch, Port-au-Prince, février 2013.

⁷¹ MTPTC, BME, et EDH, « Avant-Projet de Politique Énergétique de la République d'Haïti » (Port-au-Prince : janvier 2008).

⁷² New Agriculturist, « Country Profile – Haiti » (Profil de Pays : Haïti), www.new-ag.info/en/country/profile.php?a=202, consulté le 30 juillet 2013.

⁷³ Philip Howard, « Environmental Scarcities and Conflict in Haiti » (Pauvreté Environnementale et Conflit en Haïti), (Ottawa : Agence canadienne de Développement, 1998).

⁷⁴ UNICEF, « Haiti Prepares for Another Hurricane Season » (Haïti se prépare pour une nouvelle saison des ouragans), 8 septembre 2009, disponible à : www.unicef.org/infobycountry/haiti_51083.html.

⁷⁵ Programme Scientifique Américain sur les Changements Climatiques, op. cit. note 6.

⁷⁶ République d'Haïti, *Haiti Earthquake Post Disaster Needs Assessment (PDNA): Assessment of damage, losses, general and sectoral needs* (Évaluation des Besoins Après Désastre : Évaluation des Dommages, Pertes, et Besoins Sectoriels Généraux), (Port-au-Prince : 2010).

⁷⁷ Banque Mondiale, « Vulnerability, Risk Reduction, and Adaptation to Climate Change: Haiti » (Vulnérabilité, Diminution du Risque et Adaptation aux Changements Climatiques : Haïti), (Washington, DC : 2011).

2 Efficacité énergétique en Haïti

¹ Center for Sustainable Energy California (Centre pour l'Énergie Durable de la Californie), « How Does One Define Efficiency? » (Comment Définir l'Efficacité ?), <http://energycenter.org/index.php/technical-assistance/energy-efficiency/energy-efficiency-definition>, consulté le 17 février 2012.

² Encadré 2.1 de Amy Bracken, « Recycled Trash to Fuel Haiti » (Des Déchets Recyclés Comme Combustibles Pour Haïti), *The World*, 22 avril 2010, disponible à : www.theworld.org/2010/04/recycled-trash-to-fuel-haiti; Agence des États-Unis pour le Développement International (U.S. Agency for International Development, USAID), *Assessment of Haiti Alternative Cooking Technologies Program* (Évaluation du Programme de Technologies Alternatives de Cuisine en Haïti), (Washington, DC : novembre 2010); Alliance Mondiale pour des Fourneaux Propres, « Haïti », www.cleancookstoves.org/countries/america/haiti.html, consulté le 5 juin 2014; Organisation mondiale de la santé (OMS), *Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks* (Mortalité et Fardeau des Maladies Attribuables aux Risques Majeurs Sélectionnés), (Genève : 2009).

³ Banque Mondiale, *Rebuilding Energy Infrastructure and Access Project* (Projet de Reconstruction des Infrastructures Énergétiques et de l'Accessibilité), (Washington, DC : 2012).

⁴ Conseil National de la République dominicaine sur les Changements Climatiques et les Mécanismes de Développement Propres, « A Journey to Sustainable Growth: The Draft Climate-Compatible Development Plan of

the Dominican Republic » (Vers le développement durable : l'Avant-Projet de la République dominicaine pour un Développement Respectueux du Climat), (Santo Domingo : septembre 2011).

⁵ Figure 2.1 de la Banque Mondiale, *World Development Indicators* (Indicateurs Mondiaux de Développement), (Washington, DC : 2013), et de l'Agence Américaine d'Information sur l'Énergie (U.S. Energy Information Administration, EIA), « Country Energy Profiles » (Profil Énergétiques des Pays), (Washington, DC : 2013).

⁶ Figure 2.2 de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), « Haiti: Electricity and Heat for 2011 » (Haïti : Électricité et Niveaux de Chaleur pour 2011), disponible à :

www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?&country=HAITI&year=2011&product=ElectricityandHeat.

⁷ Nexant, *Caribbean Regional Electricity Generation, Interconnection, and Fuels Supply Strategy* (Stratégie pour l'Approvisionnement en Carburants, pour l'Interconnectivité et la Production d'Électricité dans la région des Caraïbes), (Washington, DC : 2010); Agence pour le Développement International (USAID), « Fact Sheet : Northern Power Plant (Fiche d'Information : Centrale Énergétique du Nord; Électricité d'Haïti (EDH), « Nos Centrales », disponible à : www.edh.ht/nos_centrales.php; E-Power, « Project Development », à www.epowerhaiti.com/#!/project-development.

⁸ Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME) et Électricité d'Haïti (EDH), *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan National pour le Développement du Secteur Énergétique 2007-2017), (Port-au-Prince : novembre 2006), p. 6.

⁹ Ibid., p. 5

¹⁰ Ibid., p. 5.

¹¹ Nexant, *Caribbean Regional Electricity Generation, Interconnection, and Fuels Supply Strategy* (Stratégie pour l'Approvisionnement en Carburants, pour l'Interconnectivité et la Production d'Électricité dans la région des Caraïbes), (Washington, DC : 2010).

¹² J. Wells, « A Dam for the People and a People Damned » (Un Barrage pour le Peuple et que le Peuple s'arrange), *The Star*, 21 novembre 2010.

¹³ Banque Mondiale, op. cit. note 3.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ AIE, « How Much Electricity Is Lost in Transmission and Distribution in the United States ? » (Comment d'Électricité est Perdue dans la Transmission et la Distribution aux États-Unis ?), www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=105&t=3, consulté le 9 juillet 2012.

¹⁶ Banque Mondiale, op. cit. note 3.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ MTPTC, BME, et EDH, *National Energy Sector Development Plan: Interim Version (NESDP-i)* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique : Version Intérimaire), (Port-au-Prince : février 2011).

¹⁹ Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI), *Industrial Development Report 2011* (Rapport du Développement Industriel de 2011), (Vienne : 2011).

²⁰ Ibid.

²¹ Worldwatch Institute, Breakout Session, Sustainable Energy Roadmap Stakeholder Consultation (Séance de Groupe, Consultation des Intervenants Concernés pour une Feuille de Route sur l'Énergie Durable), Port-au-Prince, Haïti, 21 février 2013.

²² Banque Interaméricaine de Développement (BID), « Restoring the Competitiveness of the Coffee Sector in Haiti » (Reconstruire la Compétitivité du Café en Haïti), (Washington, DC : avril 2006).

²³ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 18.

²⁴ Business in Haiti, « Profile of Haiti's Garment Manufacturing Sector » (Profil du Secteur Manufacturier de la Confection de Vêtements en Haïti), mai 2010, disponible à : www.businessinhaiti.com/images/stories/pdf_files/Haiti_Garment_BaselineReport_05_20.pdf.

²⁵ Ibid.

²⁶ Ibid.

²⁷ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 18.

²⁸ Conseiller en environnement du PNUE, discussion avec Worldwatch Institute, 11 juillet 2014.

²⁹ Table 2.1 de MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 8.

³⁰ Figure 2.3 de *ibid.*

³¹ Site web d'European Energy Labels, www.energylabels.co.uk/eulabel.html, consulté le 30 janvier 2012.

³² Energy Star, « Refrigerators for Consumers » (Réfrigérateurs pour les consommateurs), www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find_a_product.showProductGroup&pgw_code=RF, consulté le 1er mars 2012.

³³ Commission Énergétique de la Californie, « Refrigerators and Freezers » (Réfrigérateurs et Congélateurs), www.consumerenergycenter.org/home/appliances/refrigerators.html, consulté le 1er mars 2012.

³⁴ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 8.

³⁵ *Technology Action Plan: Buildings Sector Energy Efficiency*, Report to the Major Economies Forum on Energy and Climate (Plan d'action technologique : l'Efficacité Énergétique dans le Secteur du Bâtiment, Rapport pour le Forum des Économies Importantes sur l'Énergie et le Climat), préparé par les États-Unis en consultation avec des partenaires MEF, décembre 2009.

³⁶ Christian E. Casillas and Daniel E. Kammen, « The Energy-Poverty-Climate Nexus » (Le Nexus Énergie-Pauvreté-Climat), *Science*, 26 novembre 2010, pp. 1181–82.

³⁷ Tableau 2.2 de MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 8.

³⁸ Site web de Architectural Louvers, www.archlouvers.com, consulté le 5 mars 2012.

³⁹ Energy Star, « Energy Star Products: Air Conditioning » (Produits Energy Star : Climatiseurs), www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find_a_product.showProductGroup&pgw_code=CA, consulté le 8 mars 2012.

⁴⁰ Energy Star, « Energy Star Products: Fans » (Produits Energy Star : Ventilateurs), www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find_a_product.showProductGroup&pgw_code=VF, vue le 8 mars 2012.

⁴¹ Jane Lausten, *Energy Efficiency Requirements in Building Codes: Energy Policies for New Buildings* (Exigences en Matière d'Efficacité Énergétique dans les Codes du Bâtiment : Politiques Énergétiques pour les Nouveaux Bâtiments), (Paris : AIE, 2008).

⁴² Center for Climate and Energy Solutions, « Building Envelope » (Enveloppe du Bâtiment), disponible à : www.c2es.org/technology/factsheet/BuildingEnvelope.

⁴³ D.J. Bonnet et autres, « Ultra Low U-value Walls for Low-Carbon-Dioxide Homes » (Des Murs de Valeur U Très Basse pour des Maisons à Faible Taux de CO₂), Procédures de l'ICE, *Energy*, 1^{er} novembre 2008, pp. 175 – 85.

⁴⁴ Association des fabricants européens en isolation (European Insulation Manufacturers Association), « U-Values : For Better Energy Performance of Buildings » (Les Valeurs U, pour de Meilleures Performances Énergétiques des Bâtiments), (Bruxelles : novembre 2007).

⁴⁵ *Ibid.*

⁴⁶ Encadré 2.3 du Département de l'Énergie des États-Unis, « Guidelines for Selecting Cool Roofs » (Guide pour la Sélection de Toits Refroidissants), juillet 2010, disponible à : <http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/coolroofguide.pdf>.

⁴⁷ Tetra Tech – Caribbean Hotel Energy Efficiency Action Programme (Programme d'Action pour l'Efficacité Énergétique des Hôtels des Caraïbes), *Energy Efficiency and Micro-Generation in Caribbean Hotels Consultancy* (Cabinet-Conseil pour l'Efficacité Énergétique et la Micro-Production d'Énergie dans les Hôtels Caraïbéens), (Arlington, VA : juillet 2012).

⁴⁸ *Ibid.*

⁴⁹ *Ibid.*

⁵⁰ *Ibid.*

⁵¹ *Ibid.*

3 Potentiel en énergie renouvelable d'Haïti

¹ Alexander Ochs et Annette Knödler, « Value of Fossil Fuel Subsidies Decline; National Bans Emerging » (La Valeur des Subventions pour les Combustibles Fossiles en Déclin; Émergence d'Interdictions Nationales), Vital Signs Online (Washington, DC : Worldwatch Institute, 11 mai 2011).

- ² Agence Internationale pour les Énergies Renouvelables (International Renewable Energy Agency, IRENA), *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series: Solar Photovoltaics* (Technologies de l'Énergie Renouvelable : Série sur les Analyses de Coûts : le Photovoltaïque Solaire), (Abu Dhabi : juin 2012), p. 15; Shyam Mehta, « PV Technology and Cost Outlook, 2013-2017 » (Technologie photovoltaïque et Perspectives de Coûts, 2013-2017), *GTM Research*, 18 juin 2013, www.greentechmedia.com/research/report/pv-technology-and-cost-outlook-2013-2017, consulté le 16 juillet 2014.
- ³ Bloomberg New Energy Finance, *Sun Sets on Oil for Gulf Power Generation* (Le Soleil se Couche pour la Production d'Énergie Pétrolière du Golfe), (London and New York : 19 janvier 2011).
- ⁴ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), *Renewables 2013 Global Status Report* (Rapport Global de l'État des Énergies Renouvelables en 2013), (Paris : 2014).
- ⁵ IRENA, *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series : Concentrating Solar Power* (Technologies de l'Énergie Renouvelable : Série sur les Analyses de Coûts : Concentration de l'Énergie Solaire), (Abou Dabi : juin 2012), p. i.
- ⁶ REN21, op. cit. note 4.
- ⁷ Ibid.; B. Perlack et W. Hinds, *Évaluation of the Barbados Solar Water Heating Experience* (Évaluation de l'Expérimentation en Chauffe-eau Solaire à la Barbade), (Oak Ridge, TN : Oak Ridge National Laboratory, 2003); évaluation de 15000 ménages basés sur les données de la EIA sur la consommation moyenne d'un utilisateur aux États-Unis, disponible à l'AIE, « How Much Electricity Does an American Home Use? » (Combien d'Électricité Utilise une Maison aux États-Unis ?), disponible à : <http://205.254.135.7/tools/faqs/faq.cfm?id=97&t=3>.
- ⁸ Agence Internationale de l'Énergie (AIE), *Renewable Energy Essentials : Solar Heating and Cooling* (Les Essentiels de l'Énergie Renouvelable : Le Réchauffement et le Refroidissement Solaire), (Paris : 2009).
- ⁹ Programme Environnemental des Nations Unies, « Success Stories: Solar Energy in Barbados » (Belle Réussite : l'Énergie Solaire en Barbade), www.unep.org/greeneconomy/SuccessStories/SolarEnergyinBarbados/tabid/29891/Default.aspx, consulté le 14 décembre 2011.
- ¹⁰ Banque Interaméricaine de Développement (BID), « Barbados to Diversify Energy Matrix, Promote Sustainable Energy Sources with IDB Assistance » (La Barbade a l'Intention de Diversifier sa Matrice Énergétique et de Promouvoir les Sources d'Énergie Durable avec l'Aide de la BID), communiqué (Washington, DC : 10 novembre 2011).
- ¹¹ Étude de cas 1 à partir des sources suivantes : Partners in Health, « Hôpital Universitaire de Mirebalais », www.pih.org/pages/mirebalais, consulté le 7 mars 2014; Katie Auth, « In Haiti and Rwanda, Renewable Energy Helps Power National Recovery » (En Haïti et au Rwanda, l'Énergie Renouvelable Participe à l'Électrification Nationale), *ReVolt* (blogue de Worldwatch Institute), 19 septembre 2012.
- ¹² Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, évaluation externe mise à la disposition de Worldwatch Institute, 16 avril 2014.
- ¹³ Figure 3.1 de 3TIER, *FullView : Haiti*, préparé pour Worldwatch Institute, 30 octobre 2012.
- ¹⁴ Laboratoire National des Énergies Renouvelables (U.S. National Renewable Energy Laboratory, NREL), « 30-Year Average of Monthly Solar Radiation, 1961 –1990 » (Moyenne d'ensoleillement mensuelle pour la Radiation Solaire sur 30 Ans, 1961-1990), http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/1961-1990/redbook/sum2/state.html, consulté le 19 juin 2013.
- ¹⁵ Figure 3.2 de 3TIER, op. cit. note 12.
- ¹⁶ Figure 3.3 de 3TIER, op. cit. note 12, and du Service Météorologique National Allemand, « Moyenne EHG mensuelle pour l'Allemagne, 1981 –2010 », at www.dwd.de, consulté le 19 juin 2013
- ¹⁷ Étude de cas 2 et figure 3.4 et 3.5 de 3TIER, op. cit. note 13.
- ¹⁸ Le Tableau 3.1, un calcul de Worldwatch sur les données de 3TIER, op. cit. note 13.
- ¹⁹ Figure 3.2 de ibid.
- ²⁰ REN21, op. cit. note 4.
- ²¹ Mark Delucchi et Mark Z. Jacobson, « Providing All Global Energy with Wind, Water, and Solar Power, Part II : Reliability, System and Transmission Costs, and Policies » (Fournir Toute l'Énergie Mondiale Grâce à l'Éolienne,

l'Hydroélectricité et l'Énergie Solaire, Deuxième Partie : Fiabilité, Politiques, et Coûts du Système et de la Transmissions), *Energy Policy*, vol. 39 (2011), pp. 1170 – 90.

²² Association américaine de l'énergie éolienne (American Wind Energy Association), *Small Wind Turbine Global Market Study* (Étude du Marché Global pour les Petites Génératrices pour Éoliennes), (Washington, DC : 2010); « Wind Farm Selected in First Selection of Clean Energy Projects » (Parc Éolien Sélectionné comme Premier Choix de Projet Énergétique Propre), RenewableEnergyFocus.com, consulté le 11 janvier 2010.

²³ Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME), et Électricité d'Haïti (EDH), *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique 2007-2017), (Port-au-Prince : *Version Intérimaire (NESDP-i)*) (Port-au-Prince : février 2011).

²⁴ Cristina Archer et Mark Jacobson, *Évaluation of Global Wind Power* (Évaluation de l'Énergie Éolienne Mondiale), (Stanford, CA : Département d'Ingénierie Civile et Environnementale, 2005).

²⁵ Figure 3.6 de 3TIER, op. cit. note 13.

²⁶ Figure 3.7 de ibid.

²⁷ Étude de cas 3 de MTPTC, BME, et EDH, *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique 2007-2017), (Port-au-Prince : novembre 2006), p. 9; et de 3TIER, op. cit. note 12. Les figures 3.8, 3.9, et 3.10 de 3TIER, idem.

²⁸ Table 3.3 de 3TIER, op. cit. note 13.

²⁹ Le Tableau 3.4 : un calcul de Worldwatch sur les données de 3TIER, op. cit. note 13.

³⁰ Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, op. cit. note 12.

³¹ REN21, op. cit. note 4.

³² World Commission on Dams, *Dams and Development: A New Framework for Decision-Making* (Les Barrages et le Développement : un Nouveau Cadre pour la Prise de Décision), (Londres : Earthscan, novembre 2000).

³³ Commission sur les Ressources Hydroélectriques de Changjiang, « Research on the Resettlement of the Three Gorges Project » (Recherche sur la Relocalisation des Populations du Projet des Trois Gorges), (Hubei : Hubei Science and Technology Press, 1997); Shai Oster, « China Recognizes Dangers Caused by Three Gorges Dam » (La Chine Reconnaît les Dangers Causés par le Barrage des Trois Gorges), *Wall Street Journal*, 27 septembre 2007.

³⁴ MTPTC, BME, et EDH, « Avant-Projet de Politique Énergétique de la République d'Haïti », (Port-au-Prince : janvier 2008).

³⁵ Francis Mitchell, « Summary of Hydroelectric Potential Sites » (Sommaire des Sites Hydroélectriques Potentiels), (Port-au-Prince : Soleo Énergies, 2011).

³⁶ Ibid.

³⁷ Ibid.

³⁸ Tableau 3.5 de ibid.

³⁹ Programme du PNUE sur l'Énergie Durable en Haïti, op. cit. note 12.

⁴⁰ Tableau 3.6 de Mitchell, op. cit. note 35.

⁴¹ MTPTC, BME, et EDH, op. cit. note 27.

⁴² Jane Earley et Alice McKeown, *Red, White, and Green : Transforming U.S. Biofuels* (Rouge, Blanc et Vert : la Transformation des Biocarburants aux États-Unis), Rapport de Worldwatch #180 (Washington, DC : Institut Worldwatch, Juillet 2009).

⁴³ Statistiques Énergétiques de l'AIE, « Share of total primary energy supply in 2009 : Haiti » (Portion de l'Approvisionnement Énergétique Primaire Total en 2009 : Haïti), www.iea.org/stats/pdf_graphs/HTTPEPI.pdf, consulté le 30 octobre 2013.

⁴⁴ Mongabay, « Haiti Forest Information and Data » (Information et Données sur les Forêts Haïtiennes), <http://rainforests.mongabay.com/deforestation/2000/Haiti.htm#03-deforestation>, consulté le 30 octobre 2013.

⁴⁵ Les intervenants du secteur de la biomasse en Haïti (communications personnelles avec Worldwatch, à Port-au-Prince en septembre 2011), estiment 119 000 tonnes la bagasse inutilisée disponible; MTPTC, op. cit. note 20.

⁴⁶ Variations entre 370 kWh et 510 kWh par tonnes, de D. Loy et M.F. Coviello, *Renewable Energies Potential in Jamaica* (Potentiel des Énergies Renouvelables en Jamaïque), (Santiago, Chile : Nations Unies, 2005). Loy et Coviello présumant que la période de récolte en Jamaïque est de 185 jours. Nous supposons donc que la période

de récolte Haïtienne est d'un semestre, et que la centrale de cogénération peut fonctionner à la bagasse seulement au cours de cette période. Pour calculer la capacité de production maximale qui peut être produite pour la bagasse inutilisée, nous avons subdivisé la production annuelle potentielle par 4380 heures (nombre d'heures dans une demi-année). Cela suppose un facteur de capacité de 1 et est donc une estimation prudente.

⁴⁷ Fondation Jatropha, *Haiti Jatropha Stakeholders' Conference : Summary Report* (Sommaire de la Conférence des Parties Prenantes d'Haïti Jatropha), 23 juin 2009, disponible à : <http://jatrophafoundation.org/assets/Resources/6-23-09-Clemens-StakeholdersMtgSummaryReport.pdf>.

⁴⁸ Richard Brittain et NeBambi Lualadio, « Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop: The Potential for Pro-Poor Development » (Jatropha : Une Moisson Bioénergétique pour les Petits Producteurs : le Potentiel du Développement Axé sur la Pauvreté), (Jatropha : *Integrated Crop Management*, vol. 8 (2010).

⁴⁹ Francis Mitchell, ingénieur hydraulique, évaluation externe mise à la disposition de Worldwatch Institute, 25 mars 2014.

⁵⁰ PNUE, op. cit. note 12.

⁵¹ Mitchell, op. cit. note 49.

⁵² PNUE, op. cit. note 12.

⁵³ Samuel Booth et autres, *Haiti Waste-to-Energy Opportunity Analysis* (Analyse des Possibilités en Valorisation Énergétique des Déchets), (Golden, CO : National Renewable Energy Laboratory, 2010).

⁵⁴ Tableau 3.8 de Ibid.

⁵⁵ Ibid.

⁵⁶ Figure 3.11 de Ibid.

⁵⁷ S.E. Ben Elghali, M.E.H. Benbouzid, et J.F. Charpentier, « Marine Tidal Current Electric Power Generation Technology: State of the Art and Current Status » (Technologies de Production d'Électricité à l'Aide des Marées : État Actuel de la Technique), Conférence « Electric Machines & Drives », mai 2007, IEEE International, pp. 1407 – 12, disponible à : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/53/12/55/PDF/IEEE_IEMDC_2007_BENELGHALI.pdf.

⁵⁸ Commission Énergétique de la Californie, « Ocean Energy » (Énergie Océanique), www.energy.ca.gov/oceanenergy/index.html, consulté le 9 février 2011.

⁵⁹ Energinat, « Optimal Management of Natural Energy Resources for the Benefit of the People of Haiti » (Gestion Optimale des Ressources d'Énergie Naturelle pour le Bénéfice du Peuple Haïtien), www.energinat.com/sansaqua_site.shtml, consulté le 30 octobre 2013.

⁶⁰ Faculté de l'Éducation d'Utrecht, The Philippines, « Geothermal Energy on Leyte » (Énergie Géothermique à Leyte), www.philippines.hvu.nl/leyte2.htm, consulté le 22 février 2012; Commission Énergétique de la Californie, « Geothermal Energy in California » (Énergie Géothermique en Californie), www.energy.ca.gov/geothermal, consulté le 29 mars 2010.

⁶¹ REN21, op. cit. note 4, p. 38.

⁶² Ted J. Clutter, « Absolute Commitment: Geothermal Operations at the Geysers » (Engagement Absolut : Les Opérations Géothermiques dans les Geysers), RenewableEnergyWorld.com, 27 avril 2010.

⁶³ Worldwatch Institute, Breakout Session, Sustainable Energy Roadmap Stakeholder Consultation (Séance de Groupe, Consultation des Intervenants Concernés pour une Feuille de Route sur l'Énergie Durable), Port-au-Prince, Haïti, 21 février 2013; Cabinet du ministre délégué auprès du premier ministre pour la sécurité de l'énergie, commentaire du réviseur fourni à Worldwatch Institute, mai 2014.

⁶⁴ REN21, op. cit. note 4.

4 Amélioration du réseau et stockage de l'énergie

¹ Banque Mondiale, *Rebuilding Energy Infrastructure and Access Project* (Projet de Reconstruction des Infrastructures Énergétiques et de l'Accessibilité), (Washington, DC : 27 août 2012); Banque Interaméricaine de Développement (BID), *Institutional Transformation and Modernization Program of the Energy Sector – II* (Programme de Transformation Institutionnelle et de Modernisation du Secteur de l'Énergie – II), (Washington DC : 26 juillet 2012).

² BID, op. cit. note 1.

³ Figure 4.1 de la Banque Mondiale, op. cit. note 1.

⁴ Tableau 4.1 provenant des sources suivantes : Banque Mondiale, op. cit. note 1; BID, op. cit. note 1; U.S. Agency for International Development (USAID), « Electrical Substation Rehabilitation » (Réhabilitation de Sous-Station Électriques), (Washington, D.C. : mai 2012); BID, *Péligre Hydroelectric Plant Rehabilitation Program* (Programme de Réhabilitation de la Centrale Hydroélectrique de Péligre), (Washington, DC : 14 décembre 2008); BID, *Rehabilitation of Electricity Distribution System in Port-au-Prince* (Réhabilitation du Système de Distribution Électrique de Port-au-Prince), (Washington, DC : 22 septembre 2010).

⁵ M. Golkar, « Distributed Generation and Competition in Electric Distribution Market » (Production Décentralisée et Compétition dans le Marché de la Distribution d'Électricité), *IEEE Eurocon*, 2009. Encadré 4.1 des sources suivantes : Dommages inversés de flux d'énergie de S.G.M. Therien, « Distributed Generation: Issues Concerning a Changing Power Grid Paradigm » (Production Décentralisée : Problèmes Concernants le Changement de Paradigme Réseau), thèse soutenue à la Faculté de California Polytechnic State University, San Luis Obispo, en Californie, dans 5 à 10 % de C. Lawrence, M. Salama, and R. Elshatshat, « Analysis of the Impact of Distributed Generation on Voltage Regulation » (Analyse de l'Impact de la Production Décentralisée sur la Réglementation en Matière de Voltage), Conférence et Exposition de 2004 IEEE PES Power Systems; ajustement incrémental de l'énergie de Therien, op. cit. cette note; problèmes de réglementation du voltage et de la surchauffe de Taufik, *Introduction to Power Electronics* (Introduction à l'Électronique de Puissance), 6 th Rev., 2008; réduire l'effet de distortion dans les fusibles, les disjoncteurs, etc. de Taufik, *Advanced Power Electronics* (L'Électronique de Puissance Avancée), 3e Rev., 2009; dangers mortels de l'îlotage de G.M. Masters, *Renewable and Efficient Electric Power Systems* (Systèmes Énergétiques Renouvelables et Efficaces), (Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2004); dommages causés par le rebranchement à froid de P. Barker et R. De Mello, « Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: 1ère Partie - Radial Distribution Systems », *Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*, vol. 3 (2000), pp. 1645–56.

⁶ Robert L. Dohn, *The Business Case for Microgrids* (L'Argument Commercial pour les Micro-Réseaux), (Munich : Siemens, 2011).

⁷ Simon Rolland et Carlos Guerrero, *Hybrid Mini-Grids for Rural Electrification: Lessons Learned* (Mini-Réseaux Hybrides pour l'Électrification Rurale : Leçons Apprises), (Bruxelles : Alliance pour l'Électrification Rurale, 2011), p. 12.

⁸ Ibid.

⁹ GVEP International, *Policy Briefing: The History of Minigrid Development in Developing Countries* (Séance d'Information sur les Politiques : L'Histoire du Développement des Mini-Réseaux dans les Pays en voie de développement), (Londres : 2011), p. 3.

¹⁰ Rolland et Guerrero, op. cit. note 7, p.12.

¹¹ Ibid., p. 12.

¹² Centre « Clean Energy Solutions », « Towards Energy Access in Haiti » (Vers l'Accès à l'Énergie en Haïti), webinaire présenté par le National Renewable Energy Laboratory (NREL), 16 janvier 2014, disponible à : <https://cleanenergysolutions.org/training/towards-energy-access-in-haiti>.

¹³ Programme du PNUÉ sur l'Énergie Durable en Haïti, évaluation externe mise à la disposition de Worldwatch Institute, 16 avril 2014.

¹⁴ Centre « Clean Energy Solutions », op. cit. note 12.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Figure 4.2 du Programme d'Aide à la Gestion du Secteur Énergétique de la Banque Mondiale (ESMAP), *META User Manual*, à <https://www.esmap.org/node/3051>.

¹⁷ Agence Internationale de l'Énergie (AIE), *Harnessing Variable Renewables : A Guide to the Balancing Challenge – 2011* (Exploiter les Différentes Énergies Renouvelables : un Guide pour un Défi Balancé – 2011), (Paris : mai 2011).

¹⁸ M. Milligan et B. Kirby, *Market Characteristics for Efficient Integration of Variable Generation in the Western Interconnection* (Caractéristiques du Marché pour une Intégration Efficace de Différentes Sources de Production dans l'Interconnectivité Occidentale), (Golden, CO : NREL, août 2010).

¹⁹ GE Energy, *The Effects of Integrating Wind Power on Transmission System Planning, Reliability, and Operations : Report on Phase 2* (Les Effets de l'Intégration de l'Énergie Éolienne sur la Planification du Système de Transmission,

l'Efficacité et les Opérations), préparé pour l'Agence de Recherche et de Développement Énergétique de l'État de New York (Albany, NY : 2005).

²⁰ L'utilisation de tels câbles sous-marins a déjà été suggérée pour plusieurs endroits dans les Caraïbes, incluant Haïti; cependant, les interconnexions les plus bénéfiques sont généralement considérées comme étant celles des Petites Antilles, tel que suggéré par Franz Gerner et Megan Hansen, *Caribbean Regional Electricity Supply Options : Toward Greater Security, Renewables and Resilience* (Options pour l'Alimentation Électrique de la Région des Caraïbes : Vers une Plus Grande Sécurité, des Énergies Renouvelables et de la Résilience), (Washington, DC : Banque Mondiale, 2010).

²¹ Étude de cas #4 de l'Université de Hawaï, Institut de l'Énergie Naturelle de Hawaï, *Oahu Wind Integration Study : Final Report* (Étude sur l'Intégration Éolienne de Oahu : Rapport Final), préparé pour le Département de l'Énergie des États-Unis, Bureau de la Transmission de l'Électricité et de la Fiabilité Énergétique, (Honolulu : février 2011).

²² Figure 4.3 de 3TIER, *FullView : Haiti* (Vue d'Ensemble : Haïti), préparé pour Worldwatch Institute, 30 octobre 2012.

²³ Figure 4.4 de *ibid.*

²⁴ Figure 4.5 de *ibid.*

²⁵ Figure 4.6 de Francis Mitchell, « Summary of Hydroelectric Potential Sites » (Sommaire des Sites Hydroélectriques Potentiels), (Port-au-Prince : Soleo Énergies, 2011).

²⁶ Milligan et Kirby,, op. cit. note 18.

²⁷ *Ibid.*

²⁸ *Ibid.*

²⁹ M. Ahlstrom, *Short-term Forecasting: Integration of Forecast Data into Utility Operations Planning Tools* (Prévisions à Court Terme : Intégration des Données de Prévision dans les Outils de Planification des Fournisseurs Énergétiques), présenté à la « Utility Wind Integration Group/NREL Wind Forecasting Applications to Utility Planning and Operations », St. Paul, MN, 21–22 février 2008; K. Rohrig, ed., *Entwicklung eines Rechenmodells zur Windleistungsprognose für das Geboet des deutschen Verbundnetzes*, Abschlussbericht Forschungsvorhaben Nr. 0329915A, gefördert durch Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Kassel, Allemagne : 2005).

³⁰ Représentants de la Société Financière Internationale (SFI), communications personnelles avec Worldwatch, 2013.

³¹ Tableau 4.3 de Nexant, *Caribbean Regional Electricity Generation, Interconnection, and Fuels Supply Strategy* (Stratégie pour l'Approvisionnement en Carburants, pour l'Interconnectivité et la Production d'Électricité dans la Région des Caraïbes), (Washington, DC : 2010).

³² « Construction starts on Haiti LNG Import Terminal » (Amorce de la construction du terminal pour l'importation de GNL en Haïti), *LGN World News*, 23 août 2013, www.lngworldnews.com/construction-starts-on-haiti-lng-import-terminal/, consulté le 4 juin 2014; « Haiti – Reconstruction : LNG terminal of \$103MM » (Haïti – Reconstruction : Terminal GNL de 103 M \$), *Haïti Libre*, 18 août 2013, [www.haitilibre.com/en/news-9246-haiti-reconstruction-lng-terminal-of-\\$103mm.html](http://www.haitilibre.com/en/news-9246-haiti-reconstruction-lng-terminal-of-$103mm.html), consulté le 4 juin 2014.

³³ U.S. Energy Information Administration (EIA), *The Global Liquefied Natural Gas Market: Status and Outlook* (Le Marché Mondial du Gaz Naturel Liquéfié : État (Washington, DC : décembre 2003).

³⁴ Tableau 4.4. de l'Agence Internationale pour les Énergies Renouvelables (International Renewable Energy Agency, IRENA), *Electricity Storage and Renewables for Island Power* (Conservation de l'Électricité et Énergies Renouvelables pour l'Électrification Insulaire), (Abu Dhabi : mai 2012), p. 12; IEA Energy Technology Systems Analysis Programme et IRENA, *Electricity Storage Technology Brief* (État des Avancées Technologiques en Conservation de l'Électricité), (Abu Dhabi : avril 2012), p. 15; coûts de la conservation thermique calculés à partir des données de D. Biello, « How to Use Solar Energy at Night » (Comment Utiliser l'Énergie Solaire la Nuit), *Scientific American*, 18 février 2009.

³⁵ Étude de cas 5 à partir des sources suivantes : Commission Japonaise sur les Grands Barrages, « Sommaire » (Tokyo : 2011); Organic Power, « Glinsk Pumped Hydroelectric Energy Storage » (La Conservation de l'Énergie Hydroélectrique par Pompage de Glinsk), 2011, disponible à : www.organicpower.ie/content/projects/glinsk.htm;

Pete Singer, « Gridflex Proposes 300MW Energy Storage Project for Hawaii » (Gridflex Propose un Projet pour un Dispositif de Stockage d'Énergie de 300 MW à Hawaï), RenewableEnergyWorld.com, 16 décembre 2010.

³⁶ Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME), et Électricité d'Haïti (EDH), *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique 2007-2017) (Port-au-Prince : 2006).

5 Voies technologiques pour répondre à la demande future d'électricité d'Haïti

¹ Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME), et Électricité d'Haïti (EDH), *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique 2007-2017) (Port-au-Prince : février 2011).

² MTPTC, communication personnelle avec Worldwatch, Port-au-Prince, 2012.

³ Worldwatch Institute, *Powering the Low-Carbon Economy: The Once and Future Roles of Renewable Energy and Natural Gas* (Énergiser l'Économie à Faible Émission de Carbone : les Rôles d'Hier et de Demain de l'Énergie Renouvelable et des Gaz Naturels) (Washington, DC : 2010).

6 Évaluation des impacts socio-économiques des voies alternatives d'électricité

¹ U.S. Energy Information Administration (EIA), (Administration de L'Information Énergétique Américaine), « Levelized Cost of New Generation Resources », (Coûts Moyens Actualisés des Ressources de la Nouvelle Génération), dans *Annual Energy Outlook 2011 (Perspectives Énergétiques Annuelles 2011)* (Washington, DC : 2011).

² World Bank Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (Programme d'Aide à la Gestion du Secteur Énergétique de la Banque Mondiale), *META User Manual* (Manuel d'Utilisation du MDTE), disponible à : <https://www.esmap.org/node/3051>; Christoph Kost et autres, *Levelized Cost of Electricity* (Coûts Moyens Actualisés de l'Électricité): *Renewable Énergies* (Énergies Renouvelables) (Freiburg, Allemagne: Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems, 2012).

³ Cette analyse suppose que les coûts en carburants sont gratuits pour la cogénération de bagasse, puisque beaucoup de producteurs de canne à sucre possèdent actuellement leur propre production et n'utilisent pas toute leur bagasse; Si ces producteurs devraient renforcer leur capacité de production, ils pourraient approvisionner leurs chaudières de bagasse actuellement inutilisées à un coût pratiquement nul. Cependant, pour les autres ressources en biomasse, un marché devrait être créé pour les déchets de la biomasse. Par le fait que cette évaluation considère une production alimentée par la bagasse uniquement, elle suppose que le coût en carburant est zéro.

⁴ Jonathan Koomey et Florentin Krause, « Introduction to Environmental Externality Costs », (Introduction aux Coûts d'Externalité Environnementaux) dans *CRC Handbook on Energy Efficiency* (Manuel sur l'Efficacité Énergétique) (Berkeley, CA : Lawrence Berkeley Laboratory, 1997).

⁵ Olav Hohmeyer, *Social Costs of Energy Consumption: External Effects of Electricity Generation in the Federal Republic of Germany* (Coûts Sociaux de la Consommation de l'Énergie : Effets Externes de la Production de l'Électricité en République fédérale allemande). (New York/Heidelberg : Springer-Verlag, 1989).

⁶ ExternE - External Costs of Energy, Methodology, (ExternE - Coûts Externe de l'Énergie, Méthodologie) www.externe.info/externe_d7/?q=node/1; U.S. National Research Council, *Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use* (Les Coûts Cachés de l'Énergie : les Conséquences Incalculables de la Production et l'Utilisation de l'Énergie) (Washington, DC : National Academy of Sciences, 2010).

⁷ Kseniya Lvovsky et autres, *Environmental Cost of Fossil Fuels: A Rapid Assessment Method with Application to Six Cities* (Coûts Environnementaux des Combustibles Fossiles : Une Méthode d'Évaluation Rapide avec Application sur Six Villes), Environment Department Papers #78 (Journal du Département de l'Environnement #78), (Washington, DC : Banque Mondiale, 2000).

⁸ U.S. National Aeronautics and Space Administration, « Effects : The Current and Future Consequences of Global Change » (Les Conséquences Actuelles et Futures de l'Évolution Mondiale), disponible à : <http://climate.nasa.gov/effects>.

⁹ Ramón Bueno et autres, *Climate Change: The Cost of Inaction* (Changement Climatique: Le Coût de l'Inaction) (Somerville, MA: Stockholm Environment Institute—U.S. Center and Global Development and Environment Institute, Tufts University, mai 2008); J.E. Hay et autres, « Les États Insulaires », Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat, *Changement Climatique 2001 : Impacts, Adaptation et Vulnérabilité*, rapport du Groupe de Travail II (Cambridge, U.K. : Presse de l'Université de Cambridge, 2001).

¹⁰ Hay et autres, op. cit. note 12.

¹¹ Chris W. Hope, « The Social Cost of CO₂ from the PAGE09 Model » (Le Coût Social du CO₂ de la PAGE09 Model), Economic Discussion Papers No. 2011-39 (Kiel, Allemagne: Kiel Institute for the World Economy, 2011); Banque Mondiale, *Baissez le Feu : Pourquoi un Monde Réchauffé à 4 °C Devrait Être Évité*, préparé par the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics (Washington, DC : 2012); IPCC, *Gestion des Risques d'Événements Extrêmes et des Désastres pour Faire Progresser l'Adaptation au Changement Climatique*, Rapport Spécial (Cambridge, U.K. : Presse de l'Université de Cambridge : 2011).

¹² Tableau 6.1 de la U.S. Energy Information Administration (EIA), Statistique de l'Énergie Internationale, « Émission Totale de Dioxyde de Carbone de la Consommation d'Énergie (Million de Tonnes Métriques) », www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8, consulté le 28 septembre 2013; Banque Mondiale, « PIB par habitant (actuel US\$) », <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>, consulté le 28 septembre 2013. Les émissions de CO₂ liées à l'énergie incluent l'émission à partir de la consommation du charbon et du pétrole et le torchage du gaz naturel.

¹³ Worldwatch Institute, *Sustainable Energy Roadmap for the Dominican Republic* (Feuille de Route pour l'Énergie Durable de la République Dominicaine) (Washington, DC : parution prochaine en 2014).

¹⁴ U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Studies of the Environmental Costs of Electricity* (Études des Coûts Environnementaux de l'Électricité), (Washington, DC : 1994).

¹⁵ Open EI, « Transparent Cost Database » (Base de Donnée Transparente des Coûts), disponible sur : http://en.openei.org/wiki/Transparent_Cost_Database.

¹⁶ International Renewable Energy Agency (IRENA), *Technologies des Énergies Renouvelables : Séries d'Analyses des Coûts* (Abou Dabi : 2012).

¹⁷ EIA, *Perspectives Énergétiques Annuelles 2013* (Washington, DC : 2013).

¹⁸ U.S. Central Intelligence Agency (CIA), *The World Factbook (Le Panorama Mondial)*, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ha.html>, consulté le 23 octobre 2013; Nations Unies, « World Statistics Pocketbook » (Livre de Poche des Statistiques Mondiales), <http://unstats.un.org/unsd/pocketbook/>, consulté le 23 octobre 2013. Les calculs supposent un coût du pétrole raffiné de \$100 US par baril en 2011.

¹⁹ Bloomberg New Energy Finance et Frankfurt School – Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP) Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2013* (Tendances Mondiales à l'Investissement dans les Énergies Renouvelables 2013), (Londres : 2013).

²⁰ IRENA, *Renewable Energy Jobs : Status, Prospects & Policies* (Emplois des Énergies Renouvelables : État, Perspectives & Politiques); *Biofuels and Grid-Connected Electricity Generation* (Les Biocarburants et la Production d'Électricité Connecté au Réseau) (Abu Dhabi : 2011) pp. 7–8.

²¹ Figure 6.11 de *ibid*.

²² Figure 6.12 de Max Wei, Shana Patadia, et Daniel M. Kammen, « Putting Renewables and Energy Efficiency to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate in the US? » (Mettre les Énergie Renouvelables et l'efficacité Énergétique au Travail : Combien d'Emplois le Secteur de l'Énergie Vert Peut Créer aux États Unis?) *Energy Policy* (Politique Énergétique), vol. 38 (2010), pp. 919–31.

²³ *Ibid*.

²⁴ CIA, op. cit. note 21, vu le 17 octobre 2013.

²⁵ South Pacific Applied Geoscience Commission et UNEP, « Environmental Vulnerability Index », (Indice de Vulnérabilité Environnementale), disponible à : www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index.

7 Surmonter les obstacles au financement de l'énergie durable en Haïti

¹ Bloomberg New Energy Finance (BNEF) et la Frankfurt School – Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) Collaborating Centre for Climate & Sustainable Finance *Énergétique, Tendances Mondiales à l'Investissement dans les Énergies Renouvelables 2013* (Londres : 2013).

² Ibid.

³ Nouvel Fonkoze, « Fonkoze Loan Helps Light Haiti's Dark Corners » (Le Prêt de Fonkoze Permet d'Éclairer les Coins Obscurs en Haïti), (Washington, DC : 2012).

⁴ Jaeah Lee, « Haiti Searches for a Solar Future » (Haïti Recherche un Avenir dans L'Énergie Solaire), *Mother Jones*, 28 janvier 2011.

⁵ Gouvernement de la République d'Haïti, *Plan d'action pour le Redressement et le Développement d'Haïti* (Port-au-Prince : mars 2010).

⁶ Département d'État des États-Unis (U.S. Department of State), « Travel Warning » (Avertissement aux Voyageurs), (Port-au-Prince : 13 août 2013).

⁷ Galvin Clancey, Vestas, évaluation externe mise à la disposition de Worldwatch Institute, avril 2014.

⁸ Jonathan M. Katz, *The Big Truck That Went By: How the World Came to Save Haiti and Left Behind a Disaster (Le Gros Camion Qui est Passé : Comment le Monde Est Venu Sauver Haïti pour y Laisser un Désastre* (New York : Palgrave Macmillan, 2013), p. 176.

⁹ Organisation des États américains, « Modernization of Cadastre and Land Rights Infrastructure in Haiti » (Modernisation des Cadastres et de l'Infrastructure des Droits Fonciers en Haïti), (Washington, DC : mai 2010).

¹⁰ Katz, op. cit. note 8, p. 101.

¹¹ Haïti – Social, « The Land Reform, a Priority of President Martelly » (La Réforme Foncière, une Priorité du Président Martelly », 8 septembre 2012, disponible sur : www.haitilibre.com.

¹² Forum mondial économique, *Private Sector Development in Haiti : Opportunities for Investment, Job Creation and Growth* (Développement du Secteur Privé en Haïti : Opportunités d'Investissement, Création d'Emplois et Croissance), (Geneva : 2011), p. 16.

¹³ Club de Madrid, « Haiti – Political Stability Is a Must and a Prerequisite for Investment » (La Stabilité Politique Est un Must et un Prérequis pour l'Investissement), 6 mars 2012, disponible à : www.clubmadrid.org.

¹⁴ Banque Mondiale, *Natural Disaster Hotspots : A Global Risk Analysis* (Points Chauds pour les Désastres Naturels : une Analyse du Risque Mondial), (Washington, DC : 2005).

¹⁵ U.S. La Commission des Relations Extérieures du Sénat, « Haiti Reforestation Act of 2011 » (Loi sur le Reboisement d'Haïti de 2011), Rapport du Sénat 112-165, (Washington, DC : 15 mai 2012).

¹⁶ Banque Mondiale, « World Bank Supports Haiti's Rebuilding Efforts After Recent Hurricanes » (La Banque Mondiale Soutient les Efforts de Reconstruction d'Haïti Après Les Récents Ouragans), (Washington, DC : 12 décembre 2008).

¹⁷ Sönke Kreft et David Eckstein, *Global Climate Risk Index 2014* (Indice des Risques Climatiques Mondiaux) (Berlin : Germanwatch, 2014).

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Département d'État des États-Unis, Bureau des affaires consulaires, « Avertissement aux voyageurs », 12 mars 2014, <http://travel.state.gov/content/passports/english/alertswarnings/haiti-travel-warning.html>, consulté le 22 juillet 2014.

²⁰ Donn Bobb, « Overall Security Situation in Haiti Remains 'Relatively Stable' UN Envoy » (La Sécurité en Haïti Demeure 'Relativement Stable' selon un envoyé de l'ONU », *United Nations Radio*, 28 août 2013, www.unmultimedia.org/radio/english/2013/08/overall-security-situation-in-haiti-remains-relatively-stable-un-envoy/, consulté le 16 juillet 2014.

²¹ Banque Mondiale et FMI, « Ease of Doing Business in Haiti » (La Facilité de Faire des Affaires en Haïti), *Doing Business 2014* (Washington, DC : 2013).

²² Forum Mondial Économique, *The Global Competitiveness Report 2013–2014* (Le Rapport de Compétitivité Mondiale) (Genève : 2013).

²³ Worldwatch Institute, Breakout Session, Sustainable Energy Roadmap Stakeholder Consultation (Séance de Groupe, Consultation des Intervenants Concernés pour une Feuille de Route sur l'Énergie Durable), Port-au-Prince, 21 février 2013.

²⁴ Banque Mondiale, « Ease of Doing Business in Jamaica » (Facilité de Faire des Affaires en Jamaïque), dans *Doing Business 2013*, disponible à : www.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/jamaica; X. Sala-i-Martin, « Chapter 1.1 The Global Competitiveness Index 2012–2013 : Strengthening Recovery by Raising Productivity », (Chapitre 1.1 Indice de Compétitivité Mondiale 2012-2013 : Renforcer la Récupération en Augmentant la Productivité), dans le Forum Economique Mondial, op. cit. note 21; Banque Interaméricaine de Développement (BID) et BNEF, *Climatescope 2012 : Assessing the Climate for Climate Investing in Latin America and the Caribbean* (Évaluation du Climat pour l'Investissement Climatique en Amérique Latine et dans les Caraïbes) (Londres : 2012), pp. 86–89.

²⁵ Société Financière Internationale (SFI), communication personnelle avec Worldwatch, Washington, DC, mai 2013.

²⁶ Les estimations de la figure 7.1 ont été calculées en utilisant le « Calculateur de Prêt Hypothécaire Fixe », de Bloomberg, www.bloomberg.com/personal-finance/calculators/mortgage, consulté le 27 juin 2013.

²⁷ BID, *Climatescope Index 2013* (Indice Climatoscopique 2013), (Washington, DC : 2013).

²⁸ Ibid.

²⁹ Tableau 7.2 du Forum Économique Mondial, op. cit. note 22.

³⁰ SFI, op. cit. note 25.

³¹ Département de l'Énergie des États-Unis, « Loan Programs Office: Our Projects » (Bureau des programmes de prêts : nos projets), disponible à : <http://lpo.energy.gov/our-projects/>.

³² L'Étude de cas 6 de la source suivante : l'électricité comme le coût le plus élevé de M. Thompson, « Jamaica Broilers Lights Up Chicken Houses with Solar Plan » (Jamaica Broilers Éclaire des Poulailers avec le Plan d'Énergie Solaire), *The Gleaner*, 13 juillet 2013, disponible à : <http://jamaica-gleaner.com>; 22 MWh de New Leaf Power, communication personnelle avec Worldwatch, 14 janvier 2013; utilisation de jour et accès au réseau de la Banque de Développement de la Jamaïque (Development Bank of Jamaica, DBJ), communication personnelle avec Worldwatch, novembre 2012; période de récupération de Thompson, op. cit. cette note; taux de 8.5 % du New Leaf Power, op. cit. cette note; droit de reprendre possession et de vendre, et la garantie de prêt partiel de DBJ, op. cit. cette note.

³³ DBJ GreenBiz, « About Us » (À Propos de Nous), <http://dbankjm.com/dbjgreenbiz/about-us>, consulté le 25 février 2013.

³⁴ Ibid.; Jamaica Information Service, « Energy Efficiency Project Launched to Assist SMEs » (Lancement d'Un Projet d'Efficacité Énergétique pour Assister les PME), 21 juin 2012, disponible à : www.jis.gov.jm/news/leads/30995.

³⁵ DBJ GreenBiz, op. cit. note 33.

³⁶ DBJ, communication personnelle avec Worldwatch, novembre 2012.

³⁷ Banque Mondiale, *Rebuilding Energy Infrastructure and Access Project* (Reconstruire les Infrastructures Énergétiques et l'Accès au Projet), (Washington, DC : août 2012).

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid. US \$180 millions représentent 2,7 % du PIB national d'Haïti en 2010 (US \$6,63 milliards).

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Clean Energy Solutions Center, « Toward Energy Access in Haiti », (Vers l'Accès à L'Énergie en Haïti), webinaire présenté par le National Renewable Energy Laboratory (NREL), 16 janvier 2014, disponible à : <https://cleanenergysolutions.org/training/towards-energy-access-in-haiti>.

⁴² Électricité d'Haïti (EDH), « Le Plan d'Action 2012-2013 de l'EDH : Retour à la Discipline du Marché », <http://edh.ht/actualites-entrepview.php?id=1>, consulté le 1er octobre 2013.

⁴³ Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME) et EDH, *National Energy Sector Development Plan 2007 – 2017* (Plan National de Développement du Secteur Énergétique 2007-2017), (Port-au-Prince : novembre 2006).

⁴⁴ EDH, op. cit. note 42.

-
- ⁴⁵ SFI, op. cit. note 25.
- ⁴⁶ Promoteur de projet d'énergie renouvelable, communication personnelle avec Worldwatch, 2 août 2013.
- ⁴⁷ LaSean Brown et autres, « Growing the Middle: Strategies for Job Creation and SME Development in Haiti » (Stratégies pour la Création d'Emploi et le Développement de PME en Haïti), (Princeton, NJ : Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Princeton University, 2011).
- ⁴⁸ Miranda Daniloff Mancusi, « Public Service Innovators » (Innovateurs du Service Public) – Pierre-Marie Boisson : Lending from the Ground Up (Prêts du Bas vers le Haut), communiqué de presse écrite (Boston : Harvard University Kennedy School of Government, 25 avril 2013).
- ⁴⁹ Ibid.
- ⁵⁰ LinkedIn, « About Fonkoze » (À Propos de Fonkoze), www.linkedin.com/company/fonkoze.
- ⁵¹ Nouvel Fonkoze, op. cit. note 3.
- ⁵² MiCrédito, « Tecnosol & Global Partnerships Meet Clients » (Tecnosol & Global Partnerships Rencontrent des Clients), 20 juin 2013, www.micredito.com.ni.
- ⁵³ BID Multilateral Investment Fund, « Tecnosol: Solar Power for the Rural Poor » (Énergie Solaire pour les Pauvres en Régions Rurales), disponible sur : http://www5.iadb.org/mif/Portals/0/Highlights/MIF2011_Project_Environment_Tecnosol.pdf.
- ⁵⁴ SFI, op. cit. note 25.
- ⁵⁵ Ibid.
- ⁵⁶ Bureau de l'Envoyé Spécial des Nations Unies pour Haïti, « L'aide a-t-elle changée? », juin 2011, disponible sur : www.lessonsfromhaiti.org/download/Report_Center/has_aid_changed_en.pdf.
- ⁵⁷ Katz, op. cit. note 8, p. 152.
- ⁵⁸ Bureau de l'Envoyé Spécial des Nations Unies pour Haïti, « International Assistance to Haiti: Key Facts » (Assistance Internationale à Haïti : Les Faits Saillants), décembre 2012, disponible sur : www.lessonsfromhaiti.org/download/International_Assistance/1-overall-key-facts.pdf.
- ⁵⁹ Figure 7.2 de Ibid.
- ⁶⁰ Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, « Financial, Technology and Capacity-building Support: New Long-term Funding Arrangements » (Appui Financier, Technologique et au Renforcement des Capacités : Nouveaux Accords de Financement à Long Terme), The Cancun Agreements (Les Accords de Cancun), disponible à : <http://cancun.unfccc.int/financial-technology-and-capacity-building-support/new-long-term-funding-arrangements/>.
- ⁶¹ Encadré 7.1 de Global Environment Facility (GEF) Small Grants Programme (Programme de Petites Subventions), « Haiti » (Haïti), disponible sur : https://sgp.undp.org/index.php?option=com_countrypages&view=countrypage&country=128&Itemid=204, et de l'UNFCCC, site web de Clean Development Mechanism, <http://cdm.unfccc.int/>.
- ⁶² S. Bakker et autres, « The Future of the CDM : Same, But Differentiated? » (L'avenir des CMD : pareil mais différent?), *Climate Policy Journal* (Journal de Politique Climatique), juin 2011.
- ⁶³ Sohail Pasha, « UNFCCC Regional Collaboration Centre (RCC) », présentation au forum de la Caribbean Sustainable Energy Roadmap and Strategy (C-SERMS) Resource Mobilisation, Christ Church, Barbade, 11 juillet 2013.
- ⁶⁴ Ibid.
- ⁶⁵ Ibid.
- ⁶⁶ GEF Small Grants Programme (Programme de Petites Subventions de GEF), « Country Profile for Haiti » (Profil par Pays : Haïti), disponible à : sgp.undp.org/index.php?option=com_countrypages&view=countrypage&country=128&Itemid=204, consulté le 16 juillet 2014.
- ⁶⁷ Table 7.4 de Richard W. Caperton, « Leveraging Private Finance for Clean Energy » (Obtenir du Financement Privé pour les Énergies Propres), (Washington, DC : Center for American Progress, Global Climate Network, novembre 2010).
- ⁶⁸ Table 7.5 de ibid.

⁶⁹ Center for Economic and Policy Research, « Haiti Using Funds from PetroCaribe to Finance Reconstruction », (Utilisation des Fonds de PetroCaribe pour Financer la Reconstruction) 17 avril 2012, disponible à : www.cepr.net.

⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Ibid.

⁷² Ministère des Finances d'Haïti, « Direction générale du budget : état des décaissements pour les projets financés par le fonds Petrocaribe » (Port-au-Prince : 28 février 2013).

⁷³ Ibid.

⁷⁴ SFI, op. cit. note 25.

⁷⁵ U.S.-based solar energy developer, Communication personnelle avec Worldwatch, mars 2013.

⁷⁶ SFI, op. cit. note 25.

⁷⁷ Gouvernement de la République d'Haïti, op. cit. note 5.

⁷⁸ Rene Maldonado et Maria Luisa Hayem, *Remittances to Latin America and the Caribbean in 2012: Differing Behavior Across Subregions* (Transferts vers L'Amérique Latine et la Caraïbe en 2012 : Comportements Différents Au Niveau des Sous-Régions), (Washington, DC : BID Multilateral Investment Fund : 2013).

⁷⁹ Ibid., p. 21.

⁸⁰ Ibid.

⁸¹ Julia Hawkins, « Financing Sustainable Energy : An Optimistic View from Niki Armacost » (Financer les Énergies Durables : la Perspective Optimiste de Niki Armacost, The Ashden Blog, 11 juillet 2012, disponible à : www.ashden.org.

⁸² Manuel Orozco et Rebecca Rouse, « Migrant Hometown Associations and Opportunities for Development : À Global Perspective » (Associations des Villes d'Origines de Migrants et Opportunités pour le Développement : une Perspective Globale), Migration Information Source, février 2007, disponible à : www.migrationinformation.org/feature/display.cfm?ID=579.

⁸³ Nara Meli, « Where Innovation Pays Off : Helping Low-income Haitians Access Environmentally Friendly Energy Products » (Aider les Haïtiens à Faible Revenu à Avoir Accès aux Produits Énergétiques Ecologiques), (Washington, DC : Fonds d'Investissements Multilatéraux de la BID, 19 novembre 2012).

⁸⁴ BID, « Financing Sustainable Energy Through Remittance Flows in Haiti and the Dominican Republic », (Financement de l'Énergie Durable par l'Entremise des Envois de Fonds en Haïti et en République Dominicaine) (Washington, DC : décembre 2009).

⁸⁵ Encadré 7.2 de Simon Rolland et Carlos Guerrero, *Hybrid Mini-Grids for Rural Electrification : Lessons Learned* (Mini-Réseaux Hybrides pour l'Électrification Rurale : Leçons Apprises), (Bruxelles : Alliance pour l'Électrification Rurale), p. 28.

⁸⁶ EarthSpark International, « Microgrids - Eko Pwòp – Elekrisite Kominote - Community Electricity », disponible à : www.earthsparkinternational.org/eko-pwograpep-microgrids.html.

⁸⁷ Tableau 7.6 de GVEP International, « The History of Mini-grid Development in Developing Countries » (L'Histoire du Développement des Mini-Réseaux dans les Pays en voie de développement), (Londres : septembre 2011).

⁸⁸ National Rural Electric Cooperative Association (Association Coopérative Nationale de l'Électrification Rurale), « NRECA and U.S. Electric Co-ops Continue to Support Electrification in Haiti » (La Coopération entre l'ACNER et les États-Unis Continue de Soutenir l'Électrification en Haïti), www.nreca.coop/what-we-do/international-programs/country-projects/haiti/, consulté le 16 juillet 2014.

8 Établir une politique cadre efficace pour exploiter les occasions d'énergie durable en Haïti

¹ Xing Fu-Bertaux, « The Fifth 'E' : Is Energy Becoming a Presidential Priority in Haiti? » (Le cinquième "E" : est-ce que l'énergie est en train de devenir une priorité présidentielle en Haïti ?) *ReVolt* (blogue de Worldwatch Institute), 7 novembre 2011.

² Ministère des Travaux publics, des Transports et des Communications (MTPTC), Bureau des mines et de l'énergie (BME), et Électricité d'Haïti (EDH), *Plan national de développement du secteur de l'énergie : Version intermédiaire (NESDP-i)*, (Port-au-Prince : février 2011).

³ Ibid., p. 18

⁴ Ibid., p. 16.

⁵ MTPTC, BME et EDH, « Avant-Projet de Politique Énergétique de la République d'Haïti : Ébauche 9 » (Port-au-Prince : Janvier 2012).

⁶ Ibid.

⁷ Caribbean Community (CARICOM), *CARICOM Energy Policy*, Draft Revision 4 (Politique Énergétique de la CARICOM, Ébauche, Révision #4) (Georgetown, Guyana : juin 2012), p. 16.

⁸ Ibid., pp. 16–17.

⁹ « Haiti Rejoins Caribbean Community » (Haïti Joint à nouveau la Communauté caribéenne), Caribbean Net News, 9 juin 2006, disponible à : www.caribbeannewsnow.com.

¹⁰ MTPTC, BME et EDH, op. cit. note 5.

¹¹ Représentants d'EDH, communication personnelle avec Worldwatch, Port-au-Prince, février 2013.

¹² René Jean-Jumeau, « Électricité Rurale en Haïti : Orientations pour l'Amélioration de l'Accès National à l'Électricité », août 2010.

¹³ MTPTC, BME et EDH, op. cit. note 5.

¹⁴ Jusqu'à maintenant, les modèles de projection de la demande ont systématiquement omis d'inclure environ 75 % de la population haïtienne. Cela signifie que, même si le pays développait son système énergétique afin de répondre pleinement aux projections de la demande, une majorité d'Haïtiens n'y auraient toujours accès.

¹⁵ Représentants de d'EDH, op. cit. note 11.

¹⁶ MTPTC, communication personnelle avec Worldwatch, Port-au-Prince, février 2013.

¹⁷ Gouvernement de la République d'Haïti, *Plan d'action pour le relèvement et le développement national d'Haïti* (Port-au-Prince : mars 2010).

¹⁸ Secrétariat de la CARICOM, « Haiti 'More Involved' in the Community – President Martelly » (Haïti 'Plus impliquée' dans la Communauté - Président Martelly), communiqué de presse (Georgetown, Guyana : 13 juillet 2013).

¹⁹ MTPTC, BME et EDH, op. cit. note 2.

²⁰ MTPTC, op. cit. note 16.

²¹ International Crisis Group, « Governing Haiti: Time for National Consensus » (Gouvernance d'Haïti : l'Heure du Consensus National), Latin America and Caribbean Report No. 46 (Bruxelles : 4 février 2013); Elizabeth Abbot, « The Ghosts of Duvalier » (Le Fantôme de Duvalier), *Foreign Policy*, 19 janvier 2011.

²² Worldwatch Institute, Breakout Session, Sustainable Energy Roadmap Stakeholder Consultation (Séance de Groupe, Consultation des Intervenants Concernés pour une Feuille de Route sur l'Énergie Durable), Port-au-Prince, 21 février 2013.

²³ Représentant de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), communication personnelle avec Worldwatch, Port-au-Prince, février 2013; représentant du MTPTC, communication personnelle avec Worldwatch, Port-au-Prince, 10–20 juillet 2011.

²⁴ Représentants d'EDH, op. cit. note 11.

²⁵ Banque Mondiale, Rebuilding Energy Infrastructure and Access Project (Reconstruire les Infrastructures Énergétiques et l'Accessibilité des Projets) (Washington, DC : 15 janvier 2013).

²⁶ S. Carrillo, « Assessing Governance and Strengthening Capacity in Haiti » (Évaluer la Gouvernance et Renforcer la Capacité en Haïti), *Capacity Development Briefs* (Washington, DC : Institut de la Banque Mondiale, décembre 2007), p. 25.

²⁷ LaSean Brown et autres, « Growing the Middle : Strategies for Job Creation and SME Development in Haiti » (Stratégies pour la Création d'Emploi et le Développement de PME en Haïti) (Princeton, NJ : Woodrow Wilson School of Public & International Affairs, Princeton University, 2011), p. 13.

²⁸ Vijaya Ramachandran et Julie Walz, *Haiti : Where Has All the Money Gone?* Policy Paper 004 (*Haïti : Où est Allé l'Argent?* Document d'orientation 004) (Washington, DC : Center for Global Development, mai 2012).

²⁹ MTPTC, op. cit. note 16.

³⁰ MTPTC, BME et EDH, op. cit. note 5.

³¹ S. Jackson, « Paulwell Sets Up Energy Council » (Paulwell met en place un Conseil Énergétique), *The Gleaner*, 12 février 2012, disponible à : <http://jamaica-gleaner.com>.

-
- ³² Shakuntala Makhijani et autres, *Jamaica Sustainable Energy Roadmap : Pathways to an Affordable, Reliable, Low-Emission Electricity System* (Feuille de Route de l'Énergie Durable en Jamaïque : les Chemins Vers un Système d'Électricité Abordable, Fiable et Propre) (Washington, DC : Worldwatch Institute, 2013).
- ³³ MTPTC, op. cit. note 16.
- ³⁴ Cadre de Coordination de l'Aide Externe au Développement d'Haïti (CAED) (Port-au-Prince : septembre 2012).
- ³⁵ Gouvernement du Sierra Leone, « Aid Policy » (Politique en Matière d'Aide), http://unipsil.unmissions.org/portals/unipsil/media/publications/sl_aid_policy.pdf, consulté le 1er août 2013.
- ³⁶ Représentants d'EDH, op. cit. note 11.
- ³⁷ MTPTC, BME et EDH, op. cit. note 2.
- ³⁸ Représentants d'EDH, op. cit. note 11.
- ³⁹ Worldwatch Institute, op. cit. note 22.
- ⁴⁰ Caribbean Energy Information System (Système d'Information sur l'Énergie des Caraïbes), www.ceis-caribenergy.org, consulté le 18 juin 2013.
- ⁴¹ U.S. Department of State, *2013 Investment Climate Statement – Haiti* (Déclaration sur le Climat d'Investissement en 2013 - Haïti) (Washington, DC) (Washington, DC : 2013).
- ⁴² Brown et autres, op. cit. note 27, p. 17.
- ⁴³ T. Beierle et J. Crawford, *Public Participation in Environmental Decisions* (La Participation Publique dans les Décisions Environnementales) (Washington, DC : Resources for the Future, 2002), tel que cité dans S. Nakhoda, S. Dixit, et N.K. Dubash, *Empowering People : A Governance Analysis of Electricity; India, Indonesia, Philippines, Thailand* (Renforcer la Capacité Humaine : une Analyse de la Gouvernance de l'Électricité; Inde, Indonésie, Philippines, Thaïlande) (Washington, DC : World Resources Institute, 2007).
- ⁴⁴ Commission Énergétique de la Californie, « Cool Roofs and Title 24 » (Des Toits Rafraîchissants et Title 24), www.energy.ca.gov/title24/coolroofs/, consulté le 20 février 2014.
- ⁴⁵ Ville de New York, « Local Laws of the City of New York for the Year 2011 » (Lois Locales de la Ville de New York pour l'année 2011) (New York : 2011).
- ⁴⁶ République de Trinité-et-Tobago, *Acte No. 13 de 2010* (Port-d'Espagne : 13 décembre 2010).
- ⁴⁷ MTPTC, BME et EDH, *Plan national de développement du secteur de l'énergie 2007–2017* (Port-au-Prince : novembre 2006), p. 8.
- ⁴⁸ Ibid., p. 7.
- ⁴⁹ Ibid., p. 7.
- ⁵⁰ Clean Energy Solutions Center, « Towards Energy Access in Haiti », webinar présenté par le National Renewable Energy Laboratory (NREL), 16 janvier 2014, disponible à : <https://cleanenergysolutions.org/training/towards-energy-access-in-haiti>.
- ⁵¹ Site web d'Opération Khanyisa, www.operationkhanyisa.co.za, consulté le 6 novembre 2013.
- ⁵² Opération Khanyisa, « Eskom Recovers Over R243 Million Since Launch of Operation Khanyisa » (Eskom Récupère plus de 243 Millions de Rands depuis le Début de l'Opération Khanyisa), communiqué de presse (Johannesburg, Afrique du Sud : 22 août 2013).
- ⁵³ Worldwatch Institute, op. cit. note 22.
- ⁵⁴ EDH, « Pour la sélection d'investisseurs stratégiques pour la production, le transport, la distribution et la commercialisation d'électricité dans le département du Sud-est », appel d'offres No. AOI/EDH/SE/2014, *Le Nouvelliste*, 24 juin 2014.
- ⁵⁵ Simon Rolland et Carlos Guerrero, *Hybrid Mini-Grids for Rural Electrification : Lessons Learned* (Mini-Réseaux Hybrides pour l'Électrification Rurale : Leçons Apprises), (Brussels : Alliance pour l'Électrification Rurale, mars 2011), p. 7.
- ⁵⁶ Comisión Nacional de Energía, « Loi 57-07 » (Santo Domingo : 2007).
- ⁵⁷ Représentants de la Société Financière Internationale (SFI), communications personnelles avec Worldwatch, 2013.
- ⁵⁸ MTPTC, BME et EDH, *Avant-Projet de Politique Énergétique de la République d'Haïti (Ébauche 7)* (Port-au-Prince : Janvier 2008), p. 17.
- ⁵⁹ Représentants d'EDH, op. cit. note 11.

⁶⁰ Sabah Abdullah, « Rural Electrification Programmes in Kenya : Policy Conclusion from a Valuation Study » (Programmes d'Électrification Rurale au Kenya : Politiques d'Orientation Issues d'une Étude d'Évaluation) (Bath, Royaume-Uni : Université de Bath, Département d'Économie, 2009).

⁶¹ Ibid.

⁶² « Électricité d'Haïti to Implement Pre-Pay Requirements » (Électricité d'Haïti sur le Point de Mettre en Place des Conditions de Pré-Paiement), *The Sentinel* (Port-au-Prince), 10 octobre 2013.

⁶³ Rolland et Guerrero, op. cit. note 55, p. 7.

⁶⁴ Ibid., p. 31. Étude de cas 7, à partir des sources suivantes : « Ban m limyè, Ban m lavi », statut de 2013 du MTPTC, op. cit. note 16; citations sur les subventions pour l'électrification rurale et l'histoire du Costa Rica par D. Barnes, « Meeting the Challenge of Rural Electrification in Developing Nations : The Experience of Successful Programs » (Faire Face aux Défis que Représente l'Électrification Rurale dans les Pays en voie de développement : Apprendre des Programmes qui Fonctionnent), (Washington, DC : Banque Mondiale, 2005); citation du président Martelly : « Martelly promised electricity to 200,000 homes » (Martelly Promet l'Électrification de 200 000 Foyers), *HaitiMega*, 29 janvier 2012, disponible à : www.haitimega.com

⁶⁵ Charles Kirubi, « Community-Based Electric Micro-Grids Can Contribute to Rural Development : Evidence from Kenya » (Les Micro-Réseaux d'Électricité Communautaires Peuvent Contribuer au Développement Rural : l'Exemple du Kenya), *World Development* (2009), p. 10.

⁶⁶ GIZ, op. cit. note 23.

Annexes

¹ U.S. National Renewable Energy Laboratory, Renewable Resource Data Center, « Changing System Parameters » (Changer les Paramètres du Système), <http://rredc.nrel.gov/solar/calculators/PVWATTS/system.html>, consulté le 14 décembre 2011.

² Andres Cala, « Tiny Spanish Country Has a Huge Stake in the Future » (Un Pays Espagnol Minuscule Pourrait Révolutionner l'Avenir), *New York Times*, 19 janvier 2011.

³ ABB Communications, « The World's First Renewable Energy Island » (La Première Île Éconergétique au Monde), 23 juin 2011, disponible à : www.abb.com.

⁴ Al Bredenberg, « El Hierro : How an Island Can Serve as a Model for Renewable Energy » (El Hierro : Comment une Île Peut Servir de Modèle pour l'Énergie Renouvelable), 18 juillet 2011, disponible à : <http://news.thomasnet.com>.

⁵ Cala, op. cit. note 2.

⁶ Bredenberg, op. cit. note 4.

⁷ Ibid.

⁸ Sauf indication contraire, les estimations des budgets en ER/EE (énergie renouvelable/efficacité énergétique) sont tirées de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), *Renewable Energy : Medium-Term Market Report* (Énergie Renouvelable : Rapport du Marché à Moyen Terme), (Paris : 2012).

⁹ Banque Mondiale, « IBRD and Results » (IBRD et Résultats) 2011, disponible à : <http://siteresources.worldbank.org/EXTABOUTUS/Resources/IBRDResults.pdf>.

¹⁰ Banque Mondiale, « IBRD Results Profile : Climate Change » (Profil des Résultats de la BIRD : les Changements Climatiques), 2010, disponible à : <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,print:Y~isCURL:Y~contentMDK:22560662~menuPK:141311~pagePK:34370~piPK:34424~theSitePK:4607,00.html>.

¹¹ Ibid.

¹² Société Financière Internationale, « Climate Change : Private Sector Solutions » (Changements Climatiques : Solutions du Secteur Privé), 2012, disponible à : http://www1.ifc.org/wps/wcm/connect/8004dc004ba103ada5dae71be6561834/TOS_Climate_Change_June2012.pdf?MOD=AJPERES.

¹³ Ibid.

-
- ¹⁴ Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), « Investing in Renewable Energy : The GEF Experience » (Investir dans l'Énergie Renouvelable : l'Expérience du FEM), (Washington, DC : 2009).
- ¹⁵ FEM, « Detail of GEF Project #1361 », (Détails du Projet #1361 de FEM), disponible à : www.thegef.org/gef/project_detail?projID=1361.
- ¹⁶ Ibid.
- ¹⁷ FEM, « Dominican Republic Project Identification Form : Stimulating industrial competitiveness through biomass-based, grid-connected electricity generation » (Formulaire d'Identification de Projet Dominicain : Stimuler la Compétitivité Industrielle à l'Aide de la Production d'Électricité Issue de Biomasses et de sa Connexion au Réseau) (Washington, DC : 2011).
- ¹⁸ Banque Européenne d'Investissement, « Supporting Renewable Energy » (Supporter l'Énergie Renouvelable) (Luxembourg : 2012), disponible à : www.eib.org/attachments/thematic/renewable_energy_en.pdf.
- ¹⁹ EC Europa, « Modernising Energy Use in Northern Uganda » (Moderniser l'Utilisation de l'Énergie dans le Nord de l'Ouganda), (Bruxelles : 13 avril 2012), disponible à : http://ec.europa.eu/europeaid/what/energy/sustainable/panemu_en.htm.
- ²⁰ EC Europa, « Energising the future with wind on Egypt's desert coast » (Énergiser l'avenir de la Côte Désertique de l'Égypte Grâce à l'Énergie Éolienne), (Bruxelles : 13 avril 2012), disponible à : http://ec.europa.eu/europeaid/what/energy/sustainable/el_zayt_en.htm.
- ²¹ Fonds Mondial pour la Promotion de l'Efficacité Énergétique, *Investment Portfolio* (Portefeuille d'Investissement) (Luxembourg : 2012), disponible à : <http://geeref.com/posts/display/25>.
- ²² Banque Nordique d'Investissement, *Annual Activity Report, 2011* (Rapport Annuel des Activités, 2011), (Helsinki : 2011).
- ²³ Banque Interaméricaine de Développement (BID), « Project Results in Guyana » (Résultats du Projet au Guyana, 2012, disponible à : www.iadb.org/en/mapamericas/guyana/mapamericas-project-results-in-guyana,5543.html.
- ²⁴ BID, « IDB and JICA to Invest Up to \$600 Million in Green Energy in Central America and the Caribbean » (La BID et la JICA sur le Point d'Investir Jusqu'à 600 Millions de Dollars Américains dans les Énergies Vertes en Amérique Centrale et dans les Caraïbes), communiqué de presse (Washington, DC : 16 mars 2012).
- ²⁵ Agence Française de Développement, « Fiche de Détails du Projet », disponible à : www.afd.fr/home/projets_afd/infrastructures_energie/Energie/electrification-rurale-maroc.
- ²⁶ Agence Française de Développement, « Fiche de Détails du Projet », disponible à : www.afd.fr/home/projets_afd/infrastructures_energie/Energie/organe-regulation-regional-afrique-ouest.
- ²⁷ « German investment group sees fertile investment grounds in DR » (Un Groupe d'Investisseurs Allemands Comptent sur des investissements Fertiles en République Dominicaine), Dominican Today, 2006.
- ²⁸ Nexant, « Rural Energy Services : Best Practices » (Services Énergétiques Ruraux : Meilleures Pratiques), préparé pour USAID, (Washington, DC : 2012).
- ²⁹ E. Martinot and K. Reiche, *Regulatory Approaches to Rural Electrification and Renewable Energy : Case Studies from Six Developing Countries* (Approches en Matière de Réglementation pour l'Électrification Rurale et les Énergies Renouvelables : Études de cas à partir de Six Pays en voie de développement), document de travail de la Banque Mondiale (Washington, DC : 2000).
- ³⁰ Programme des Nations unies pour le développement, *Technical Discussion Paper on General Electricity Access in the ECOWAS Region* (Document Technique Explicatif sur l'Accès Général à l'Électricité dans la Région de la CEDEAO) (Washington, DC : 2012).
- ³¹ Martinot et Reiche, op. cit. note 29.
- ³² Ibid.
- ³³ REEGLE, « Energy Profile : Cape Verde » (Profil Énergétique : Cap-Vert), disponible à : www.reegle.info/countries/cape-verde-energy-profile/CV.
- ³⁴ D. Barnes, *Meeting the Challenge of Rural Electrification in Developing Nations : The Experience of Successful Programs* (Faire Face aux Défis de l'Électrification Rurale dans les Pays en Voie de Développement : l'Expérience de Programmes Réussis) (Washington, DC : Banque Mondiale, 2005).
- ³⁵ National Rural Electric Cooperative Association, « Country Project : Costa Rica » (Projets par Pays : Costa Rica), disponible à : www.nrecainternational.coop/Projects/CostaRica/Pages/default.aspx.

³⁶ Barnes, op. cit. note 34.