

Utilisation et fabrication des aérogénérateurs de petite puissance au Bénin

*Présentation finale:
Étude de faisabilité et plan d'actions*

Peter VISSERS, Adrien BIO YATOKPA, Johan KUIKMAN, Stan
VAN DEN BROEK, Afiwoa ASARE-KOKOU, Rakiatou GAZIBO

© Partners for Innovation 19-07-2018

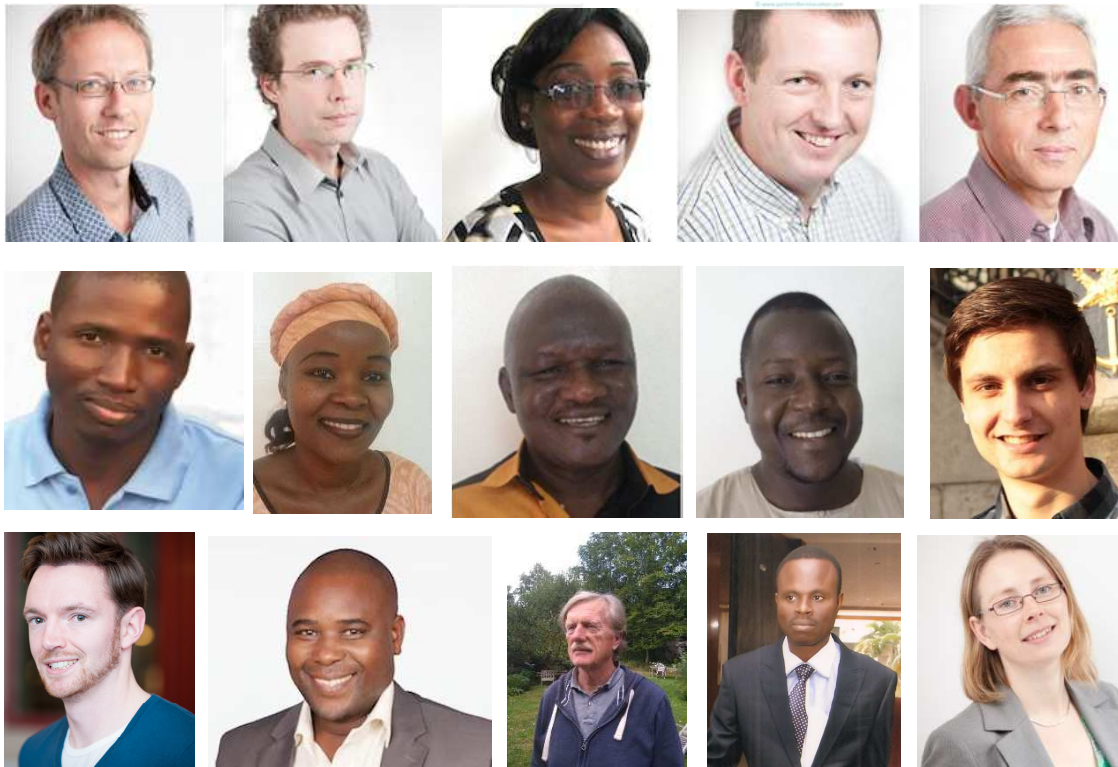
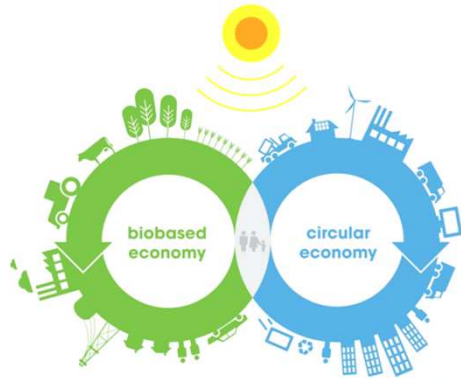


Sommaire



1. Equipe
2. Messages principaux
3. Grandes lignes de l'étude de faisabilité
4. Contexte
5. Exemples d'études de cas internationaux
6. Méthodologie
7. Caractéristiques du vent
8. Marché d'aérogénérateurs
9. Aérogénérateurs utilisés comme base pour les calculs
10. Taille du marché
11. Matériels d'éoliennes et compétences
12. Existence d'industrie au Bénin
13. Comparaison de prix, aspects socio-économiques
14. Conclusions de l'étude de faisabilité
15. Grandes lignes du plan d'actions
16. Actions à très court terme (2018-2019)
17. Actions à court terme (2020-2021)
 - A – Programmation sectorielle
 18. B – Mise en œuvre ciblée
 19. C – Construction de coalition
 20. D – Développement des connaissances
21. Actions à moyen terme (2022-2025)
22. Au-delà de 2025
23. Cadre de gestion de risques
24. Conclusions du plan d'action
25. Messages principaux
26. Questions et réponses

1a. Notre équipe, nos ambitions



Pfi est une entreprise de consultance internationale pour l'innovation et le développement durable avec des bureaux à Amsterdam (Pays-Bas) et à Niamey (Niger).

Ensemble avec nos clients, nous proposons et réalisons des solutions durables et rentables pour un monde meilleur. Nous le faisons depuis 2004.

En Afrique et au Niger, Pfi se concentre sur des programmes visant à développer l'agribusiness, l'agroforesterie entrepreneuriale, l'énergie renouvelable, avec un focus important sur les jeunes et les femmes.

Notre ambition est de soutenir les acteurs sur le terrain à travers des actions novatrices et durables pour un développement socio économique durable. Notre mission est un monde durable pour tous.

1b. Équipe de projet



Adrien BIO YATOKPA <i>Expertise pertinente:</i>	Expert local en énergies renouvelables <i>Analyse de marché et de production locale</i>
Peter VISSERS <i>Expertise pertinente:</i>	Expert international en énergies renouvelables <i>Gestion de projet, étude de faisabilité, plan d'actions</i>
Johan KUIKMAN <i>Expertise pertinente:</i>	Expert international en aérogénérateurs de petite puissance <i>Développement et fabrication, contrôle de qualité de la chaîne de production</i>
Stan VAN DEN BROEK <i>Expertise pertinente:</i>	Analyste international des énergies renouvelables <i>Analyse, gestion de projet</i>
Afiwoa ASARE-KOKOU <i>Expertise pertinente:</i>	Expert international en analyse de genre <i>Elaboration des stratégies sexospécifique, aussi dans le secteur d'énergie</i>
Rakiatou GAZIBO <i>Expertise pertinente:</i>	Expert international d'entrepreneuriat <i>Développement des affaires, organisation d'événements commerciaux</i>

1c. Dans ce projet, l'accent est sur les ODD 1, 7 et 8

Dans ce projet, l'accent est sur les objectifs 1, 7 et 8 des Objectifs Mondiaux pour le Développement Durable (ODD).



1d. Exemples de nos clients/partenaires

1. Gouvernements Nationaux
(Européens et Africains)
2. ONG
(Agriprofocus, Oxfam, SNV, ...)
3. Partenaires techniques et financiers
(Banque mondiale, CTB, DGIS, EuropAid, GIZ / RECP, LuxDev, ONUDI / CRTC, PNUD, US AID, ...)
4. Secteur privé
(Bio2watt, EDF, Philips, Shell, Unilever, ...)



Partners for Innovation Niger s.à.r.l.

Avenue des Zarmakoye
BP 11010 Niamey – Niger
Telephone +227 2075 3633 / +227 9626 1205
NIF 32115
Directrice: Rakiatou GAZIBO
gazibo5@hotmail.com

Partners for Innovation B.V.

Cruquiusweg 54-56
BP NL 1019 AH Amsterdam (the Netherlands)
Telephone +31 (20) 6200511
Chamber of Commerce registration nr. 34 25 64 75
Directeur: Siem HAFMANS
s.haffmans@partnersforinnovation.com

achieving sustainable innovations

1e. Exemples de quelques projets récents

Energie renouvelable

- > 2016-2019 Afrique subsaharienne: soutien aux projets d'énergie renouvelable afin d'obtenir des financements commerciaux
- > 2017-2018 CEDEAO: formation genre secteur énergie 15 pays CEDEAO (ECREEE/ONUUDI)
- > 2017-2018 Bénin: étude de faisabilité et plan d'actions aérogénérateurs de petite puissance (DGRE/DGCE/ONUUDI)
- > 2016-2017 Nigéria: étude de faisabilité énergie décharge municipale, Etat d'Ogun
- > 2015-2016 Nigéria: étude de marché sur les énergies renouvelables, axée sur l'agro-industrie et sur l'identification des nouveaux projets viables
- > 2015-2016 Rwanda, Kenya, Madagascar, Ouganda: modèles économiques pour les combustibles des réchauds
- > 2014-2015 Ghana: développement du programme de biogaz pour les écoles et les institutions gouvernementales
- > 2005-2006 Bénin et 113 autres pays: étude pour déterminer les potentiels d'énergies renouvelables 2020

Entrepreneuriat agricole, filières agroalimentaires

- > 2015-2022 Niger. Organisateur du réseau AgriProFocus Niger et organisation d'événements nationaux (SEMEA, FINAgri)
- > 2018-2021 Niger. Assistance technique pour la mise en œuvre du programme de coopération LuxDev / Gouvernement du Niger
- > 2015-2017 Niger. Enquêtes sur l'entrepreneuriat agricole, l'agroalimentaire, l'emploi des jeunes, les chaînes de valeur, la satisfaction des jeunes
- > 2014-2016 Mali, Niger, Sénégal. Élaboration de plans d'entreprises agroforestières pour les agriculteurs et les organisations de producteurs au Mali, Niger et Sénégal.



Client Gigawatt Global, une installation solaire 7,5MW au Burundi



Client Mobisol, fournisseur des technologies énergétiques hors réseau



Client Bio2Watt devant sa première installation biogaz 4MWe en Afrique du Sud

achieving sustainable innovations

2. Messages principaux



1. Aérogénérateurs de petite puissance: bon potentiel technique pour contribuer à l'approvisionnement en énergie dans les zones hors réseau dans le sud du Bénin



2. Coûts comparable à d'autres technologies énergétiques décentralisées



3. Opportunités pour l'économie locale à participer à l'installation et la fabrication

4. Situation socio-économique: améliorée par l'accès à l'électricité



5. Mise en œuvre du plan d'actions: nécessite des efforts conjugués

6. Pour 2018-2019:
- 4-6 installations pilotes
- feuille de route globale pour le développement du sous-secteur

L'Étude de faisabilité

3. Grandes lignes de l'étude



De ce fait, nous avons examiné dans cette étude:

1. Le potentiel du **vent dans le Sud-Bénin**
2. Le potentiel du **marché pour la production d'énergie par les aérogénérateurs dans le Sud-Bénin**
3. La **capacité du secteur industriel Béninois** à fabriquer, assembler et installer des aérogénérateurs
4. Les **étapes à suivre pour développer une industrie des aérogénérateurs avec succès**

La portée de cette étude s'est focalisée sur:

1. **Les aérogénérateurs pour une production d'électricité hors réseau dont la puissance nominale est comprise entre 1 et 10 kW**
2. **Les villages non électrifiés des zones rurales et périurbaines du sud-Bénin**
3. Une échelle temporelle d'ici à 2030

En concertation avec la DGRE et l'ONUDI, les choix ont été faits conformément à la portée

1. L'accent est mis sur le **potentiel du marché des ménages /villages hors du réseau d'électrification** et non sur le potentiel du marché de l'utilisation productive (télécom, tourisme, les affaires, le pompage d'eau)
2. L'accent est mis sur le **potentiel général de production d'aérogénérateurs**, l'assemblage, l'installation au Bénin et non sur des études de préfaisabilité sur des sites spécifiques et de cas d'affaires.

4a. Contexte

Les aérogénérateurs se font du chemin de façon croissante comme des solutions autonomes d'énergies renouvelables ou de configurations en mini-réseaux, à travers l'Afrique subsaharienne et au-delà.

Malgré les signes de disponibilité de ressources éoliennes, surtout tout au long de la côte, **le marché d'aérogénérateurs n'a pas encore pris de l'envol au Bénin**. Des barrières multiples ont été évoquées, y compris le manque d'engagement pour planifier, le manque d'intérêt dans la technologie d'énergie éolienne et les coûts élevés de la technologie d'aérogénérateurs.

Il est attendu que la **création d'une industrie locale**, utilisant des matériels et de composantes d'origine locale autant que possible, aidera à avoir des avantages importants (emploi local, prise de conscience et d'intérêt accru) et peut aider à **réduire les coûts**.

L'accès à l'électricité a des avantages socio économiques énormes pour la population et leurs affaires commerciales (génération de revenus, une éducation améliorée, des services de santé améliorés, une condition préalable pour beaucoup d'activités commerciales).



4b. Contexte: applications typiques

Les éoliennes sont utilisées de façon autonome ou connectées aux mini-réseaux (hybrides) pour les ménages, villages, les petits/plus larges commerces, le tourisme, le télécom, les activités d'irrigation, le pompage d'eau. Le tableau ci-dessous présente les différences entre les situations typiques dans lesquelles les aérogénérateurs de petite puissance pourraient être utilisés.

Situation	Condition(s) requises	Principale utilisation des aérogénérateurs de petite puissance
1. Possession privée de petits aérogénérateurs	- Le propriétaire doit avoir des ressources financières significatives disponibles	Complément à ou secours pour la connexion au réseau principal
2. Possession collective de petits aérogénérateurs près d'un réseau	- Coopération du voisinage - Connexion au réseau attendu	Première alternative abordable pour le diesel, puis secours pour le réseau
3. Possession collective de petits aérogénérateurs – zone reculée	- Coopération du voisinage - Aucune connexion au réseau attendu	Alternative abordable pour le générateur diesel

La portée de notre étude de faisabilité est sur les ménages /villages au Bénin. Pour donner une vision au-delà de cette portée, nous avons inclus des cas d'autres pays tout au long de cette présentation.

4c. Les petites éoliennes – une industrie mondiale



Petites éoliennes installées par pays	Chine	Etats-Unis	Royaume-Uni	Autres	
Nombre cumulatif d'unités en 2015	732.000	160.995	28.917	69.054	# unités
Puissance cumulative installée 2015	415	230	146	157	MW
Nombre de nouvelles unités en 2015	43.000	1.695	277	1.028	# unités
Puissance moyenne par unité	0,6	1,4	5,1	2,3	kW/unité

L'industrie des petites éoliennes [8]

1. Il y a 990.000 petites éoliennes installées dans le monde en 2015, principalement pour une électrification hors-réseau
2. 74% sont installées en Chine, 16% aux Etats-Unis, 3% en Royaume-Uni, 7% ailleurs
3. La puissance moyenne par unité varie entre 0,6 kW/unité en Chine et 2,0 kW/unité dans les autres pays
4. Mondialement, il y a 330 industries manufacturières de ces petites éoliennes (chiffres 2011). La plupart d'elles se trouvent en Chine, aux Etats-Unis et en Europe.
5. Environ 10 entre elles produisent des éoliennes dont la puissance nominale, la durée de vie et d'autres paramètres sont certifiés selon IEC 61400-2.

Quelques études de cas internationaux

5a. Villages, Ile de Dongao, Chine

Beijing Bergey Windpower Company Ltd. - US

Caractéristiques du système

- > Aérogénérateurs de 5 x 10 kW, solaire de 200 kW & 750 kW de diesel genset
- > Banque de batterie de 2000 kWh
- > Energie utilisée pour la vie quotidienne des ménages et tourisme

Les coûts

- > L'investissement total était US\$ 5 million = 2.780.664.930 FCFA
- > Les coûts de production d'électricité sont de \$0,47 = 261 FCFA par kWh.
- > Les résidents paient \$0,28 = 156 FCFA par kWh.
- > La différence est subventionnée par le gouvernement local.

Propriété

- > Le IPP local était le développeur du projet et maintenant fait l'exploitation et la maintenance)

Leçons apprises

- > L'accès à une énergie propre a ouvert la voie au tourisme
- > La connaissance et l'expérience de la zone à aider à déterminer la disponibilité des ressources et la pertinence de l'installation.



Partners **for** Innovation



© Bergey Wind

5b. Village, Ilakaka, Madagascar

The Wind Factory B.V. - NL



Partners **for** Innovation

Caractéristiques du système

- > Un aérogénérateur de 80 kW avec un générateur diesel de 100 KVA
- > Un contrôleur hybride a une télécommande.

Coûts et financement

- > Le projet est financé par l'Usine Internationale d'Eolienne et un IPP local, appuyé par un programme du gouvernement Hollandais.

Mise en œuvre et résultat

- > Plus de 400 connexions au réseau fournis de l'électricité à peu près 2500 personnes et à plus de 200 entreprises
- > Les techniciens Malgaches formés pendant un mois en NL, qui maintenant installent et entretiennent plus de 40 aérogénérateurs (IPP, télécom, privé)

Leçons apprises

- > Comme le plus grand aérogénérateur a été fabriqué à Madagascar, ce projet a donné confiance au gouvernement local & aux entreprises privées que l'énergie éolienne n'est pas exclusivement réservée aux pays développés.



5c. Sites Télécom, Kenya

Bergey Wind Power Ltd. - US

Caractéristiques générales du système

- > Un aérogénérateur de 7,5 kW, un solaire de 2 kW, un diesel de 15 kW
- > Banque de batterie de 60 kWh

Analyse de rentabilisation générale

- > Les coûts d'investissement de US\$ 110.000 = 61.174.628 FCFA
- > Les dépenses d'exploitation réduites de \$25.000 = 13.903.325 FCFA par an à cause des gains de 80% sur le carburant

Leçons apprises

- > Les aérogénérateurs moins chers doivent être évités—la qualité et la robustesse sont les principales préoccupations
- > Bien que le solaire soit généralement moins cher, l'éolien a plus d'avantage et moins de risque de vol d'équipement.
- > Peu de tours télécoms peuvent supporter l'aérogénérateur dimensionné pour la charge du site, donc une tour séparée pour l'aérogénérateur est souvent nécessaire.
- > Une stabilité financière du fabricant et du vendeur est cruciale
- > L'énergie éolienne prolonge la durée de vie des batteries: très peu de cycles longs, des taux variables de charge et pleine charge régulière



Partners for Innovation



5d. Site Télécom, Namibia

Zephyr Corporation - JP

Caractéristiques du système

- > Un aérogénérateur de 1 kW pour compléter le diesel-PV hybride
- > Banque de batteries chargée via un contrôleur hybride
- > Tour de télécom utilisée pour installer l'aérogénérateur

Coûts

- > Avant le projet, les coûts de production d'électricité était de US\$2-3 = 1112-1668 FCFA par kWh
- > Les aérogénérateurs ont réduit la fréquence de visites d'entretien
- > La période de remboursement était de 1-4 ans.

Propriété

- > Le projet était financé par l'opérateur Mobile MTC

Leçons apprises

- > Les aérogénérateurs fonctionnent bien en solutions hybrides pour les télécommunications en zones reculées, comme ils peuvent réduire les coûts majeurs d'exploitation et de maintenance et contribuent à la fiabilité du système.



L'Étude de faisabilité: méthodologie

6. Méthodologie

Pour la collecte des données, nous avons utilisé:

1. La littérature internationale et les données de base sur les sources et technologies d'énergies renouvelables .
2. La littérature Béninoise sur le système national d'énergie et de technologies d'énergies renouvelables.
3. Des interviews et des questionnaires avec les différentes parties prenantes au Bénin, plus particulièrement les sociétés de fabrication/d'assemblage/d'installation.
4. Une interaction avec les parties prenantes, dans un atelier de 2 jours en décembre 2017. Tous les commentaires ont été pris en compte.
5. Les outils de calcul utilisés par l'équipe de consultants, ainsi que leur expérience de terrain.
6. Une analyse de genre.



L'Étude de faisabilité: potentiel du marché

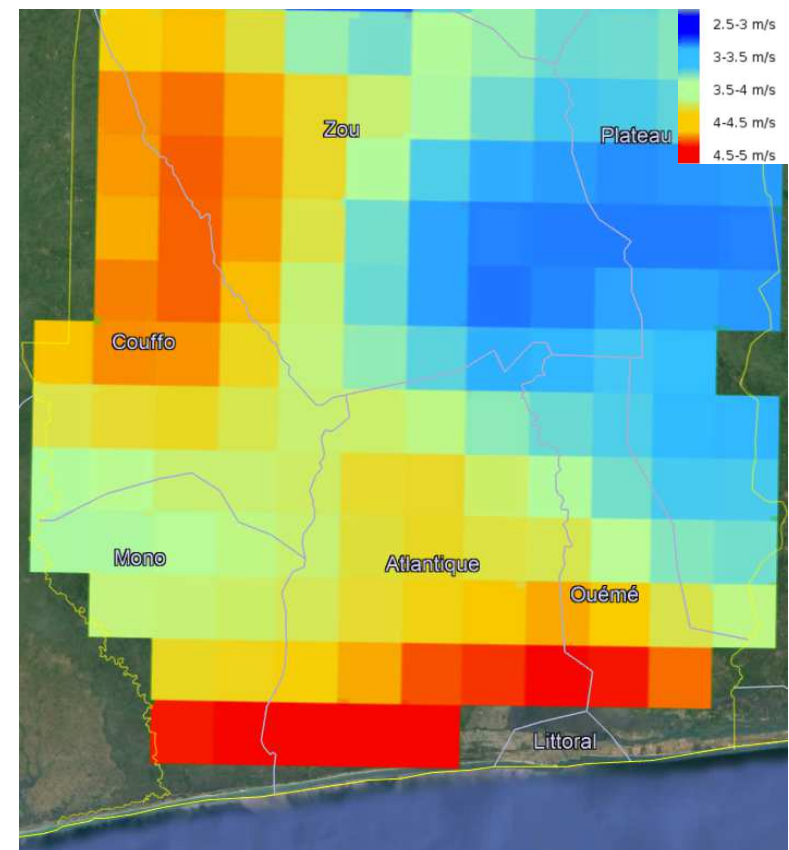
7. Caractéristiques du vent (1)

Comme solutions autonomes ou en configuration en mini-réseaux, les aérogénérateurs peuvent être des sources d'énergies relativement fiables et continues, **selon les tendances locales du vent.**

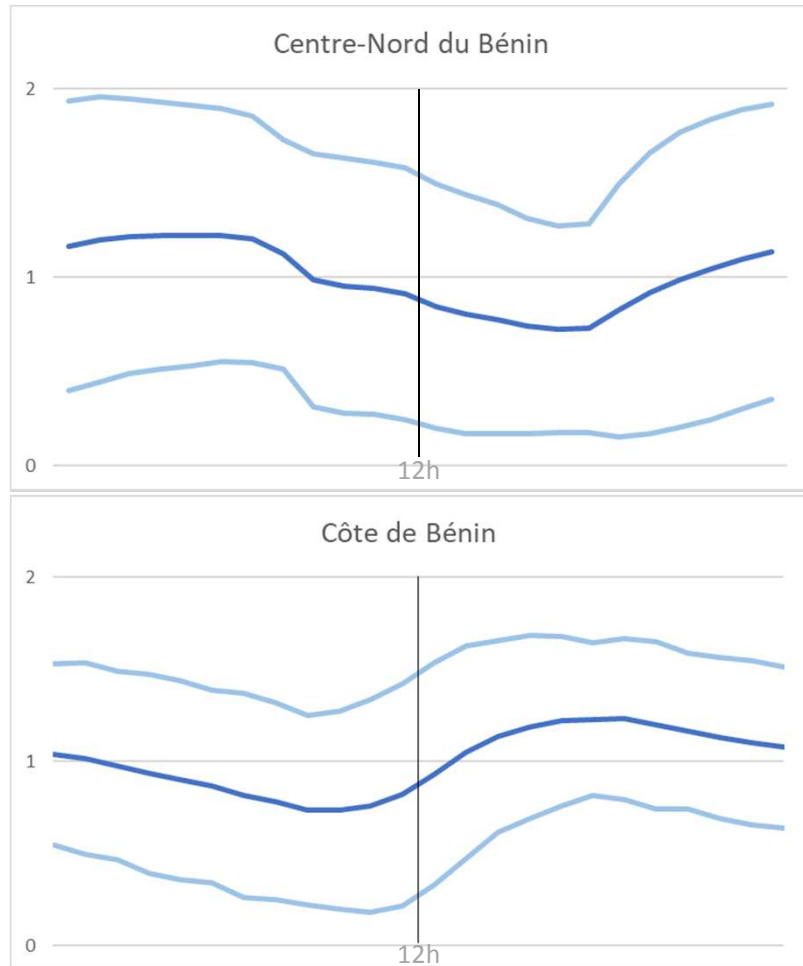
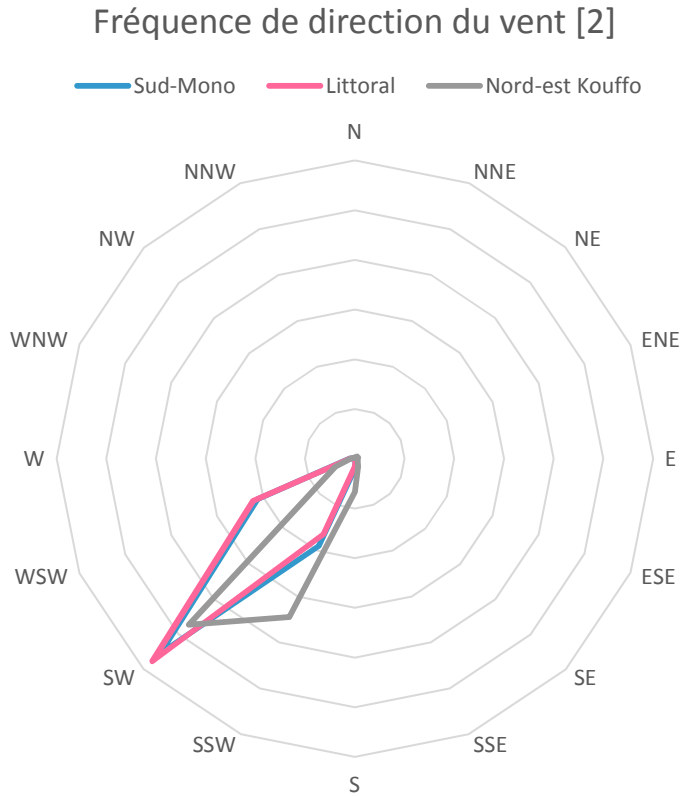
Sur la côte, le Bénin a:

- > Des vitesses favorables de vent de 4,5 – 5 m/s à 10 mètres au-dessus du sol
- > Des vitesses constantes de vent toute la journée
- > Une direction sud-ouest stable du vent

Vitesses moyennes du vent dans le sud-Bénin de 10-12 m de hauteur [1]



7. Caractéristiques du vent (2)



Variation de l'écart -type (bleu clair) et la moyenne (bleu foncé) de vitesses du vent toute la journée dans le Centre-Nord du Bénin et sur la côte [3]

8. Marché d'aérogénérateurs

Dans le domaine de l'application d'aérogénérateurs dans les zones reculées, **la fiabilité et la qualité** sont des caractéristiques clés.

Des aérogénérateurs en dessous de 10 kW de puissance, entre 10 et 20 sont **certifiés** selon les normes internationales IEC 61400-2, reflétant une très bonne intégrité d'ingénierie et d'assurance qualité.

Deux types d'éoliennes sont les plus communs:

> Les éoliennes à Axe Horizontal (HAWT)

- Unidirectionnel
- Haut rendement
- Durable

> Les éoliennes à Axe Vertical (VAWT)

- Omnidirectionnel (mais la direction du vent au Bénin est à 90% sud-ouest)
- 25% moins efficace que le HAWT
- Sujette à l'affaiblissement de matériel



9. Eoliennes utilisées comme base pour les calculs

Pour les calculs dans cette étude, deux différents modèles d'aérogénérateurs ont été utilisés.



Fortis Passaat: 1,4 kW



Fortis Montana: 6,0 kW

10. Taille du marché



Nous avons estimé le nombre d'habitants dans les communautés sans connexion aux réseaux dans les régions qui ont une moyenne annuelle de vitesses de vent de **4 – 4,5 m/s ou plus**. On suppose que les ménages consomment en **moyenne 20 kWh par mois**, et chaque ménage est composé de **6-7 personnes**.

Département	Commune	Nombre estimé d'habitants	Consommation estimée en kWh/mois
Atlantique	Kpomassè	5.941	17.823
	Ouidah	3.923	11.769
	Sô-Ava	128.694	386.081
Mono	Grand-popo	11.053	33.159
	Comè	7.358	22.074
	Lokossa	1.354	4.062
Ouémé	Seme-podji	6.048	18.144
	Aguégués	38.097	114.290
Couffo	Aplahoué	10.460	31.380
	Djakotomè	1.154	3.462
Total		214.081	642.243
Consommation potentielle totale par an (GWh)			7,7

Pour les différentes vitesses moyennes de vent et de hauteurs d'éolienne, nous avons calculé la consommation annuelle d'énergie et le nombre de ménages qui peuvent être servis par des turbines Passat et Montana.

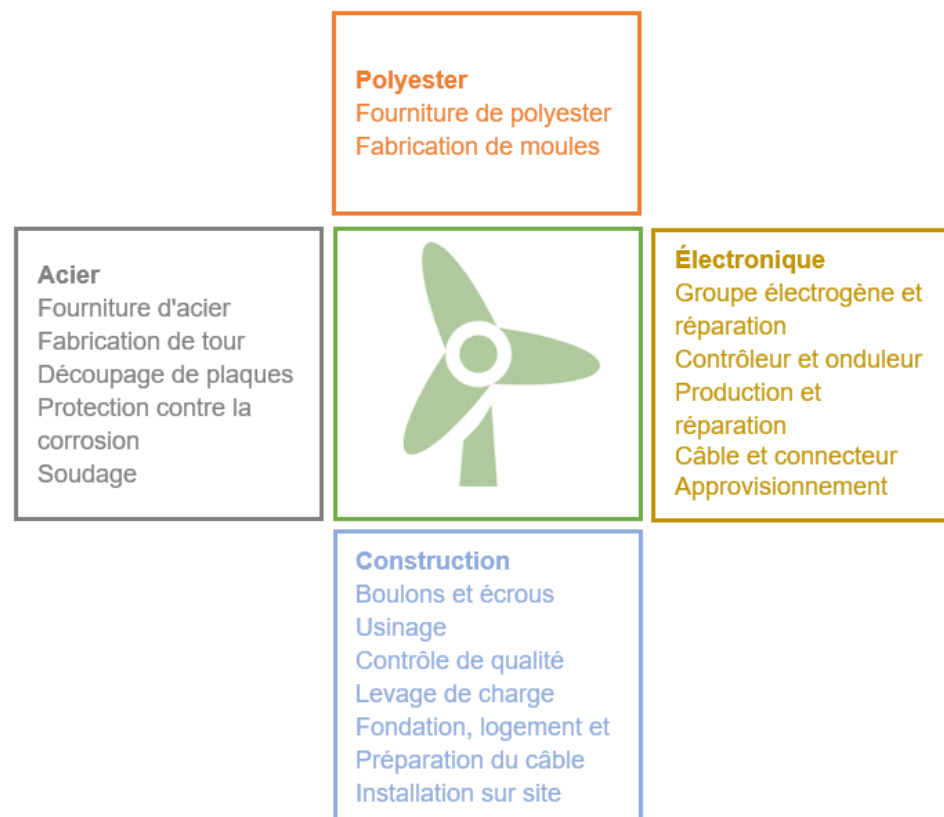
Nous estimons que **4.424 Turbines Passaat** ou **1.157 Turbines Montana** sont nécessaires pour fournir la consommation annuelle.

L'Étude de faisabilité: Fabrication, assemblage et installation au Bénin

11. Matériels d'éoliennes et compétences

En général, beaucoup de composantes d'un système d'aérogénérateurs peuvent être produites même sans la disponibilité d'industries de haute technicité.

Pendant que les **lames de rotor en polyester** et les **puissances électroniques complexes** sont généralement **difficiles** à produire localement, les **composantes en acier** et les **nécessaires d'installation** ont normalement de bonne potentialité de production dans le pays.



Matériaux généraux et compétences requis pour la fabrication, l'installation et la maintenance d'aérogénérateurs de petite puissance

12. Existence d'industrie appropriée (1)



Le nombre de sociétés appropriées de fabrication/assemblage/installations est limité, mais la plupart des compétences requises et de matériels peuvent être potentiellement couverts (du court terme au moyen terme)

En général, on peut dire que :

- > La **tour, le cadre et la queue** (acier) peuvent être produits localement, tandis qu'une tour plus haute aussi contribue à des productions d'énergie plus élevées.
- > **Le travail de construction et d'installation** sur le site peut être fait à travers des compagnies locales.
- > **Les matériels électroniques** (générateur, contrôleur, onduleur) peuvent être partiellement monter localement
- > **Les lames de rotor** (polyester) ne peuvent pas être produites localement et seront importées.

Pour toutes les composantes, une formation et conseils appropriés seront essentiels.

Après cette présentation, nous pouvons parler de toutes autres compagnies de fabrication/assemblage/installation qui ne sont pas encore sur cette liste, ou si les capacités d'évaluation des compagnies déjà identifiées sont correctes.

12. Existence d'industrie au Bénin (2)

Nous avons identifié et généralement évalué des sociétés ayant des capacités de fabrication conformes aux conditions de fabrication, d'assemblage et d'installation

Capacités de production & d'installation d'éoliennes requises	Structures appropriées							
	AJO Sarl	SEEPEG	MDC	Tossou & Fils	ASEMI	Transacier	EMC	2EPS
Acier								
Approvisionnement en acier (conformément aux spécifications UE / États-Unis)					✓	✓✓		
Constructions en acier: sections de tour de 6 m et 500 mm de diamètre / 500 kg		✓			✓✓	✓		
Découpage de la tôle d'acier (5-30mm): découpage laser ou découpa à l'arc		✓			✓	✓		
Protection contre la corrosion des pièces en acier: galvanisation, peinture ou autre		✓			✓	✓	✓	
Soudage (qualifié)		✓			✓	✓	✓	
Polyester								
Polyester / approvisionnement en fibre de verre								
Polyester /Fabrication et transformation de moules renforcés de fibres de verre								

12. Existence d'industrie au Bénin (3)

	Structures appropriées							
Capacités de production & d'installation d'éoliennes requises	AJO Sarl	SEEPEG	MDC	Tossou & Fils	ASEMI	Transacier	EMC	2EPS
Electronique								
Matériels Alimentation électrique: câbles et connecteurs	✓✓	✓✓		✓✓	✓✓		✓	✓
Atelier de réparation de générateurs et d'assemblage	✓	✓		✓	✓		✓	
Atelier électronique pour la production et la réparation de contrôleurs et d'onduleurs	✓	✓		✓	✓		✓	
Atelier électronique pour le câblage des câbles pour la salle de contrôle et les utilisateurs finaux	✓✓	✓✓		✓✓	✓✓		✓✓	✓
Installation								
Fourniture de boulons et écrous		✓✓	✓✓		✓✓		✓✓	✓
Usinage général		✓			✓	✓	✓	✓
Contrôle global de qualité		✓✓			✓✓		✓✓	
Levage et transport de charges lourdes (> 500 kg)		✓✓			✓✓			
Fondation en béton, logement et préparation de câbles		✓✓	✓✓		✓✓			
Installation sur site avec camion et treuil		✓✓			✓✓			

L'Étude de faisabilité: aspects socio-économiques

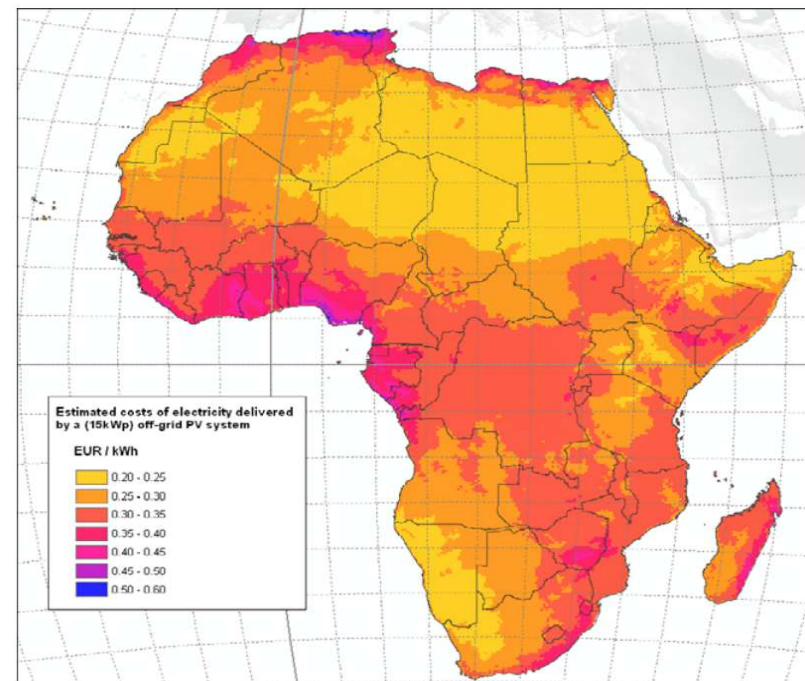
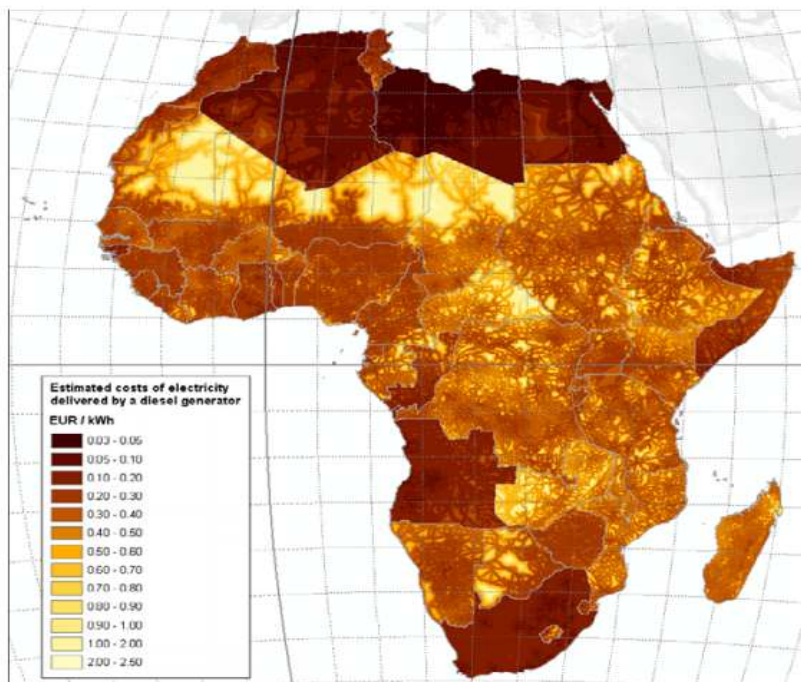
13. Comparaison de prix par technologie d'électrification rurale (1)

Le tableau ci-dessous compare ces estimations des coûts totaux à ceux des générateurs solaires PV et diesel, en indiquant clairement que les **petits aérogénérateurs sont attendus être moins chers que les générateurs diesel et comparable ou moins cher que le solaire PV.**

Technologie hors réseau	Structure de prix (FCFA)	Commentaire
Solaire PV	197 – 262 par kWh	Probablement plus bas parce que celui-ci est basé sur les données de 2011 et plus anciennes [26]
Petits aérogénérateurs	164 – 279 per kWh	Basés sur les calculs aux Chapitres 3 et 4
Générateur Diesel	230 – 459 par kWh	Basés sur [26] mais connectés aux prix diesel 2017 [27]

13. Comparaison de prix: systèmes générateurs diesel / systèmes PV (2)

La Source [6] donne des **coûts estimatifs détaillés pour l'énergie générée par le solaire PV et le diesel** à travers l'Afrique sur la base de données de 2011. La [7] présente des prix diesel corrigés pour 2017, L'échelle de coûts au Bénin est donnée ci-dessous. La même chose est donnée pour le solaire PV, bien que les prix soient vraisemblablement un peu plus bas en 2017.



13. Prix et avantages socio-économiques: aérogénérateurs de petite puissance (3)

La fabrication locale des aérogénérateurs est attendu d'engendrer deux types d'avantages socio-économiques: **réductions de coûts** et **création d'emploi**. La création de la valeur locale contribue aux réductions de coûts surtout liés à la **main d'œuvre**.

Le tableau ci-dessous présente les coûts par kWh, les investissements et le nombre d'emplois (en années de travail à temps plein) liés à la fabrication des deux types d'aérogénérateurs. En outre, le tableau donne une estimation de ces trois variables si tous les coûts et activités en dehors de la fabrication sont aussi pris en compte, visant une configuration moyenne d'un mini-réseau.

Turbines	Coûts de fabrication par kWh	Investissement pour la fabrication	Les emplois de fabrication**	Coûts totaux par kWh*	Investissement total*	Emplois totaux**
4.424 Passaat (1,4 kW)	93 FCFA	14.347.415.114 FCFA	145	<i>279 FCFA</i>	<i>43.042.245.343</i> FCFA	<i>723</i>
1.057 Montana (6,0 kW)	55 FCFA	8.432.077.632 FCFA	46	<i>164 FCFA</i>	<i>25.296.232.897</i> FCFA	<i>231</i>

* **Les coûts totaux** et l'investissement total sont les coûts de fabrication et l'investissement manufacturier multipliés par un **facteur 3**.

Les emplois sont exprimés en années de travail à temps plein (2064 heures). **Les emplois totaux sont des emplois manufacturiers multipliés par un **facteur 5**.

13. Comparaison de prix: cas de 2 villages Béninois, Okoun-sèmè et Adounko (4)

Les villages d'Okoun-sèmè et d'Adounko sont tous deux des petits villages en zones rurales / périurbaines de la côte Béninoise, sans une connexion formelle au réseau de la SBEE. Aucun d'eux n'est prévu d'être formellement connecté à ce réseau dans un proche avenir.

Dans ces villages, l'électricité est fournie à travers des générateurs diesel décentralisés et une ligne informelle au réseau de la SBEE. Il a été constaté que ces générateurs consomment jusqu'à 5-6 litres de carburant par jour à 400-450 FCFA par litre, ce qui fait que les coûts par générateur sont entre **60.000-72.000 FCFA par ménage par mois**.



L'Étude de faisabilité: Conclusions

14. Conclusions étude de faisabilité



1. Les aérogénérateurs de petite puissance ont un bon potentiel technique pour contribuer à l’approvisionnement en énergie dans les zones hors réseau. La technologie est utilisée dans des situations similaires dans des pays similaires, et certains aérogénérateurs fonctionnent déjà au Bénin.



2. Les coûts sont estimés d’être comparable à d’autres technologies énergétiques utilisées dans les zones hors réseau, en particulier s’il seront partiellement fabriqué au Bénin.



3. Il y a un rôle à jouer pour l’économie locale (hommes, femmes, jeunes): participer à la fabrication et à l’installation de ces aérogénérateurs. Les entreprises locales et leurs équipes doivent être formées et accompagnées.

4. Situation socio-économique: améliorée par l’accès à l’électricité

Plan d'actions suggéré

15. Grandes lignes du plan d'actions

Dans cette présentation, nous débattons de **comment** développer une industrie d'aérogénérateurs à succès au Bénin.

Nous présentons le **plan de développement du secteur d'aérogénérateurs** en utilisant 4 horizons temporels et 4 piliers.

Programmation
sectorielle

Mise en œuvre
ciblée
(projets pilotes)

Développement
des connaissances
(formation)

Mise en place du
partenariat

Horizons temporels

1. A très court terme – 2018 à 2019
Feuille de route globale + installation pilote de 4-6 turbines
2. A court terme – 2020 à 2021
Préparation de déploiement à grande échelle + installation de 120 turbines
3. A moyen terme – 2022 à 2025
Installation de 1000-4000 turbines
4. A long terme – au delà de 2025
Industrie mature; grand turbines; exportation

Investissements

1. 0,3-0,4 milliards FCFA
2. 3-4 milliards FCFA
3. 30-40 milliards FCFA
4. - milliards FCFA

16. Actions à très court terme (2018-2019)



DGRE/DGEC:

1. Etablir la feuille de route globale 2018-2025
2. Organiser la phase pilote en coopération avec les partenaires techniques et financiers

Partenariat de la phase pilote:

3. Installer 4-6 turbines pilotes, en étroite coopération avec les institutions étatiques béninoises, les universités et le secteur privé, avec un suivi-évaluation adéquat

Formations/universités:

4. Etre activement impliqué dans l'installation de 4-6 turbines pilotes

Coalition de leaders:

5. Mettre des ressources financières et humaines à la disposition de l'installation de 4-6 turbines pilotes

Budgétisation provisoire:

3. Phase pilote: installer 4-6 turbines pilotes, en étroite coopération avec les institutions étatiques béninoises, les universités et le secteur privé, utilisant un M&E adéquat – 0,3-0,4 milliards FCFA.

17. Actions à court terme (2020-2021) (A)

A. 2020-2021: Programmation sectorielle			
<i>Description des actions</i>	<i>Partie prenante responsable</i>	<i>Budget indicatif (FCFA)</i>	<i>Etape importante</i>
A.1 Elaborer une feuille de route détaillé pour le déploiement à grand échelle, en tentant compte des expériences de la phase pilote. Ceci comprend des études sur des systèmes appropriés d'incitation, les intérêts des femmes et des jeunes, et le développement de systèmes de suivi et d'évaluation.	DGRE, DGEC	Entre 0,75 milliard et 1,25 milliard <i>Estimé à 3% de l'investissement total</i>	Feuille de route terminée
A.2 Organiser la coopération de l'Etat Béninois avec des bailleurs de fonds internationaux pour acquérir les ressources nécessaires pour le déploiement à grand échelle.	DGRE, DGEC		Accords de coopération signé
A.3 Identifier et attirer les organisations internationales expertes pour mettre en place un consortium ou un joint-venture qui peuvent jouer le rôle de pionnier dans le secteur de petits aérogénérateurs au Bénin.	DGRE, DGEC avec la coalition des leaders		Engagement PPP signé

Exemple: Solinc

Solinc East Africa a vu le jour en 2009 en **partenariat** avec Ubbink B.V. basée en Hollande et Largo Investments basée au Kenya. Depuis 2015, la compagnie est en majorité propriété du Kenya.

Solinc a mis en place la première usine de module solaire en Afrique de l'Est et Centrale, et fournit des modules solaires de qualité de différentes dimensions pour utilisation à domicile et des projets d'énergie solaire.

Au Kenya, Solinc a réussi à devenir le **leader du marché** de distribution de panneaux solaires, et elle compte faire de même en Ouganda et en Tanzanie.



18. Actions à court terme (2020-2021) (B)

B. 2020-2021 : Mise en œuvre ciblée			
<i>Description des actions</i>	<i>Partie prenante responsable</i>	<i>Budget indicatif (FCFA)</i>	<i>Etape importante</i>
B.1 Installer 100 turbines dans des villages , et impliquer les chefs de villages pour déterminer la volonté des villageois(e)s à participer à l'installation et l'exploitation des systèmes.	Consortium responsable de la mise en œuvre ciblée	Entre 0,75 milliard et 1,25 milliard <i>Estimé à 3% de l'investissement total</i>	100 turbines installées; volonté de participation des femmes, des hommes et des jeunes à l'installation et à l'exploitation des systèmes.
B.2 Installer 20 turbines pour une utilisation productive de l'électricité (télécom, tourisme, affaires, pompage d'eau)	Consortium responsable de la mise en œuvre ciblée		20 turbines installées; volonté de participation des femmes, des hommes et des jeunes à l'installation et à l'exploitation des systèmes.
B.3 Prendre des dispositions pour la production des petits aérogénérateurs.	Consortium responsable de la mise en œuvre ciblée		120 turbines prêtes pour la production de l'énergie
B.4 Faciliter l'importation des matières premières et des composantes en réduisant les barrières tarifaires.	DGRE, DGEC		Rapporter la satisfaction des importateurs appropriés

Exemple: Ile de Dongao, China

A Dongao Island, une configuration hybride comprenant cinq turbines de 10 kW fournit de l'électricité à 600 résidents locaux et une croissance constante du nombre de touristes. Les coûts de production sont de 261 FCFA/kWh, mais les subventions du gouvernement aident à ramener le prix d'électricité aux consommateurs à 156 CFA /kWh.

Il est crucial que des investissements soient faits est la fiabilité de la turbine. La robustesse et la qualité du système sont des éléments pour **établir la confiance avec les clients et les utilisateurs finaux**, rendant la stabilité financière et la certification du fabricant et du revendeur local une préoccupation primaire.

En outre, la **coopération avec les résidents locaux** a aidé à estimer la disponibilité de ressources éoliennes et la convenance de l'installation des turbines, contribuant aussi à l'intérêt et la confiance des résidents en la technologie des petits aérogénérateurs.



19. Actions à court terme (2020-2021) (C)

C. 2020-2021: Construction de la coalition des leaders			
Description des actions	Partie prenante responsable	Budget indicatif (FCFA)	Etape importante
C.1 Identifier et inviter les organisations ayant un intérêt dans la création d'un secteur de petits aérogénérateurs au Bénin, incluant l'industrie, ONG y compris des organisations féminines, instituts d'enseignement et agences.	Coalition des leaders	Entre 0,075 milliards et 0,125 milliards	Lettres d'intention signées ; Engagement des parties prenantes
C.2 Déterminer le mandat et la structure de coopération de la coalition, avec une ouverture pour la prise en compte des intérêts des femmes et des hommes.	Coalition des leaders avec l'Etat Béninois	<i>Estimé à 0,3% de l'investissement total comme le budget est seulement une intention pour la facilitation. Les participants à la coalition paient leurs propres frais comme ils ont un intérêt d'entreprise.</i>	Documents juridiques signés (PPP); Engagement des parties prenantes
C.3 Elaborer une approche détaillée pour la création d'une prise de conscience nationale sur la technologie de petits aérogénérateurs, l'alignement des acteurs dans l'industrie et l'identification des avenues pour le positionnement et développement du secteur.	Coalition des leaders avec l'Etat Béninois		Plan stratégique finalisé, sensible au genre

Exemple: SAWEA

La mission de SAWEA est de surmonter les obstacles à la mise en œuvre des activités durables de l'énergie éolienne en Afrique du Sud. Elle s'est engagée dans la **promotion d'une industrie d'excellence, le développement de politique énergétique, et la fourniture d'informations.**

Les membres sont composés des compagnies (inter) nationales du secteur privé et des instituts de recherche.

Différences notables:

- > Aucune connexion directe avec le gouvernement et la société civile
- > Moins d'intervention dans le secteur du développement de l'éolien, plus de concentration sur la fourniture d'informations et le plaidoyer.



Partners **for** Innovation



SAWEA

South African Wind Energy Association

20. Actions à court terme (2020-2021) (D)



D. 2020-2021: Développement des connaissances			
<i>Description des actions</i>	<i>Partie prenante responsable</i>	<i>Budget indicatif (FCFA)</i>	<i>Etape importante</i>
D.1 En collaboration avec les instituts internationaux d'enseignement, établir un centre d'expertise technique en énergie éolienne pour les mesures du vent et de recherche appliquée.	Universités Technologiques	Entre 0,75 milliard et 1,25 milliard	Stratégie de recherche élaborée
D.2 Faire de l'énergie éolienne une partie importante des programmes d'études des ingénieurs et techniciens (filles et garçons).	Universités Technologiques ; SBEE ; ABERME	<i>Estimé à 3% de l'investissement total</i>	2 ou plus d'universités offrent des cours en éolienne; Pourcentage de filles et de garçons inscrit(e)s dans les programmes

Exemple: KEREA

L' Association Kényane des Energies Renouvelables (KEREA) est une association indépendante à but non lucratif engagée à faciliter la croissance et le développement des énergies renouvelables au Kenya.

- > A coordonné le développement et l'intégration dans le **programme de formation du solaire photovoltaïque**.
- > Des diplômés des écoles techniques ont maintenant la capacité de **concevoir, d'installer, d'entretenir, dépanner et réparer des systèmes solaires de base à domicile**.
- > Gère une **base de données des techniciens** que les personnes peuvent appeler pour une assistance technique locale et conseils. *[vidéo]*



Partners **for** Innovation



21. Actions à moyen terme (2022-2025): déploiement à grande échelle



Evaluer le statut du secteur de l'éolien de la perspective du programme pluriannuel, et déterminer si et comment un **changement de direction** est nécessaire.

Fabriquer et installer **1000-4000 turbines**; la génération de revenus de l'industrie proviendra de façon croissante de la **fabrication locale et d'assemblage plus complexe**.

Former 100 ingénieurs électromécaniciens expérimentés en technologie d'aérogénérateurs en collaboration avec le centre d'expertise du vent

Orienter les tâches de la coalition plus vers la collecte des données du secteur, la promotion des entreprises d'excellence, et la représentation du secteur dans les politiques de négociations

Budgétisation provisoire:

1000-4000 turbines: 30-40 milliards FCFA

22. Au-delà de 2025: industrie mature et stable

Après 2025, le secteur de l'éolien au Bénin peut être une industrie mature et stable.

- > La génération de revenus de l'industrie passe à l'exploitation, la maintenance et le remplacement.
- > Les possibilités pour de plus grosses turbines (50-250 kW et 1-5 MW) sont étudiées
- > L'exportation des composantes, des systèmes et des connaissances devient une opportunité réaliste du secteur
- > Une nombre significatif d'hommes, de femmes et de jeunes ont des jobs décemment rémunérés dans le sous-secteur des aérogénérateurs



23. Cadre de gestion de risques

Risque	Impact négatif potentiel	Niveau	Stratégie de gestion
Incapacité d'acquérir les ressources pour la feuille de route sectorielle ou l'introduction des systèmes appropriés d'incitation.	Manque d'engagement des parties prenantes à impliquer.	Moyen	Suivre une trajectoire en cascade: commencer par la commande de travaux préparatoires pour définir les bases du développement du secteur (par exemples : l'identification des parties prenantes, l'étude de marché) et l'utiliser pour obtenir le soutien des bailleurs de fonds internationaux spécialisés dans la programmation sectorielle. Initier des discussions au sein du gouvernement pour trouver des ressources financières pour introduire des systèmes appropriés d'incitation.
Les parties prenantes sont incapables de s'accorder sur les objectifs, les ambitions ou les responsabilités d'une feuille de route sectoriel.	Incapacité à formuler des actions concrètes, conduisant à une impasse.	Moyen	L'approche pour parvenir à une feuille de route de développement sectoriel concluante commence par la sensibilisation et la construction d'un soutien parmi les parties prenantes concernant la raison de la mise en place d'un secteur éolien de petite échelle en premier lieu. Les développeurs de programmes s'engagent dans un dialogue avec les parties prenantes pour recueillir leurs commentaires et les intégrer dans la feuille de route du développement du secteur. Cela incitera les leaders de la coalition naturelle à s'engager et être chef de file en ouvrant la voie.
Les parties prenantes sont incapables de prendre en compte la dimension genre dans la feuille de route	Les interventions favoriseront les hommes et l'écart sera encore plus creusé entre les deux sexes	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisation la raison d'être du genre dans cette intervention et renforcement des capacités des parties prenantes sur la dimension genre • Implication des organisations sensibles au genre dans les parties prenantes • Collaboration étroite avec l'Unité Focale Genre du Ministère en charge de l'énergie et autres structures sensibles au genre • Engagement des parties prenantes par rapport au genre • Utilisation des compétences en genre
Trop peu de consommateurs payants de l'électricité d'aérogénérateurs peuvent être trouvés dans la phase pilote; ils manquent d'intérêt pour la technologie ou doutent de sa fiabilité.	L'allure de l'installation des aérogénérateurs de petite puissance est ralentie, ce qui empêche le secteur de prendre son élan.	Moyen	Au cours de l'élaboration de la feuille de route, l'engagement des parties prenantes inclut les utilisateurs finaux potentiels dès que possible. Des exemples de cas pertinents de aérogénérateurs de petite puissance à l'étranger peuvent être utilisés pour illustrer ce que la technologie pourrait signifier dans la pratique pour les utilisateurs finaux. Des composantes et des matériaux de haute qualité sont utilisés pour la production d'éoliennes, afin de minimiser les risques de défaillance structurelle.
Le coût de fabrication des aérogénérateurs de petite puissance s'avère beaucoup plus élevé que prévu.	Les aérogénérateurs de petite puissance sont désavantagées par des alternatives, et l'accès prix devient plus limité.	Faible	La coopération internationale en charge de la mise en place des éoliennes pilotes s'engage auprès de constructeurs internationaux qui équilibrent la qualité et les coûts des composantes, et peut également proposer des formations (techniques) aux entreprises Béninoises de la chaîne de valeur pour optimiser les processus de production.

24. Conclusions du plan d'actions



Nous estimons que la mise en œuvre du plan d'actions nécessitera des efforts importants et collectifs, afin d'aboutir à un sous-secteur d'aérogénérateurs de petite puissance au Bénin qui est performant et efficace.

Nous proposons des actions dans 4 piliers. Dans chaque pilier, nous pensons que les éléments suivants sont cardinaux :

1. Une véritable volonté politique
2. Une véritable volonté du secteur
3. Un financement adéquat dès le début de la programmation
4. Un effort intelligent et concerté d'élaboration et de mise en œuvre de la programmation

Programmation
sectorielle

Mise en œuvre
ciblée
(projets pilotes)

Développement
des
connaissances
(formation)

Mise en place du
partenariat

25. Messages principaux



1. Aérogénérateurs de petite puissance: bon potentiel technique pour contribuer à l'approvisionnement en énergie dans les zones hors réseau dans le sud du Bénin



2. Coûts comparable à d'autres technologies énergétiques décentralisées



3. Opportunités pour l'économie locale à participer à l'installation et la fabrication



5. Mise en œuvre du plan d'actions: nécessite des efforts conjugués

4. Situation socio-économique: améliorée par l'accès à l'électricité

6. Pour 2018-2019:
- 4-6 installations pilotes
- feuille de route globale pour le développement du sous-secteur

26. Questions et réponses

