

Integration des Energies Renouvelables au Sénégal

Février 2017

Discussion préliminaire



SENEGAL : Development des Energie Renouvelables

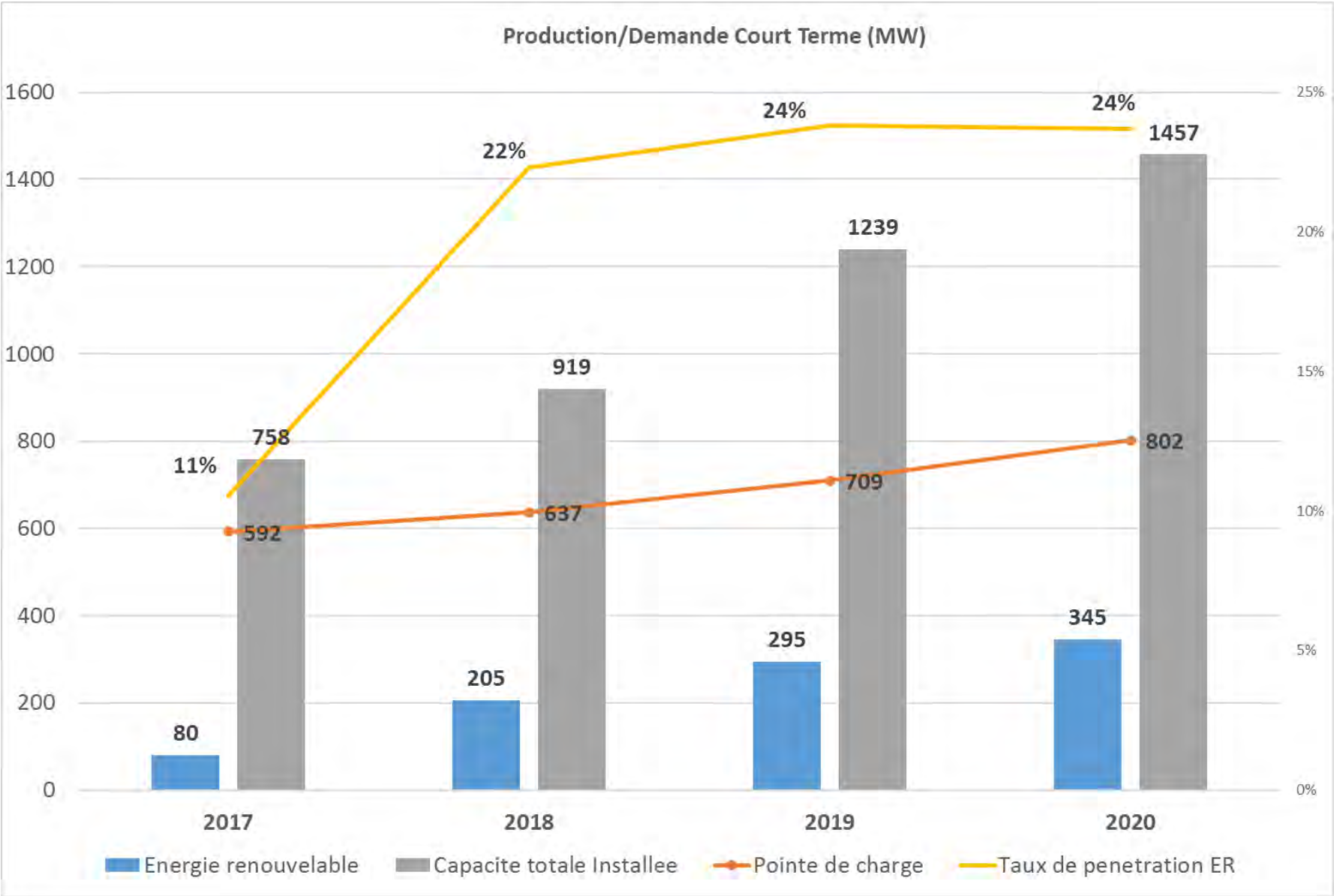
- ✓ Le Plan de Production SENELEC 2017-2030 vise entre autres à diversifier le mix énergétique et à réduire le coût du service électrique, notamment en accroissant la participation des Energie Renouvelable (Eolien et Solaire)
- ✓ Entre 2017 et 2020, 345 MW de capacité supplémentaire installée d'ER sont prévus, soit 25% du parc de production électrique
- ✓ D'ici 2025, l'énergie renouvelable variable est ciblée à 30% du parc de production électrique

Year	Capacity Planned (MW)		
	Solaire	Eolien	Total
2017	80		80
2018	75	50	125
2019	40	50	90
2020		50	50
Capacité variable en 2020			345 MW

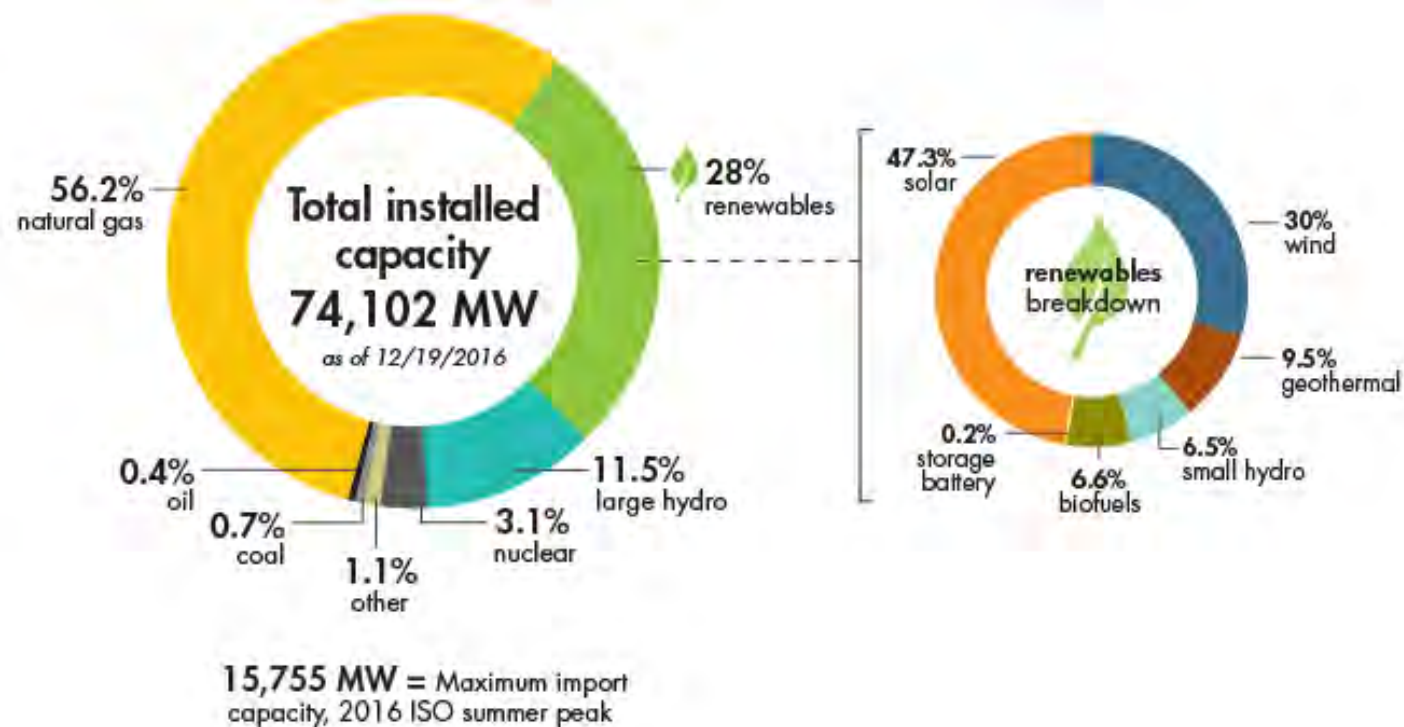
Investissements à prévoir à court terme

- Pour renforcer le réseau (lignes, postes, mesures et contrôles) et permettre l'absorption de la production électrique renouvelable dans le réseau et sa commercialisation
- Pour renforcer les capacités de l'automatisation de l'équilibrage offre-demande et l'optimisation de l'intégration des ER, et pour réduire le risque de coupures

Taux de pénétration des ER sur la capacité installée et la pointe de charge



Pénétration de la generation électrique solaire – le cas de la Californie

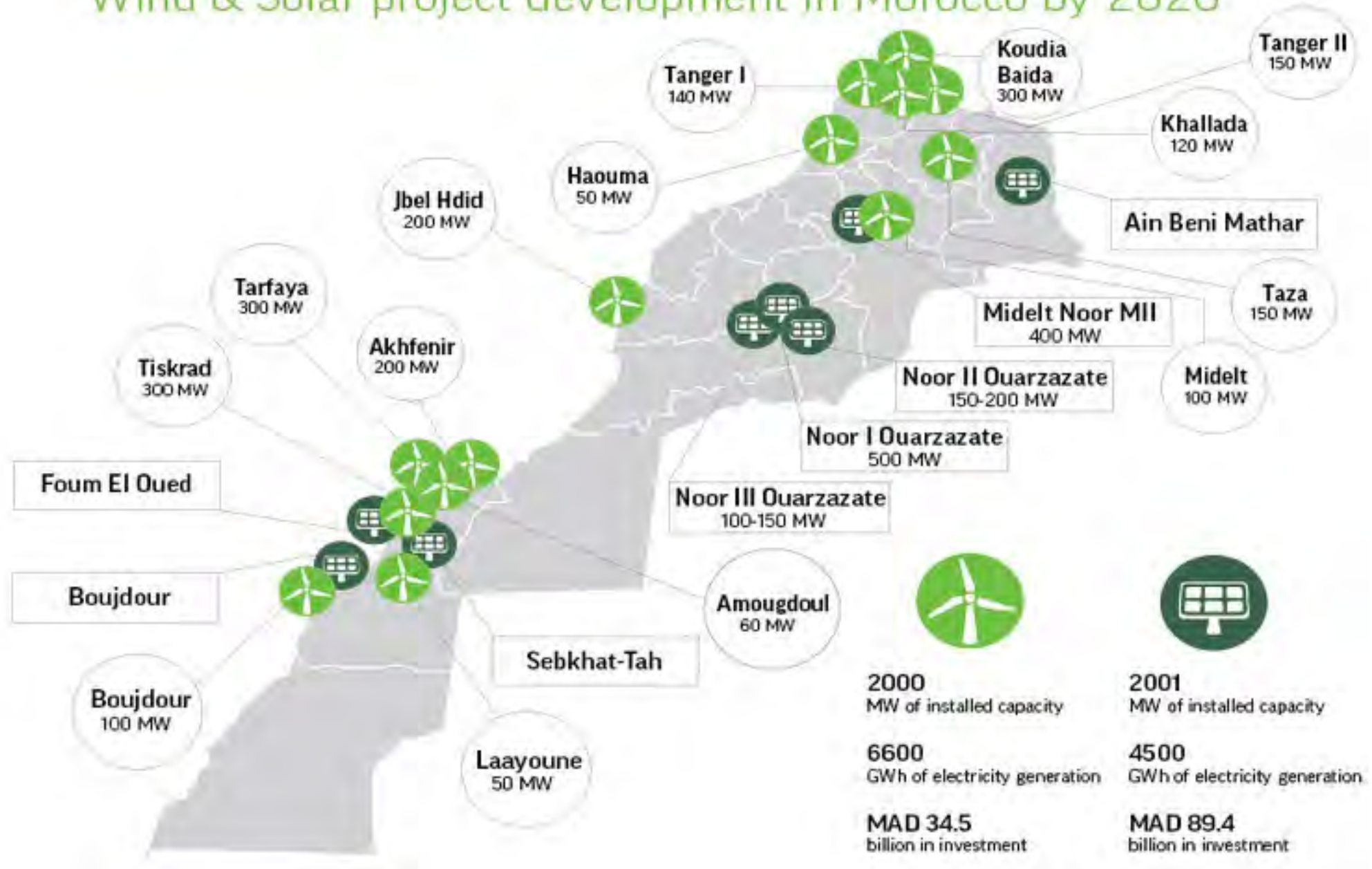


Quelques caractéristiques saillantes:

- Grande réserve tournante (34GW gaz, hydroélectricité; 47GW Peak Load pour une capacité de 74GW)
- Capacité de réponse rapide (temps réel, minutes, heures; software et controles automatisés)



Wind & Solar project development in Morocco by 2020



Défis et enjeux de l'intégration des Energie Renouvelables variables

Défis

- ✓ Pénétration d'ER au Sénégal va atteindre un taux équivalent à celui de la Californie en 2018 sans réserves suffisantes ni systèmes de gestion du réseau adéquats
- ✓ Assurer l'exploitation et la stabilité du réseau en temps réel (rampe, surproduction)
- ✓ Reserve primaire du parc de production: régulation de fréquence et flexibilité suffisante pour gérer l'intermittence des ER et limiter les effacements des ER ou autres production
- ✓ Changement dans la gestion opérationnelle du dispatching
- ✓ Risques : délestage afin d'assurer la stabilité du réseau (qualité de service) et augmentation des couts de l'électricité non fourni du à la présence de contrats take-or-pay

Etudes en cours

- ✓ POWER AFRICA : Plan Directeur Production et Transport : Stratégie pour l'intégration de l'énergie solaire et éolienne pour gérer la production intermittente associée et fournir un service fiable
- ✓ AFD : Rapport AETS sur les investissements pour améliorer la qualité de service et renforcement des réseaux de transport et de distribution de la SENELEC afin de permettre le développement des énergies renouvelables.

Actions et Investissements

Pistes de reflexion

- ✓ Investissements sur le transport et la distribution
- ✓ Réhabilitation/extension du dispatching pour une gestion en temps réel
- ✓ Etablissement d'un code de réseau avec les exigences sur les ER et le niveau / disponibilité de réserve primaire
- ✓ Développement de nouveaux services tels que les services auxiliaires / systèmes de stockage par batteries

Investissements (couts en k€)	Nature	Priorite 1 2017	Priorite 2 2018	Priorite 3 2019	Total
Recommandations AETS	Transport	9,120	99,085		108,205
	Smart Grid Transport	595	1,720	200	2,515
	Distribution	0	18,411	0	18,411
	Smart Grid Distribution	1,470	18,530	600	20,600
Projets Planifies par SENELEC*	Transport	69,959	72,139	7,135	149,232
Recommandation Power Africa	Transport	?	?	?	
Grand Total		81,144	209,885	7,935	298,963

Projets Planifiés par la SENELEC

Projets Planifiés par SENELEC (Investissements en k€)	Periodes		
	2015-2016	2017-2018	2019-2020
Projet de câble souterrain Kounoune-Patte d'Oie	23,600		
Projet de ligne 225 kV Tobène Kounoune	14,190		
Projet de ligne double terne Kounoune-Sendou	8,100		
Projet de ligne double terne Mboro-Tobéne		11,400	
Projet de ligne double terne en 225 Kv Tobene St Louis sur 35 km		9,400	
Projet de ligne en 225 kV Kaolack-Fatick-Mbour		9,760	
Création d'une seconde liaison en 90 kV Kounoune-CDB sur 7 km		1,840	
Remplacement des 2 transfos 225/90 kV de Kounoune par 2 transfos 225/90 kV de 200 MVA		2,000	
Mise en service d'une seconde liaison 225 kV Kounoune-Tobéne sur 54 km		10,920	
Création de 2 transformateurs 225/90kV de 200 MVA à Patte d'Oie		2,000	
Création d'une troisième liaison en 90 kV Patte d'Oie-Hann sur 1 km			1,320
Création d'une troisième liaison en 225 kV Kounoune-Sendou sur 12 km			3,360

Propositions d'interventions au SENEGAL

Prochaines étapes (6 mois)

1. Finalisation des études POWER AFRICA avec identification des investissements requis
2. Etat d'avancement des projets de génération solaire et éolien
3. Etat de sécurisation du financement des projets identifiés de la SENELEC
4. Proposition des bailleurs de fonds sur l'intégration des ER (AFD, KfW, etc.)
5. Proposition de financement de la banque Mondiale pour accompagner la SENELEC dans l'intégration des Energie Renouvelables
 - ☐ Investissements
 - ☐ Assistance Technique
 - ☐ Développement et renforcement des compétences techniques

Points à discuter

1. Timing des investissements de production et de transport
2. Timing et investissements de renforcement du dispatch
3. Mesure d'acroissement de la flexibilité offre et demande, réserve, etc.
4. Règles d'exploitation du reseau et du raccordement au réseau
5. Financement des investissements, coûts du service



MINI GRIDS VERTS (AVEC PETITE HYDRO)

ATELIER RÉGIONAL AFRIQUE DE L'OUEST

ENERGIES RENOUVELABLES ET MOYENS DE FINANCEMENT
PUBLICS ET PRIVÉ, DAKAR, 15-16 FÉVRIER 2017

www.bg-21.com

■ INGENIOUS SOLUTIONS

BG EN BREF

- Fondée en Suisse en 1954
- 89.9 MCHF de chiffre d'affaires en 2015
- 630 collaboratrices et collaborateurs
- 32 nationalités
- 20 agences en Suisse, France et Algérie
- Des projets dans le monde entier
- Une compétence d'ingénieurs conseils reconnue en :
 - Energie
 - Infrastructures
 - Environnement
 - Bâtiment



CONSTAT

- **Accès à l'électricité en Afrique: très faible**
 - 15% en moyenne en zone rurales
 - <5% dans certaines zones rurales
 - Et une croissance de la demande moyenne de 5-6%
- **Réseaux électriques: radial**
 - Règle n-1 non-assurée
 - Coûts du développement du réseau de transmission
 - Pertes techniques
- **Potentiels énergies renouvelables: inexploité**
 - Hydro: 350 GW
 - 28 GW aujourd'hui
 - 14 GW en construction

MINI GRIDS VERTS: POUR DES UTILISATEURS INDUSTRIELS ET AGRO-BUSINESS

- **Développement de l'Afrique: pôles de développement économiques hors des villes majeures**
- **Co-développement entre:**
 - Production d'électricité fiable et abordable
 - PME, Industries, agrobusiness: consommateurs finaux qui rendent les projets bancables
 - Remplacement des groupes thermiques
- **On et off-grid:**
 - On: relever le plan de tension, meilleur rendement technique, option en mode d'îlotage
 - Off: autonome, mais connexion prévue avec d'autres mini grids
- **Décentralisation:**
 - Mise en place de "service industriels" (municipal utilities)

PETITE HYDRO: COMPLÉMENTARITÉ AVEC AUTRES ENERGIES RENOUVELABLES

- **Avantages de l'hydro:**
 - Energy payback ratio
 - Possibilité de stockage (hybride avec PV)
 - Régulation du réseau
 - Ouvrages à buts multiples:
 - Climate mitigation
 - Irrigation pour l'agriculture
 - Pisciculture
- **Petite et moyenne hydro (<50 MW):**
 - Sous-développé en Afrique: gap de financing
 - Grandes expériences Suisse (582 centrales 0.3 – 50 MW)

CONCLUSION

- **Petite et moyenne puissance pour l'industrie et l'agribusiness => mini grid verts**
- **Production décentralisée pour améliorer l'accès à l'énergie, la qualité d'approvisionnement et l'efficacité du réseau**
- **Petite hydro en complémentarité avec les autres sources d'énergie renouvelable**



LA NATURE
POUR PARTENAIRE,
L'INTELLIGENCE
COLLECTIVE
POUR RESSOURCE.

www.bg-21.com

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

CONTACT:

Dr. Nicolas Crettenand

nicolas.crettenand@bg-21.com

+41 58 424 13 47

Soutenir le développement de projets renouvelables avec les plateformes IRENA



Atelier de Dakar, 15 Février 2017

The RE Project Development Challenge

- » Most countries know they have RE potentials. However, they lack the projects to achieve the desired deployment.
- » Conditions inherent to certain countries/regions translate into high costs and financial risks, e.g. SIDS.
- » Stakeholders involved in a project often lack the know-how to complete a bankable project proposal.
 - » This leads to higher project development costs and risks.
- » Fund securement process and financing options themselves aren't transparent.



RESOURCE

YOUR SOURCE FOR RENEWABLE ENERGY INFORMATION

Success stories
Country profiles

GlobalAtlas

FOR RENEWABLE ENERGY

Site characterization

Project
concept

Deployment

Project pipelines

Corridors, SIDS
Lighthouse,
Readiness

Pre-
feasibility

Assistance to
financial closure
and debt facility

Bankable project development
guidelines

Investor
ready

Feasibility

Evaluate, technical assistance

**SUSTAINABLE
ENERGY MARKETPLACE**

IRENA PROJECT NAVIGATOR



Access practical information, tools and guidance for the development of bankable renewable energy projects



- A **learning section** with easy-to-access knowledge materials
- An **interactive workspace** to develop projects and track progress
- An **online search engine** to find renewable energy funding sources



Obtain project development guidance with 50+ tools for:



Utility-scale
Solar PV



Onshore
Wind



Woody
Biomass



Mini/
Microgrids



Geothermal
Power



Solar Home
Systems



Small
Hydropower

www.irena.org/navigator

Objectives

- » Increase the bankability of projects by:
 - » Enhancing Technical, Environmental, Social, Economic and Financial parameters,
 - » Reducing costs and mitigating risks through proper planning and efficient use of funds
 - » Facilitating effective implementation

Renewable energy technology coverage



On-shore wind



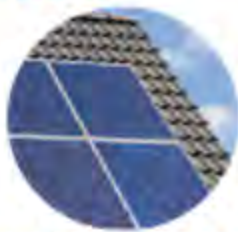
Solar PV



Bioenergy



Small Hydro



Solar home systems



Mini-grids



Geothermal



Comprendre

- » Project development and technical guidelines
- » Best practices
- » Examples & Case Studies

Développer

- » Personal and private workspace
- » Tools, templates, checklists
- » Stepwise approach
- » Track your progress
- » Export documents

Financer

- » Information on multiple funds
- » Filter by region and technology
- » Information includes fund types, requirements and contact details among others.



Project Navigator platform

Technology evaluation

📍 On this page

Crystalline silicon modules	
Thin film modules	
Solar PV technology peripherals	
Solar PV module quality and standards	
Structural Balance of system	
Electrical Balance of system	

 Outline

Solar PV modules represent the main component of a solar PV system and occupy the largest area of the plant. These modules convert solar irradiation into electric current, causing it to flow due to the voltage difference set up in the module. For non-concentrating solar PV module technology, the market is dominated by c-Si (mono- and polycrystalline) technologies. Thin-film modules encompassing single- or multi-junction a-Si and μ -Si, CdTe, CIGS and other technologies currently stand at around 10%.

Resources

 [Templates](#)

Project Ransauvey Creek

Examples

Total Fly Line Budget = \$1000

 Links

ISENA Institute

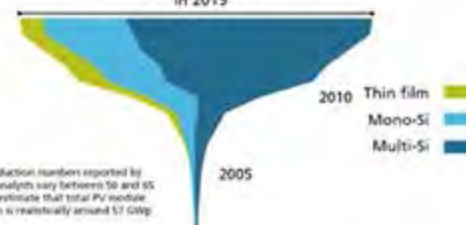
FC: Utility Scale Solar Power
Planning: A Guide For Developers
and Investors

Karlsruhe ISE - Photovoltaik
Technische Präsentation

IRENA - Battery Storage for
Renewables Market Status and
Technology Outlook

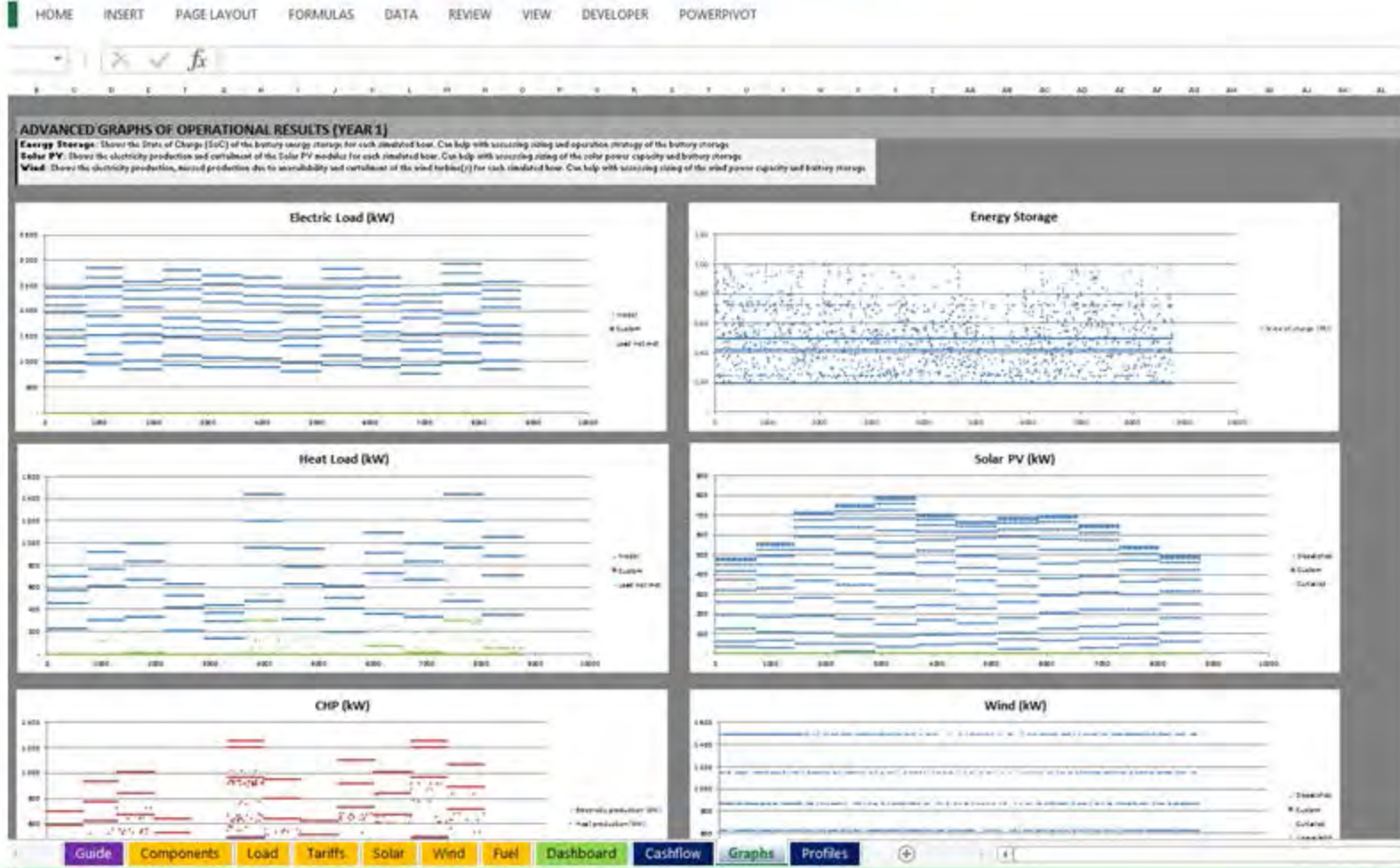
Global annual PV installation by technology, 2000, 2005, 2010 and 2015

About 57* GWp PV module production
in 2015



*2011 production numbers reported by different analysts vary between 50 and 65 GWh. We estimate that total PV module production is realistically around 57 GWh for 2011.

Project Navigator platform



Project Navigator platform

Land characteristics criteria matrix		
Criteria	Item	Mark (0-5)
External shading	Hills above horizon > 4°	
	Hills above horizon 3° - 4°	
	Hills above horizon 2° - 3°	
	Near shading objects (buildings, trees)	
Slope	No external shading	
	> 10%	
	6% - 10%	
	4% - 5.9%	
Profile	< 4%	
	Very hilly, up to 10%	
	Hilly, up to 10%	
	Moderate, up to 10%	
Land cover	Nearly flat, dry	
	Flat	
	High forest	
	Medium forest	
Land use		

Technical and socio-environmental assessment matrix			
Category	Criteria	Weight	Mark
Meteorology	A. Meteorology	30	
	A.1 Solar resource	20	
	A.2 Annual mean ambient temperature	7	
	A.3 Extreme conditions	3	

social evaluation matrix		
Item	Mark (0-5)	
Flora/fauna habitats		
Protected areas and species / environmentally sensitive areas		

Bankability checklist			
	For the purpose of		
	Indicative term sheet	Update	Final approval
General project description			
Location			
Capacity			
Project company (name, existing activity, ownership structure)			
Investor (name, activity, experience with solar projects)			
Project team			
Technology			
Contractual relationship among the suppliers/sub-suppliers including description of responsibility of each party			

Infrastructure criteria matrix		
Criteria	Item	Mark (0-5)
Availability of substation		
Distance to high-voltage grid/substation		
Road available to access site		
Potable water available		
Distance from closest seaport		

Meteorological criteria		Mark (0-5)
GHI < 1 650 kWh/m²		
GHI 1 650 - 1 700 kWh/m²		
GHI 1 700 - 1 750 kWh/m²		
GHI 1 750 - 1 800 kWh/m²		
GHI > 1 800 kWh/m²		

Annual mean ambient temperature		Mark (0-5)
> 26 °C		
25 °C - 26 °C		
24 °C - 24.9 °C		
23 °C - 23.9 °C		
< 23 °C		

Project Navigator platform

Inappropriate drainage system and enhanced erosion



Infrared (IR) thermographic measurement

Plant installation in flooding region



Mounting structure issues



Site in Central Italy

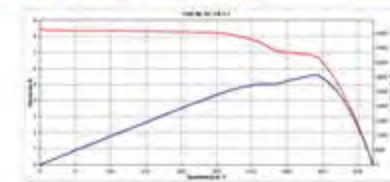
- Mounting structure problems especially in steeply sloped zones: poles, connection plates, washers, module clamps, module positions; improperly attached modules affect manufacturer warranties



Bad connections can lead to fires, safety and energy losses



Electrical fault detection by IV-curve measurement

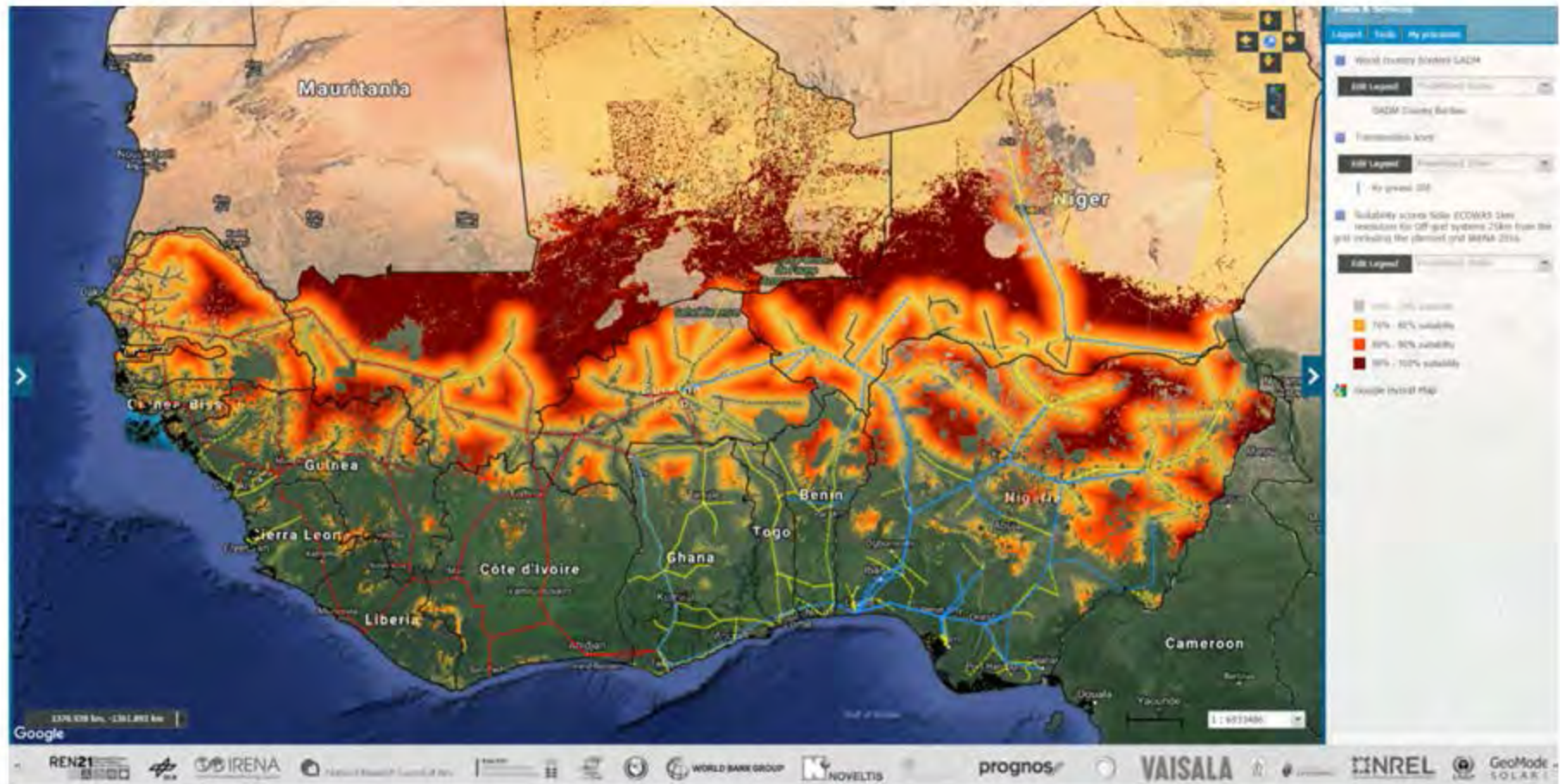


IRENA Global Atlas – PV Raccordé



PV on-grid, technical potential. IRENA 2016. www.irena.masdar.ac.ae/?map=2742

IRENA Global Atlas – PV Isolé

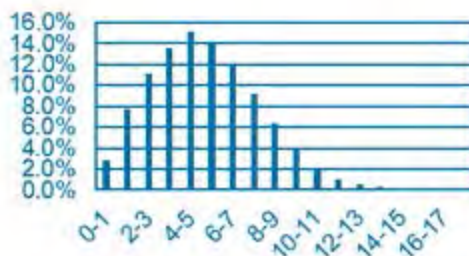


PV off-grid, technical potential. IRENA 2016. www.irena.masdar.ac.ae/?map=2742

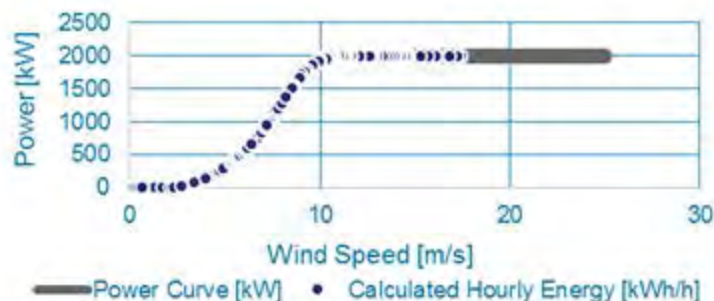
IRENA Global Atlas- Analyse (éolien)

1. Wind data analysis – inter-annual variability, direction and frequency distribution

Spatial resolution	3km
Length [years]	10.0
Mean wind speed [m/s]	5,1
Max wind speed [m/s]	18
Min wind speed [m/s]	0
Inter-annual variability	3.42%
Air density [kg/m3]	1.159



2. Power simulation curve



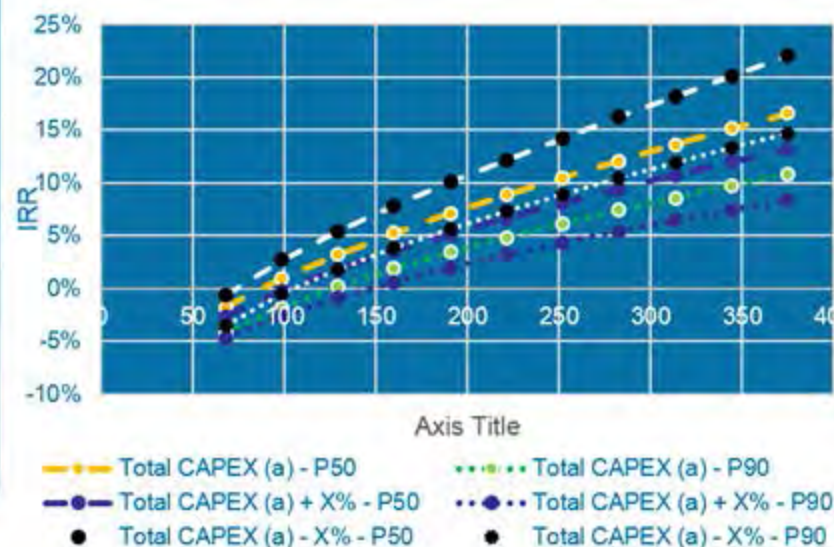
Production estimates

P25 (MWh/Year)	4,836
P50 (MWh/Year)	4,161
P90 (MWh/Year)	2,879

3. Financial model – cash flow model, NPV, IRR and Sensitivity analysis

Base scenario: P50, Tariff \$200.6/MWh

NPV net income before tax	1,714,106
IRR before tax	11.44%
NPV net income after tax	-15
IRR after tax	8.00%
LCof (per MWh)	165.08



IRENA PROJECT NAVIGATOR



Access practical information, tools and guidance for the development of bankable renewable energy projects



- A **learning section** with easy-to-access knowledge materials
- An **interactive workspace** to develop projects and track progress
- An **online search engine** to find renewable energy funding sources



Obtain project development guidance with 50+ tools for:



www.irena.org/navigator