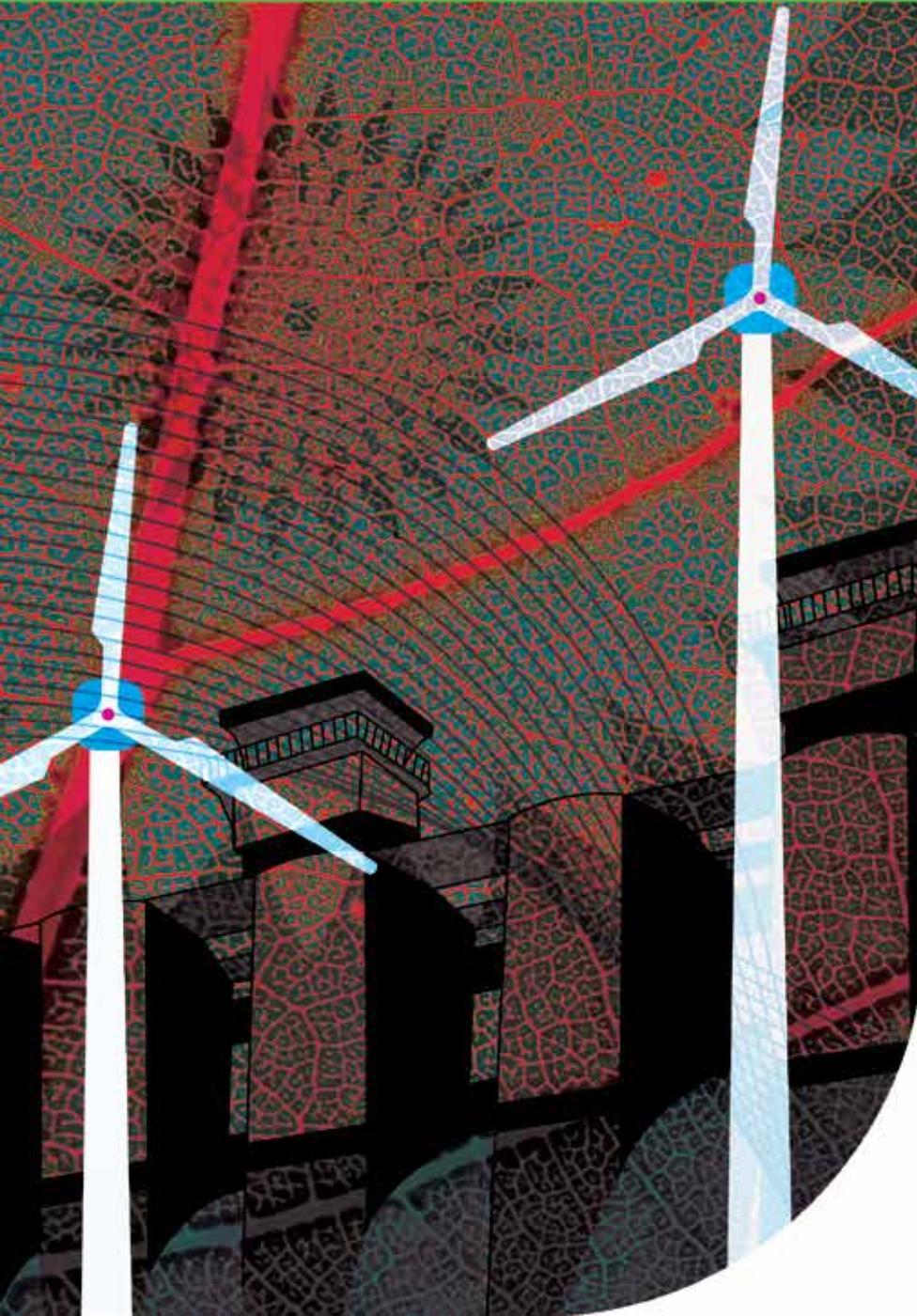


# ÉVALUATION DE L'ÉTAT DE PRÉPARATION AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES

# MALI



Sauf indication contraire, le contenu de la présente publication peut être librement utilisé, partagé, copié, reproduit, imprimé et/ou stocké, à condition de mentionner l'IRENA comme étant la source et le propriétaire des droits d'auteur. Les éléments de la présente publication attribués à des tiers pouvant faire l'objet de conditions d'utilisation distinctes, il peut être nécessaire d'obtenir les autorisations correspondantes de ces tiers avant d'utiliser ces éléments.

## À propos de l'IRENA

L'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) est une organisation intergouvernementale qui sert de plate-forme principale pour la coopération internationale, mais aussi un centre d'excellence, et un référentiel en matière de politiques, de technologies, de ressources et de connaissances financières au sujet des énergies renouvelables et un moteur d'action sur le terrain pour faire avancer la transformation du système énergétique mondial. L'IRENA promeut la large adoption et l'utilisation durable de toutes les formes d'énergies renouvelables, notamment la bioénergie, la géothermie, l'hydroélectricité, l'énergie marine, solaire et éolienne, dans un objectif de développement durable, d'accès à l'énergie, de sécurité énergétique, de croissance économique à sobre en carbone et de prospérité. [www.irena.org](http://www.irena.org)

ISBN 978-92-9260-154-6

Ce rapport se base sur l'original anglais intitulé Renewables Readiness Assessment : Mali (ISBN 978-92-9260-153-9)

**Citation du rapport :** IRENA (2019), *Évaluation de L'état de Préparation aux Énergies Renouvelables : Mali*, Agence internationale pour les énergies renouvelables, Abou Dhabi.

## A propos du RRA

L'évaluation de l'état de préparation aux énergies renouvelables (RRA) est une évaluation globale des conditions d'un pays et en vue d'identifier les actions nécessaires pour surmonter les obstacles au déploiement des énergies renouvelables. C'est un processus dirigé par les pays, avec l'appui et l'expertise techniques de l'IRENA pour la facilitation des consultations entre les différentes parties prenantes au niveau national. Le RRA contribue à développer une politique et des mesures réglementaires appropriées sur la base des sources et technologies d'énergies renouvelables pertinentes pour l'atteinte des priorités nationales du pays. Le RRA est un processus dynamique adaptable aux besoins de chaque pays. Le test de la méthodologie de base du RRA dans plusieurs pays et région a permis à l'IRENA de l'affiner et publier en juin 2013 un guide pour les pays désirant s'engager dans le processus en vue d'accélérer leur déploiement des énergies renouvelables.

[www.irena.org/rra](http://www.irena.org/rra)

## Remerciements

Le rapport a bénéficié de la contribution d'experts, notamment Haruna Kachalla Gujba (Union Africaine), Yacob Mulugetta (UC London) and Kudakwashe Ndhlukula (SACREEE). Les collègues de l'IRENA, notamment Abdulmalik Oricha Ali, Gurbuz Gonul, Luis Janeiro, Rafael de Sá Ferreira, Elizabeth Njoki Wanjiru, Ali Yasir and Benson Zeyi ont également apporté une lecture et une consultation précieuses. The comments of the IRENA policy team were also helpful. Les commentaires de l'équipe de l'IRENA en charge des mesures politiques ont également été utiles.

**Auteurs-contributeurs:** Nopenyo Esselasse Dabla (IRENA), Safiatou Alzouma Nouhou (ex-IRENA), Dr Souleymane Berthé (AER-Mali), Smail Khennas et Bagui Diarra (consultants)

Le présent rapport peut être téléchargé à l'adresse suivante : [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications)

Pour obtenir de plus amples informations ou faire part d'observations : [info@irena.org](mailto:info@irena.org)

## Avis de non-responsabilité

La présente publication et les éléments qu'elle contient sont fournis « en l'état ». Toutes les précautions raisonnables ont été prises par l'IRENA afin de vérifier la fiabilité du contenu de cette publication. Néanmoins, ni l'IRENA ni aucun de ses fonctionnaires, agents, fournisseurs de contenu tiers ou de données ne peuvent fournir de garantie de quelque nature que ce soit, exprimée ou implicite. Ils déclinent donc toute responsabilité quant aux conséquences découlant de l'utilisation de cette publication ou de son contenu.

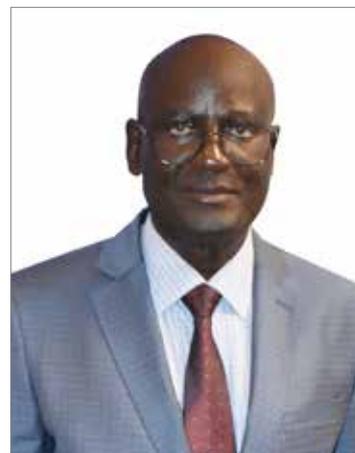
Les informations contenues dans le présent document ne reflètent pas nécessairement les positions de tous les membres de l'IRENA. La mention d'entreprises spécifiques ou de projets ou produits particuliers ne signifie pas qu'ils sont approuvés ou recommandés par l'IRENA au détriment d'autres éléments de nature similaire qui ne sont pas mentionnés. Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'IRENA, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites territoriales.

EVALUATION DE L'ETAT  
DE PREPARATION  
AUX ENERGIES  
RENOUVELABLES

MALI

# Avant-propos

## du Ministre de l'Énergie et de l'Eau



L'accès accru à l'énergie durable dans les ménages et les secteurs économiques du pays, est au cœur des perspectives de développement du secteur de l'énergie, avec l'ambition in fine, de contribuer à l'engagement du Gouvernement, qui est de réduire la pauvreté et relancer l'économie nationale.

Cette orientation stratégique est justifiée par le niveau d'accès aux services énergétiques encore en deçà des objectifs et indicateurs nationaux. En effet, l'accès à l'énergie est principalement caractérisé par un taux d'électrification national de plus de 41 % mais d'à peine 17 % en milieu rural ; une cuisson fortement tributaire du bois-énergie avec une pénétration encourageante des combustibles et technologies alternatifs; des ressources énergétiques d'origines hydraulique et solaire très insuffisamment exploitées dans la production d'énergie ; la bioénergie en pleine expansion avec des opportunités au plus près des communautés particulièrement rurales ; des investissements privés en progrès; une demande d'énergie rapidement croissante avec une moyenne annuelle de 15 % et un cadre de vie singulièrement vulnérable.

On peut alors comprendre facilement l'engagement du Gouvernement du Mali, à renforcer les politiques et stratégies nationales ainsi que les textes législatifs et réglementaires pertinents dans le secteur de l'énergie. La concrétisation de cet engagement gouvernemental a conduit à la révision en cours des documents cadre majeurs comme la Politique Énergétique Nationale, le Cadre de Référence de l'électrification rurale et l'Ordonnance N°019/PRM du 15 mars 2000, portant sur l'organisation du secteur de l'électricité.

En outre, l'élaboration en cours d'un « Guide de l'investisseur », d'outils standards en particulier des modèles de Dossier d'Appel d'Offres et de Contrat d'Achat d'Electricité types et les formations qualifiantes dispensées aux personnels du secteur de l'énergie, sont de nature à soutenir la mise en œuvre appropriée des orientations stratégiques nationales dans le domaine de l'énergie. Par toutes ces actions, le Gouvernement du Mali à travers le Ministère de l'Energie et de l'Eau, se consacre à offrir aux parties prenantes nationales de l'énergie, un cadre favorable au développement rapide des projets et ou programmes énergétiques durables.

Le Ministère de l'Energie et de l'Eau, travaillera à réaliser l'engagement du Gouvernement, en réitérant son attachement au cadre régional en matière d'énergie de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) émanant de l'Accord de Paris, et aux autres accords internationaux portant sur le secteur de l'énergie.

Le Ministère, à travers l'Agence des Energies Renouvelables (AER-Mali), a initié un partenariat avec l'IRENA, pour la réalisation de l'Evaluation de l'état de préparation du Mali aux énergies renouvelables. A cet effet, avec l'appui de l'IRENA, l'AER-Mali et les acteurs nationaux, ont procédé à un diagnostic rigoureux et objectif de développement du sous-secteur des énergies renouvelables ; assorti de recommandations concrètes à traduire en actions adaptées et planifiées objectivement. Le présent document vous présente, la méthodologie, les conclusions et les recommandations sur l'évaluation des paires « Ressource – services ».

Au-delà, je vous invite à la mobilisation de tous les acteurs sur ces sujets afin que la bioénergie et les autres énergies renouvelables soient les moteurs de l'épanouissement du secteur de l'énergie au profit de la relance durable de la croissance économique du Mali.

**Son Excellence M. Sambou Wagué**  
Ministre de l'Energie et de l'Eau du Mali

# Avant-propos

du Directeur Général de  
l'IRENA



Le Mali dispose d'un immense potentiel en énergies renouvelables. L'utilisation des technologies basées sur ces ressources offrent la possibilité de booster l'agriculture, de stimuler le développement durable dans les milieux ruraux, d'améliorer la sécurité alimentaire, d'accroître l'accès à l'énergie et de renforcer la résilience des communautés aux changements climatiques. En exploitant ses ressources solaires, éoliennes et bioénergétiques conformément au Plan d'Action National pour les Energies Renouvelables (PANER) à l'horizon 2030, le Mali peut réduire la pauvreté, améliorer les moyens de subsistance de ses populations, et servir d'exemple de développement de l'énergie durable pour tous les pays du Sahel.

Avec un peu moins d'un cinquième de la population rurale bénéficiant des avantages de l'accès à l'électricité, les technologies décentralisées d'énergies renouvelables sont devenues une voie cruciale vers le développement socio-économique. La capacité de production d'électricité à partir de la biomasse a le potentiel d'atteindre 2,2 gigawatts d'ici 2030, tandis que les énergies solaire et l'éolienne peuvent contribuer à la production électrique de façon encore plus remarquable sur le long terme.

La présente Evaluation de l'Etat de Préparation aux Energies Renouvelables expose des étapes claires et pratiques pour que le Mali puisse faire du déploiement des énergies renouvelables le moteur d'une croissance économique durable. Cette évaluation a mis en exergue le besoin d'adopter une large gamme de technologies d'énergies renouvelables et de diversifier l'approvisionnement en électricité du pays à travers le déploiement rapide d'options non hydroélectriques. Le mix énergétique créerait de la valeur socio-économique considérable, notamment si le changement climatique est pleinement pris en compte.

A cet effet, le rapport recommande l'adoption de mesures politiques et réglementaires encourageant une participation accrue du secteur privé dans les projets connectés au réseau national et hors-réseau. L'adoption d'un code de réseau électrique facilitant l'injection de l'électricité venant de

sources intermittentes comme le solaire et l'éolien doit aussi être examiné. Parallèlement à ces considérations techniques, le facteur humain revêtira une importance primordiale. En plus des normes de qualité claires pour les équipements d'énergies renouvelables, le Mali bénéficierait d'un renforcement des capacités locales pour développer, évaluer et financer des projets bancaables.

Depuis 2011, presque 40 pays d'Afrique, du Moyen-Orient, de l'Amérique Latine et des Caraïbes, d'Asie et du Pacifique ont entrepris des RRA, échangeant des connaissances et encourageant la coopération internationale pour accélérer le déploiement des énergies renouvelables. Chaque processus a été mené par les pays, l'IRENA fournissant une expertise technique et mettant en valeur les perspectives régionales et mondiales, tout en facilitant les consultations entre les différents acteurs nationaux.

L'IRENA est très reconnaissante aux autorités maliennes, en particulier au Ministère de l'Energie et de l'Eau et à l'Agence Malienne des Energies Renouvelables, pour leur engagement en faveur de cette étude. Nous apprécions l'engagement positif et la contribution précieuse des acteurs nationaux. Je suis convaincu que les recommandations contenues dans ce rapport appuieront les efforts vers le déploiement des énergies renouvelables au Mali et dans toute la sous-région.

**Francesco La Camera**  
Directeur Général  
Agence Internationale pour les Energies Renouvelables

FIGURES	VII
TABLEAUX	VII
ABRÉVIATIONS	IX
RÉSUMÉ	XI
<b>01 INTRODUCTION</b>	
1.1 Contexte du pays	01
1.2 Rôle de l'énergie dans le développement du Mali	02
1.3 Évaluation de l'état de préparation aux énergies renouvelables du Mali	03
<b>02 CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE</b>	
2.1 Contexte régional	05
2.2 Offre et demande d'énergie au Mali	07
2.3 Production, transport et distribution d'énergie	10
2.4 Potentiel et utilisation des énergies renouvelables	14
2.5 Secteur de l'énergie et changement climatique	18
2.6 Moteurs de déploiement des énergies renouvelables	20
<b>03 CADRES PROPICES POUR LES ÉNERGIES RENOUELABLES</b>	
3.1 Structures institutionnelles et Acteurs Clés	23
3.2 Politique énergétique et cadres réglementaires	24
3.3 Investissements et financement	26
<b>04 PROBLÈMES ÉMERGENTS AFFECTANT LE DÉPLOIEMENT DES ÉNERGIES RENOUELABLES</b>	
4.1 Énergies renouvelables sur le réseau	31
4.2 Énergies renouvelables hors-réseau	37
4.3 Structure institutionnelle et renforcement des compétences	40
<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>43</b>

## Figures

<b>Figure 1</b>	Produit intérieur brut du Mali, 1970–2018 (USD, prix courants)	01
<b>Figure 2</b>	Secteurs et consommation finale d'énergie en 2014	02
<b>Figure 3</b>	Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain	06
<b>Figure 4</b>	Approvisionnement total en énergie primaire par source d'énergie en 2014 (ktoe)	07
<b>Figure 5</b>	Consommation résidentielle en énergie par source d'énergie en 2014 (ktoe)	08
<b>Figure 6</b>	Accès à l'électricité au Mali 2001-2015	09
<b>Figure 7</b>	Structure du secteur de l'énergie du Mali	10
<b>Figure 8</b>	Production d'électricité par source d'énergie du Mali (en gigawattheures)	11
<b>Figure 9</b>	Réseau électrique national du Mali	12
<b>Figure 10</b>	Évolution des coûts de production moyens d'Énergie du Mali et tarification pour basse et moyenne tensions (en centimes USD)	14
<b>Figure 11</b>	Carte solaire du Mali	17
<b>Figure 12</b>	Carte des vents du Mali	18
<b>Figure 13</b>	Émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'énergie du Mali, 2007–2014	18
<b>Figure 14</b>	Émissions de gaz à effet de serre du sous-secteur, issues de la consommation d'énergie du Mali, 2012	19
<b>Figure 15</b>	Séries chronologiques des indices de sécheresse observés (Indice Normalisée de Précipitations et Indice de Normalisée de Précipitations et d'Évapotranspiration), ainsi que l'Indice Normalisée de Ruissellement, entre 1961 et 2012 : Bassin du Niger	20
<b>Figure 16</b>	Puissance totale installée des centrales thermiques d'urgence au Mali (en mégawatts)	33
<b>Figure 17</b>	Zones du sud-ouest du Mali adaptées à la du solaire PV à grande industrielle	33

## Tableaux

<b>Tableaux 1</b>	Puissance installée sur le réseau classique du Mali	10
<b>Tableaux 2</b>	Caractéristiques principales du réseau de transport interconnecté et de distribution du Mali, 2016	12
<b>Tableaux 3</b>	Tarification par prépaiement et post-paiement du réseau raccordé du Mali	13
<b>Tableaux 4</b>	Capacité potentielle pour la production d'électricité à partir de résidus agricoles du Mali, 2010–2050	14
<b>Tableaux 5</b>	Objectifs de mélange de biocarburant du Mali, 2010–2030	15
<b>Tableaux 6</b>	État du potentiel hydroélectrique du Mali	16
<b>Tableaux 7</b>	Dispositif institutionnel clé de l'énergie en 2016 : Mali	23
<b>Tableaux 8</b>	Politique énergétique nationale (PEN) du Mali : Objectifs et mesures en matière d'énergies renouvelables	24
<b>Tableaux 9</b>	Objectifs du Mali pour les énergies renouvelables du Mali (sur le Réseau), 2010–2030	25
<b>Tableaux 10</b>	Objectifs d'énergies renouvelables hors-réseau du Mali, 2010–2030	25
<b>Tableaux 11</b>	Code et incitations d'investissements pour les investisseurs potentiels au Mali	26
<b>Tableaux 12</b>	Soutien institutionnel au secteur de l'énergie du Mali et domaines de concentration des énergies renouvelables	27
<b>Tableaux 13</b>	Investissements privés potentiels dans le sous- secteur des énergies renouvelables au Mali	28
<b>Tableaux 14</b>	Différence de production d'électricité (années moyennes versus années de sécheresse) à Sélingué, Sotuba et Manantali au Mali	32

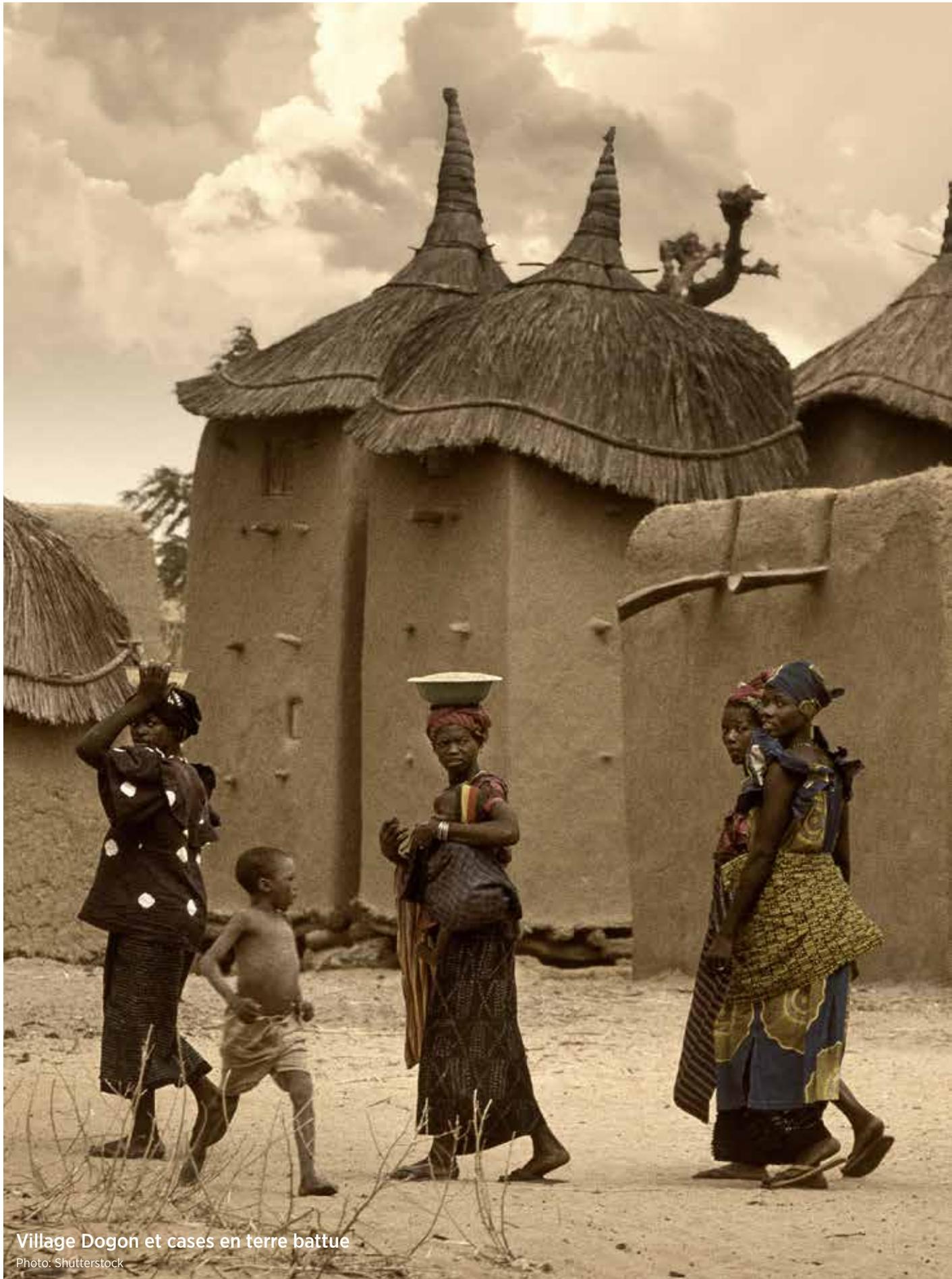


# ABREVIATIONS

<b>AER-Mali</b>	Agence des Énergies Renouvelables du Mali
<b>AMADER</b>	Agence Malienne pour le Développement de l'Énergie Domestique et de l'Électrification Rurale
<b>ACA</b>	Agence pour l'Assurance du Commerce en Afrique
<b>IFD</b>	Institution de Financement du Développement
<b>CEDEAO</b>	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
<b>CEREEC</b>	Centre pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO
<b>CCEDC</b>	Certification des Compétences en Énergie Durable de la CEDEAO
<b>EDM</b>	Énergie du Mali S.A. (société nationale d'électricité)
<b>PEE</b>	Producteur d'Electricité d'Urgence
<b>PIB</b>	Produit Intérieur Brut
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre
<b>GdM</b>	Gouvernement du Mali
<b>PIE</b>	Producteur Indépendant d'Electricité
<b>IRENA</b>	Agence Internationale pour les Energies Renouvelables
<b>ATP</b>	Analyse sur les Tâches Professionnelles
<b>GPL</b>	Gaz de Pétrole Liquéfié
<b>CDN</b>	Contribution Déterminée au niveau National
<b>PEN</b>	Politique Energétique Nationale
<b>OMVS</b>	Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal)
<b>CAE</b>	Contrat d'Achat d'Electricité
<b>PV</b>	Photovoltaïque
<b>EnR</b>	Energies nouvelles et Renouvelables
<b>IAR</b>	instrument d'atténuation des risques
<b>RRA</b>	Évaluation de l'Etat de Préparation aux Energies Renouvelables
<b>SPEI</b>	Indice de Précipitations et d'Evapotranspiration normalisé
<b>SPI</b>	Indice de Précipitations normalisé
<b>UEMOA</b>	Union Économique et Monétaire Ouest Africaine
<b>WACEC</b>	Couloir Ouest-Africain de l'Énergie Propre
<b>EEEOA</b>	Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain

## UNITÉS DE MESURE

<b>GWh</b>	gigawattheure
<b>km</b>	kilomètre
<b>kV</b>	kilovolt
<b>MW</b>	mégawatt
<b>MWc</b>	mégawatt crête



Village Dogon et cases en terre battue

Photo: Shutterstock

# RÉSUMÉ



Le Mali est un pays enclavé et l'un des plus grands d'Afrique, avec une surface de 1 241 238 kilomètres carrés et une population estimée à 19.6 millions d'habitants en 2018. Le pays a connu une forte croissance démographique, avec un taux annuel de 3.36 % entre 2010 et 2018 (PopulationData.net, 2019). De plus, la répartition de la population entre zones rurales et zones urbaines est inégale. En effet, plus de 70 % de la population réside dans les zones rurales alors que les populations urbaines se concentrent principalement dans les capitales régionales et le District de Bamako qui compte plus de 4.3 millions d'habitants en 2018. Le Mali reste l'un des pays les plus pauvres du monde, avec un produit intérieur brut de 17.20 milliards USD en 2018, ce qui représente seulement 901 USD par habitant. En moyenne, l'agriculture et les services représentent environ 80 % du PIB du Mali, alors que la consommation finale d'énergie pour ces deux secteurs reste inférieure à 8 %.

Le Mali est membre des principales institutions politiques, financières et sectorielles régionales. En tant que membre de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), le pays fait partie du Protocole Énergie de la CEDEAO, adopté en 2003. Le Mali fait également partie de l'Union Économique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) et du Comité Inter-état de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS), qui rassemble dix pays de la zone soudano-sahélienne.

En termes d'électricité, le Mali est un membre clé de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal, composée de la Guinée, du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal. Au sein de cette organisation, le Mali a participé à la construction et au développement des centrales hydroélectriques de Manantali et Félou. Le Mali est membre du Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain, une institution spécialisée de la CEDEAO dont l'objectif est d'intégrer les exploitations de systèmes électriques nationaux à un marché régional unifié de l'électricité. Il appartient, en outre, à l'Autorité de Régulation Régionale du secteur de l'Électricité de la CEDEAO, responsable de la régulation des échanges d'énergies électriques transfrontaliers.

Le Mali dépend en énergie principalement des produits pétroliers totalement importés et du bois combustible (bois-énergie) provenant de forêts naturelles intérieures. Le pays importe aussi de l'électricité des pays voisins. Cette situation a un impact négatif sur la stabilité environnementale et la balance des paiements du pays. Il existe cependant des réserves de pétrole non prouvées en attente d'exploration dans le nord et l'est du pays.

L'accès à l'électricité au Mali, comme dans la majorité des pays de la CEDEAO, est limité, avec de fortes disparités entre les zones urbaines et rurales. Seule la moitié de la population urbaine a accès à l'électricité, alors que dans les zones rurales, l'accès est limité à seulement 16.7 % de la population. Quant aux combustibles modernes utilisés pour la cuisine, leur accès est très limité (respectivement 2 et 3 % pour les zones rurales et urbaines).

Le système électrique du Mali comprend un réseau national détenu et exploité par Énergie du Mali S.A. (EDM S.A.), qui approvisionne 35 villes, dont Bamako. Outre le réseau national, EDM S.A. gère 31 centres isolés équipés de groupes électrogènes diesel et 2 centres approvisionnés par la Côte d'Ivoire. L'Agence Malienne pour le Développement de l'Énergie Domestique et de l'Électrification Rurale (AMADER) est chargée de l'électrification rurale pour les installations inférieures à 250 kW, et de la régulation conformément au cadre de référence de l'électrification rurale adopté en 2003.

Les centrales hydroélectriques et thermiques représentent les principales sources de production d'énergie au niveau national. Malgré une augmentation des installations de systèmes hybrides (diesel / solaire) et photovoltaïques (PV) solaires décentralisés à petite échelle depuis 2011, la part des énergies nouvelles et renouvelables (EnR), à l'exception des grandes centrales hydroélectriques, reste faible.

Le Mali continue de faire face à des défis majeurs dans le secteur de l'électricité. L'hydroélectricité compte pour 51 % de la puissance totale installée ; cependant, les changements hydrologiques et du niveau des précipitations ont un impact sur la production d'électricité. Le Mali a donc ainsi de plus en plus recours aux centrales électriques alimentées par des produits pétroliers. En raison des coûts de production élevés des centrales thermiques et des importantes pertes techniques et non techniques sur le réseau, les tarifs sont particulièrement élevés, à l'exception des tarifs sociaux proposés quand la consommation mensuelle d'un ménage est inférieure à 50 kilowattheures.

La recherche d'opportunités alternatives dans les EnR, en particulier les options de systèmes solaires PV classiques et hors-réseau, est essentielle pour relever ces défis. En effet, avec une bonne gestion des ressources énergétiques naturelles disponibles, le Mali peut bénéficier d'un large spectre d'EnR, y compris la biomasse durable. Le domaine forestier national est évalué à 100 millions d'hectares. Le principal défi consiste à assurer une utilisation durable de cette ressource, afin de respecter le rythme de productivité naturel des forêts. Quant à l'hydroélectricité, même si elle représente déjà une part significative de la puissance installée et de la production d'électricité, un potentiel immense, faisant l'objet d'études complémentaires, reste inexploité.

L'impact du changement climatique doit également être pris en compte pour assurer un approvisionnement en électricité stable sur le long terme. L'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) a mené une étude exhaustive sur la planification et les perspectives des EnR en Afrique de l'Ouest. L'énergie solaire, en particulier solaire PV, présente le plus gros potentiel. L'exploitation de 2 % du potentiel solaire PV était suffisante pour couvrir son approvisionnement total en électricité en 2015.

Le Plan d'Action National d'Énergies Renouvelables (PANER) du Mali a défini des objectifs ambitieux pour les systèmes classiques et hors-réseau. Pour un système raccordé, la capacité installée des EnR, y compris les grandes centrales hydroélectriques, devrait atteindre 1416 mégawatts (MW) d'ici 2030 ; soit une multiplication par neuf par rapport à 2010. Pour les énergies renouvelables hors-réseau, la capacité installée devrait passer de 20 MW en 2010 à plus de 600 MW d'ici 2030, soit une multiplication par trente sur la période. Des objectifs ambitieux ont également été définis pour l'éthanol et le biodiesel.

Les conclusions de l'évaluation de l'état de préparation aux énergies renouvelables (RRA) soulignent les obstacles majeurs qui entravent le déploiement généralisé des systèmes d'EnR. Elles identifient des actions critiques qui pourraient avoir un impact significatif sur l'accroissement des énergies renouvelables à court et moyen termes. Dans ce contexte, le Mali a reçu plusieurs recommandations, indiquées plus bas.

### **Diversifier l'approvisionnement en électricité par une pénétration accrue d'énergies renouvelables non-hydroélectriques**

Dans son Programme d'action national d'adaptation, le Mali souligne la vulnérabilité de son secteur énergétique face au changement climatique, en le classant en troisième position des secteurs les plus menacés, derrière l'agriculture et la santé. En effet, en raison de sa forte dépendance à l'hydroélectricité, l'intégralité du système énergétique est sous la menace du changement climatique, ce qui suggère une priorisation et un déploiement plus rapide des technologies d'EnR en dehors de l'hydroélectricité, comme l'énergie solaire et la biomasse.

D'après les recommandations, le Mali doit développer un plan directeur pour le secteur de l'énergie qui comprend des solutions d'énergies renouvelables rentables et durables. À cela doit s'ajouter une évaluation des diverses ressources bioénergétiques potentielles, ainsi qu'une politique globale prenant en compte d'autres stratégies sectorielles. Une évaluation complète de l'hydroélectricité, comprenant son statut actuel et les options de développement futur d'après les projections hydrologiques, est également conseillée. Le soutien de partenaires internationaux, tels que le Fonds Vert pour le Climat et le Fonds pour l'Environnement Mondial, est nécessaire pour développer et mettre en œuvre une stratégie de résistance à long terme face au changement climatique.

### **Développer et adopter un code du réseau électrique**

Le Mali se caractérise encore par son absence de code du réseau. Accueillir une part importante d'énergies renouvelables dans un futur proche nécessite de développer et de codifier des procédures opérationnelles pour répondre aux prévisions de production d'énergie, et de mener des études complémentaires concernant la stabilité du réseau. Un code du réseau sera également utile pour garantir la mise en œuvre de procédures favorables à l'intégration technique des EnR intermittentes au réseau. Cela peut prendre la forme d'une loi ou d'une directive requérant la conformité de tous les producteurs à un code du réseau.

### **Instaurer un cadre plus propice aux investissements privés dans les énergies renouvelables**

Selon les évaluations menées par la Banque mondiale et d'autres institutions internationales, le Mali dispose d'un cadre politique de soutien relativement faible dans son application, ce qui dissuade les investisseurs privés internationaux, souvent réticents à prendre seuls tous les risques. Il est donc recommandé au gouvernement malien d'adopter plus de

mesures incitatives en faveur de la pénétration accrue durable des énergies renouvelables. Par ailleurs, le secteur privé national est aussi faiblement impliqué dans le développement de centrales électriques de grande envergure. Cette situation est due principalement à un cadre politique peu incitatif et à des mécanismes d'atténuation de risques peu efficaces ou inappropriés pour soutenir les investissements privés dans le domaine des EnR. L'adoption de mesures d'atténuation de risques liés aux acheteurs est essentielle pour accélérer les projets d'EnR qui ont déjà été initiés par le secteur privé.

#### **Adopter des politiques et réglementations pour soutenir le secteur croissant des mini-réseaux**

L'électrification rurale est un défi majeur au Mali. Selon le principe général, le prix de l'électricité n'est pas régulé mais plafonné à 0.51 USD/kWh dans les zones rurales. Par conséquent, en dépit du soutien de l'AMADER à l'électrification rurale, les tarifs de l'électricité appliqués aux populations rurales pauvres qui ne sont pas raccordées au réseau national ou aux centres isolés sont très élevés et se situent dans la fourchette de 0.26 USD/kWh à 0.51 USD/kWh. Cette situation est soutenue principalement par l'importante pénétration du thermique dans la production d'électricité. Elle offre alors une réelle opportunité d'introduction des énergies renouvelables dans l'option d'une réduction du coût de production de l'électricité. Aussi, une révision des mécanismes de fixation des tarifs pour l'électrification rurale pourrait s'avérer très pertinente et opportune. La péréquation tarifaire et le soutien au secteur privé doivent être en outre pris en compte afin de surmonter ce défi majeur du prix élevé de l'électricité en milieu rural.

#### **Développer une politique claire d'arrivée du réseau national**

Le processus du RRA a permis de souligner qu'au sein du sous-secteur des mini-réseaux, une grande incertitude demeure quant au devenir des mini-réseaux existants lorsque l'extension du réseau atteint les zones dans lesquelles ils opèrent. Cette incertitude est liée généralement à l'application inappropriée des dispositions en vigueur en matière de reprise ou de rétrocession entre l'Etat et les opérateurs privés. Cela constitue un risque pour les investisseurs privés dans l'électrification rurale et qui devrait être rapidement atténué ou maîtrisé. Le Mali pourrait s'inspirer des bonnes pratiques d'autres pays afin d'appliquer mieux les dispositions existantes ou d'adopter un modèle approprié pour atténuer ce risque.

#### **Mettre en œuvre des normes de contrôle de la qualité pour les équipements et installateurs dans le domaine des énergies renouvelables**

Les discussions du RRA ont souligné le manque relatif de normes et de techniciens qualifiés pour le dimensionnement, la conception, l'installation et la maintenance de systèmes d'énergies renouvelables en particulier solaires dans le pays. Pour soutenir cet effort, le Gouvernement du Mali pourrait

envisager d'équiper l'Agence des Energies Renouvelables du Mali d'un laboratoire et d'équipements appropriés pour tester les produits importés et ou fabriqués localement. Le Mali pourrait veiller également à bénéficier de la Certification des Compétences en Énergie Durable de la CEDEAO, gérée par le CERECC et soutenue par l'Irena, pour doter le marché local de techniciens hautement qualifiés afin de combler la pénurie de compétences techniques du pays.

#### **Améliorer les capacités techniques pour un déploiement des énergies renouvelables à grande échelle**

Les capacités techniques et humaines dans la chaîne de valeur, la disponibilité des institutions de soutien et de l'infrastructure de réseau doivent être évaluées pour soutenir la préparation du Mali à l'intégration d'une part plus importante d'énergies renouvelables variables. Dans l'idéal, cette évaluation devrait être suivie par des efforts de renforcement des capacités pour combler les lacunes identifiées. Les domaines prioritaires de renforcement des capacités doivent inclure la rationalisation des cadres institutionnels et réglementaires existants, et répondre aux principaux obstacles, en particulier les problèmes juridiques et techniques auxquels les producteurs indépendants d'électricité doivent faire face, les contrats d'achat d'électricité, les mécanismes de financement et de garantie, la certification et la normalisation. De par l'intermittence des EnR et les éventuelles perturbations du réseau, les prévisions de production d'énergie et les données d'énergie renouvelable fiables et exhaustives sont les autres données clés à prioriser pour renforcer les capacités du secteur des énergies renouvelables.

#### **Renforcer les capacités locales de développement, d'évaluation et de financement de projets d'énergies renouvelables financièrement viables**

Outre les cadres politiques et réglementaires mentionnés précédemment, le faible niveau d'implication du secteur privé local dans les investissements des EnR est également lié à une connaissance inappropriée du secteur financier local des techniques et de la valeur commerciale que représente un investissement dans les énergies renouvelables. Les projets d'EnR sont donc perçus comme étant à haut risque. Des efforts dédiés doivent être consacrés pour amener les acteurs potentiels au même niveau de connaissance, en fonction de leurs besoins spécifiques.

#### **Établir des processus efficaces de collecte et gestion de données énergétiques pour renforcer les capacités**

Comme pour la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne, la recherche de données fiables, cohérentes et actualisées essentielles pour la compréhension du potentiel mais aussi de la situation énergétique du Mali, représente souvent un défi de taille. Le recours aux activités de renforcement des capacités en matière de statistiques est recommandé pour développer la collecte, le traitement et la diffusion des données d'EnR.



**Bamako, la capitale du Mali**

Photo: Shutterstock



# I. INTRODUCTION

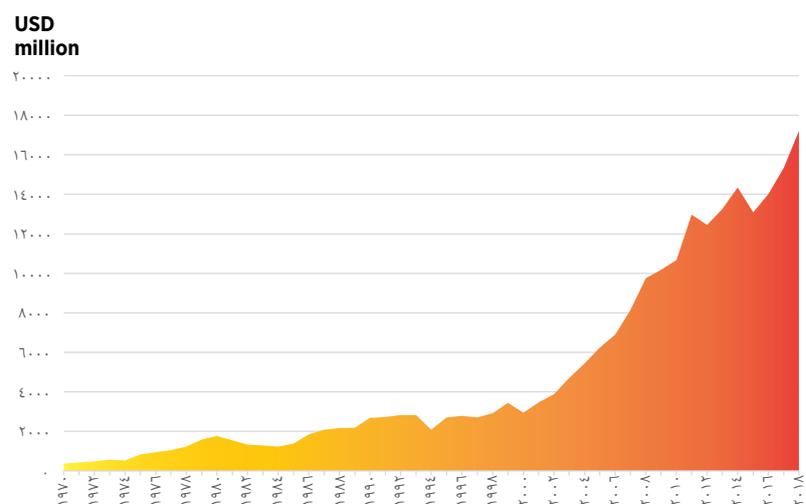
## 1.1 Contexte du pays

Le Mali est un pays enclavé d'une surface de 1 241 238 kilomètres carrés et d'une population estimée à 19,6 millions d'habitants en 2018. Le pays est traversé par deux larges fleuves, le fleuve Sénégal (800 km) et le fleuve Niger (1700 km). Le Mali connaît une forte croissance démographique de 3.3 % par an. Par ailleurs, la répartition de la population entre zones rurales et zones urbaines est disproportionnée, avec plus 70 % des habitants résidant dans les zones rurales. La population urbaine se concentre dans les capitales régionales et principalement dans le District de Bamako qui compte plus de 4.3 millions d'habitants en 2018.

Après une croissance négative du produit intérieur brut (PIB) en 2012 (-0.8 %) et une faible croissance de 2.3 % enregistrée en 2013, la situation du pays s'est inversée avec une croissance du PIB d'environ 5.97 % et 5.8 % respectivement en 2015 et 2016, et un léger repli à 5.4 % en 2017 et à 4.9 % en 2018.

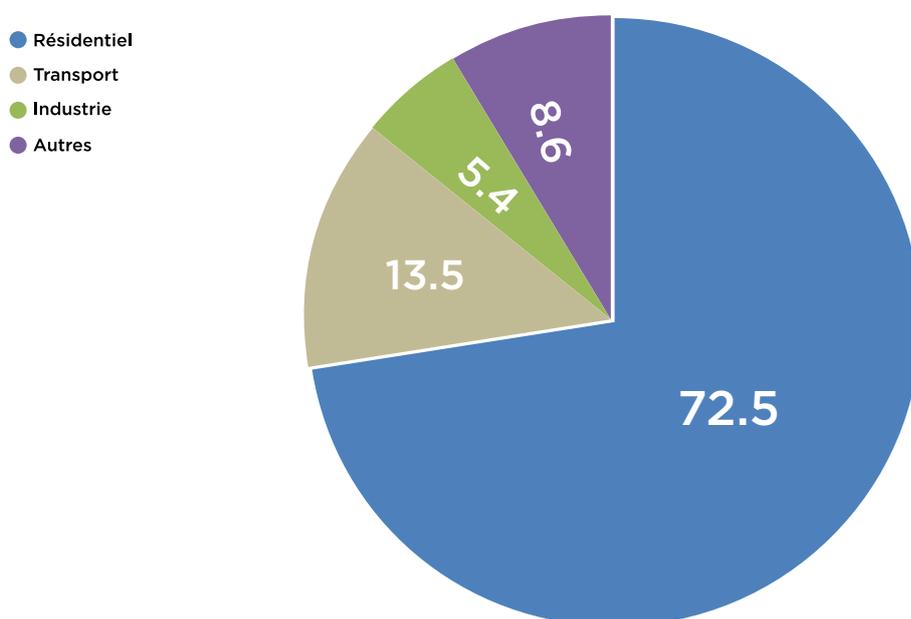
Le Mali reste l'un des pays les plus pauvres du monde, avec un PIB de 17.2 milliards USD en 2017, ce qui représente un PIB de seulement 901 USD par habitant.

**Figure 1. Produit intérieur brut du Mali, 1970–2018**  
(USD, prix courants)



Adapté de World Bank online DataBank: disponible à <http://databank.worldbank.org/data>.

Figure 2. Secteurs et consommation finale d'énergie en 2014 (en %)



Source: Adapté du SIE (2014).

## 1.2 Rôle de l'énergie dans le développement du Mali

L'énergie constitue un paramètre essentiel dans le développement économique et social de tous les pays, comme le montre la forte corrélation entre le PIB, l'indice de développement humain et la demande énergétique constatée historiquement dans la plupart des économies. Au Mali, la consommation énergétique est faible dans les principaux secteurs économiques, notamment le secteur industriel. Comme indiqué sur la figure 2, le secteur industriel représentait uniquement 5,4 % de la consommation énergétique en 2014. L'essentiel de la consommation se concentrait sur certains sous-secteurs du secteur industriel, en particulier l'activité minière. Figure 2. Secteurs et consommation finale d'énergie en 2014 (en %).

Le Mali est un pays rural qui dépend fortement de l'agriculture et des services. Malgré une prédominance de l'agriculture traditionnelle caractérisée, par exemple, par une faible consommation d'énergie et de faibles rendements, l'agriculture contribue fortement au PIB du Mali. En 2017, le secteur de l'agriculture représentait environ 38,33 % du PIB (Banque mondiale, 2017a).

Le faible niveau de la demande énergétique du secteur de l'agriculture est le reflet de pratiques agricoles pluviales, caractérisées par de faibles rendements. La mécanisation du secteur représente un potentiel qui permettrait d'augmenter le rendement et ainsi de contribuer à une croissance et une transformation économiques durables. Une telle mécanisation entraînerait certainement une augmentation de la demande en énergie.

Outre l'agriculture, l'énergie est un catalyseur clé pour l'amélioration des services de santé, l'accès à l'électricité jouant un rôle primordial dans le fonctionnement des établissements médicaux. L'énergie joue également un rôle important dans la qualité, l'accessibilité et la fiabilité des services de santé fournis aux communautés rurales, ce qui constitue un défi majeur en Afrique subsaharienne, où un établissement de soins sur quatre n'a pas accès à l'électricité (OMS, 2014).

---

L'énergie est un  
facteur clé pour  
l'amélioration des  
services de santé

---

### 1.3 Évaluation de l'état de préparation aux énergies renouvelables du Mali

Le processus RRA du Mali a été dirigé par l'Agence des Énergies Renouvelables du Mali (AER-Mali) sous la tutelle du Ministère de l'Énergie et de l'Eau (MEE), avec le soutien de l'IRENA et de divers consultants nationaux et internationaux. L'AER-Mali a invité des experts issus d'institutions clés du gouvernement, du secteur privé et de la société civile. Ils ont été informés de la nature et de l'objet du processus RRA et ont intégré l'équipe-pays du RRA du Mali.

Une réunion de lancement a été organisée en avril 2017, lors de laquelle ont été abordés l'identification des paires service-ressource d'énergies renouvelables, les critères de priorisation, et l'établissement d'un ensemble de modèles pour chaque paire service-ressource d'énergies renouvelables. Un atelier de validation RRA final, tenu en septembre 2017, a conclu l'étude et défini les mesures nécessaires pour la mise en action des sous-secteurs des EnR.

Ce rapport est composé de quatre chapitres dont le premier contient une brève description contextuelle du Mali et décrit le rôle du secteur de l'énergie en termes de développement et son processus RRA.

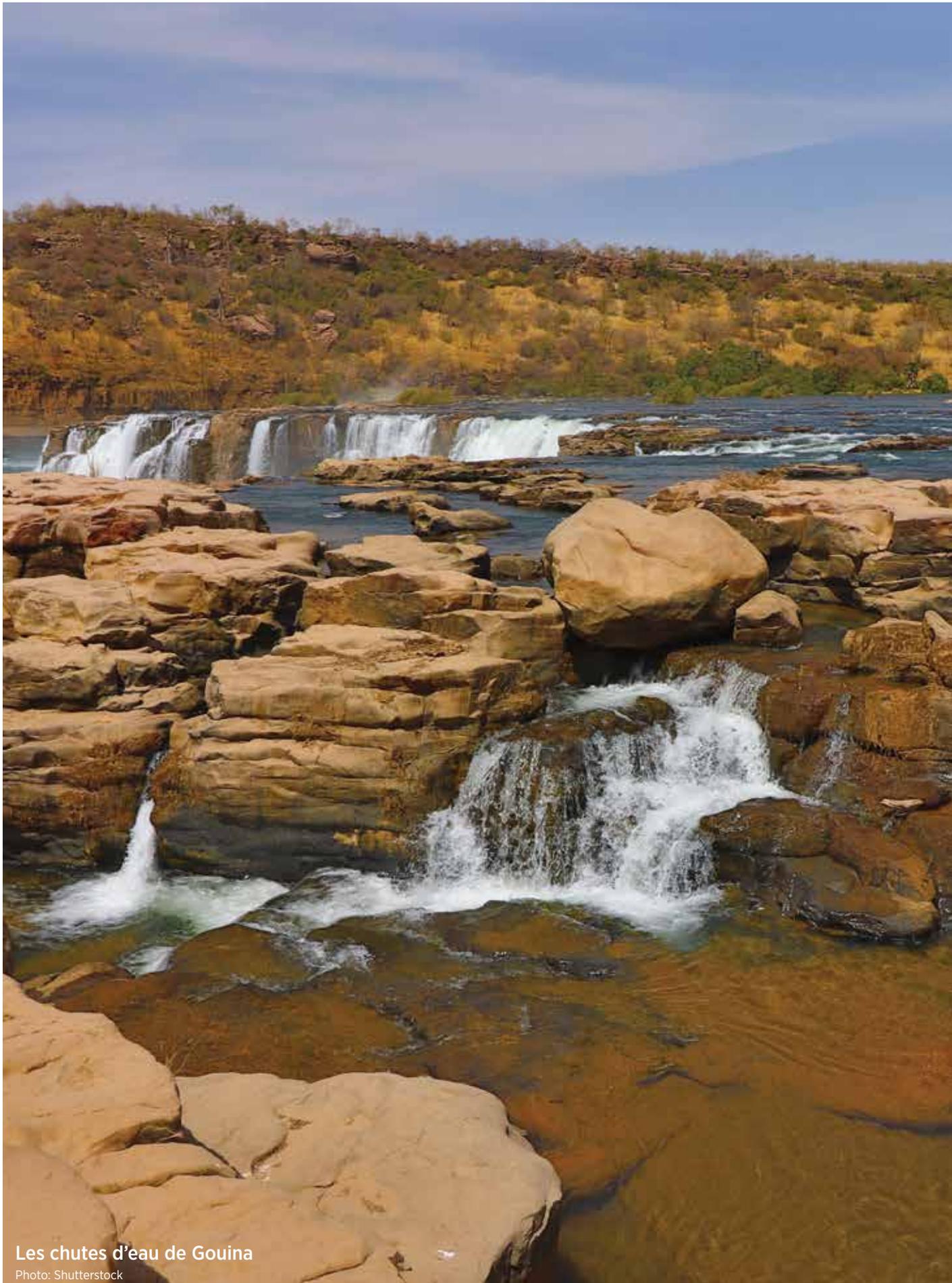
Le deuxième chapitre présente une vue d'ensemble de la situation énergétique régionale, contextualisant le secteur national de l'énergie du Mali, les défis auxquels il doit faire face, ainsi que le potentiel et l'utilisation des énergies renouvelables. Il propose également une réflexion approfondie sur le secteur de l'électricité au Mali.

Le troisième chapitre liste les institutions qui jouent un rôle dans le secteur de l'énergie au Mali, définit les cadres politiques et réglementaires clés de l'énergie et met en lumière les conditions de financement et d'investissement au Mali.

Le quatrième et dernier chapitre présente les conclusions du processus RRA relatives aux inquiétudes et conditions émergentes liées au renforcement des paires service-ressource qui ont été identifiées. Il résume aussi les opportunités et contraintes qui en découlent.



Photo: Mali-Folkcenter Nyetaa



Les chutes d'eau de Gouina

Photo: Shutterstock



## 2. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE

### 2.1. Contexte régional

Le Mali est membre de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), dont le mandat consiste à travailler avec les 15 états membres<sup>1</sup> et les partenaires de développement international sur le développement économique des zones de développement prioritaires, notamment sur l'amélioration de la production, de la distribution et de la consommation d'énergie dans la région. Une partie de ce mandat porte sur l'amélioration de l'accès aux énergies renouvelables et de leur fiabilité, notamment en vue de soutenir les états membres dans leur processus de transition énergétique.

En tant que membre de la CEDEAO, le Mali fait partie du Protocole Énergie de la CEDEAO, adopté en 2003. Ce cadre juridique vise à promouvoir la coopération à long terme en établissant des relations mutuellement bénéfiques afin d'augmenter les investissements dans le secteur de l'énergie dans la région. Sur le plan commercial, le Protocole Énergie de la CEDEAO accorde, entre autres principes, l'accès des tiers au réseau ainsi qu'un droit de transit de l'énergie.

Le Mali est également membre de l'Union Économique et Monétaire Ouest Africain (UEMOA), qui compte huit pays de l'Afrique de l'Ouest.<sup>2</sup> L'UEMOA a pour objectif d'atteindre, d'ici 2030, 82 % d'électricité provenant d'énergies renouvelables, en incluant les grandes centrales hydroélectriques. En ce qui concerne la transition énergétique, l'UEMOA a mené une étude sur l'implantation de grandes centrales solaires, identifiant cinq sites, dont le Mali, pour une capacité totale de 574 mégawatts (MW), dont la mise en service est prévue d'ici 2030. Cependant, étant donné les limites du réseau interconnecté, l'étude recommande de restreindre la capacité à approximativement 22 mégawatt crête (MWC) par site.

Le Mali fait également partie du Comité Inter-état de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS), composé de treize pays<sup>3</sup> de la zone soudano-sahélienne. Sous la direction du programme solaire régional du Comité Inter-état, 151 installations solaires de pompage d'eau et 33 installations solaires domestiques ont été installées au Mali.

Le Mali est membre de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS), qui comprend aussi la Guinée, la Mauritanie et le Sénégal. L'OMVS facilite la gestion régionale des ressources en eau pour la production d'électricité, dans un effort d'augmenter, entre autres objectifs, la sécurité alimentaire et de réduire la pauvreté conformément aux politiques des pays membres. L'OMVS a systématiquement mis en œuvre le principe de partage équitable des ressources économiques entre pays membres dans le bassin du fleuve Sénégal, y compris la propriété des infrastructures du bassin et les bénéfices des ressources en eau.

Au sein de cette organisation, le Mali participe à la construction et au développement des centrales hydroélectriques de Manantali et Félou, mises en service respectivement en 2001 et 2013. La centrale hydroélectrique de Manantali a le potentiel de produire 800 gigawattheures (GWh) par an, et possède plus de 1500 kilomètres (km) de lignes de transport à 225 kilovolt (kV), une avancée majeure dans le domaine de l'énergie.

<sup>1</sup> Bénin, Burkina Faso, Cap-Vert, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Liberia, Mali, Niger, Nigeria, Sénégal, Sierra Leone, Gambie, Togo.

<sup>2</sup> Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée-Bissau, Mali, Niger, Sénégal, Togo

<sup>3</sup> Bénin, Burkina Faso, Cap-Vert, Tchad, Côte d'Ivoire, Guinée, Guinée-Bissau, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Gambie, Togo.

Figure 3. Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain



Source: WAPP, 2017

Clause de non-responsabilité : Les frontières et les noms indiqués sur cette carte n'impliquent aucune approbation ou acceptation de la part d'IRENA.

EDM S.A. est membre du Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain (EEEOA) (figure 3), une institution spécialisée de la CEDEAO, créée en 1999 dans le but d'harmoniser les systèmes électriques nationaux de la région, et de fournir un approvisionnement en électricité stable, fiable et à des prix compétitifs. La réhabilitation de la centrale hydroélectrique de 60 MW de Félou visant à approvisionner en électricité le Sénégal, le Mali et la Mauritanie, est l'un des multiples projets soutenus par l'EEEOA.

Mali is a member of the ECOWAS Regional Electricity Regulatory Authority. This entity regulates the cross-border exchange of electricity and supports the national electricity regulators of member states.

L'interconnexion transfrontalière entre le Mali et le Sénégal permet de transporter l'électricité depuis la centrale hydroélectrique de Manantali, ce qui présente un intérêt multinational. Outre la mise en place d'une ligne 225 kV entre le Mali et la Côte d'Ivoire en 2012, d'autres interconnexions (comme Mali - Guinée en cours) sont prévues afin de limiter la demande non-satisfaite et de réduire le coût de production moyen de l'électricité. Étant donné le potentiel hydroélectrique de la région, il est possible que la part des énergies renouvelables (principalement hydroélectrique, quelle que soit la taille de l'installation) augmente dans le bouquet énergétique.

Dans le but de soutenir la création d'un marché régional de l'électricité en collaboration avec l'Autorité de Régulation Régionale du secteur de l'Électricité de la CEDEAO, le Centre pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO (CEREEC) et l'EEEOA, l'IRENA a lancé l'initiative du Couloir Ouest-Africain de l'Énergie Propre (WACEC). Né des efforts actuels dans la région, le WACEC promeut le développement des énergies renouvelables à grande échelle et leur intégration dans les systèmes électriques ouest-africains.

Les Ministres de l'Énergie détachés au Comité technique spécialisé sur les transports, les infrastructures transcontinentales et interrégionales, l'énergie et le tourisme de l'Union africaine ont recommandé, en avril 2019, que les états membres et les corps régionaux et continentaux intègrent le concept de couloir d'énergie propre à leurs programmes relatifs aux énergies renouvelables et au changement climatique, ainsi que dans la conception, la mise en œuvre et la mise à jour des initiatives et programmes régionaux et continentaux pour soutenir la transition du continent vers des systèmes énergétiques plus durables, fiables et abordables.

Le Mali a établi des relations avantageuses avec le CEREEC, et en juin 2016, AER-Mali, en partenariat avec le CEREEC, a soutenu le renforcement des capacités des petites et moyennes entreprises et des organisations non-gouvernementales leur permettant ainsi de produire et de diffuser des moyens de cuisson propre par le biais de cuisinières et de combustibles. L'effort englobe tous les aspects de la chaîne de valeur de la cuisson propre. Concernant l'électrification rurale, le CEREEC a soutenu le Mali dans la réalisation de l'étude de pré-faisabilité du projet d'électrification de 97 localités rurales. En outre, le CEREEC a appuyé en 2015 le gouvernement du Mali pour l'élaboration d'un modèle de Dossier d'Appel d'Offres type BOOT pour le développement des centrales d'énergies renouvelables raccordées au réseau national.

Le Mali est membre de l'Autorité de Régulation Régionale du secteur de l'Électricité de la CEDEAO. Cette entité régule les échanges transfrontaliers d'électricité et soutient les régulateurs nationaux du secteur de l'électricité des états membres.

## 2.2. Offre et demande d'énergie au Mali

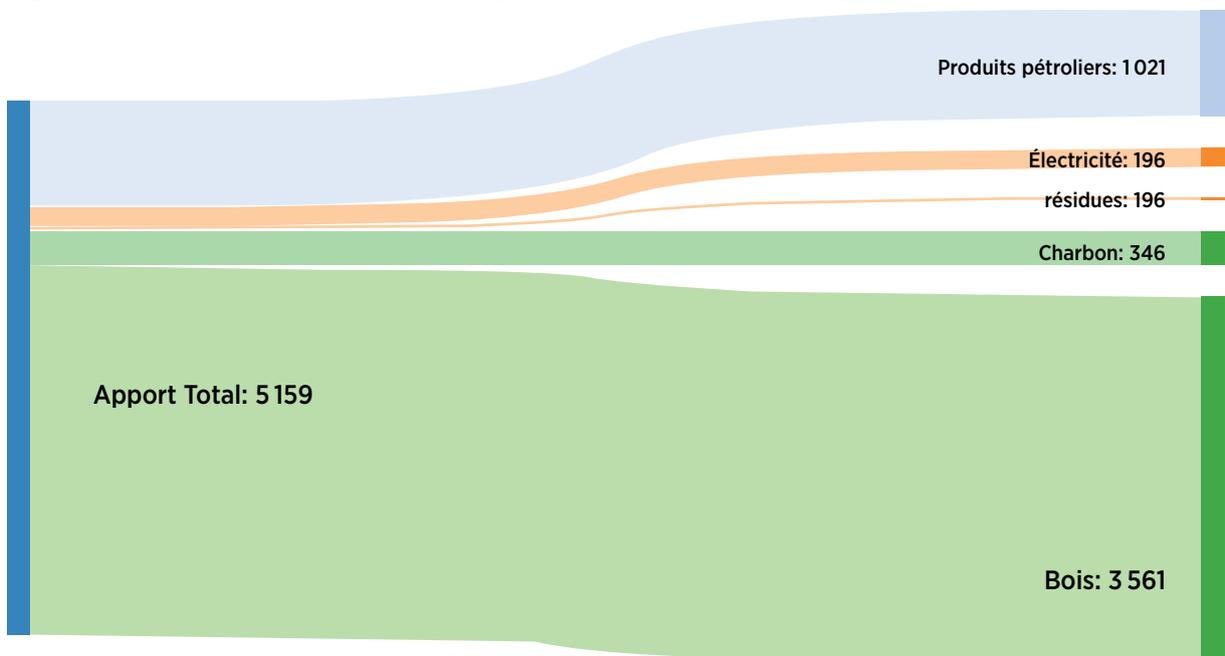
Comme dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, la biomasse (principalement sous forme de bois de chauffage) est la première source d'énergie (figure 4). Le Mali ne dispose pas de ressources avérées en hydrocarbures ni de raffineries. Par conséquent, les produits pétroliers sont totalement importés à partir des pays côtiers voisins, ce qui a un impact sur la balance des paiements du pays. En tant que pays enclavé et occupant une position centrale avec sept pays frontaliers, le Mali doit engager d'importants frais de transport. La demande en énergie a évolué plus vite que le PIB et si la tendance ne s'inverse pas, cela aura un impact majeur sur l'approvisionnement en énergie et le développement économique.

L'approvisionnement total en énergie primaire du Mali en 2014<sup>4</sup> atteignait 5.1 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep), dont 3.6 Mtep (69 %) proviennent du bois et 7 % du charbon. La part des résidus de la biomasse est limitée (< 0,5 %), provenant principalement de l'agriculture et de la foresterie. Les produits pétroliers comptent pour 1.02 Mtep (20 %), principalement l'essence et le diesel consommés dans le secteur des transports. La part de l'électricité, y compris les importations, ne représente que 3.8 % de l'approvisionnement total en énergie.

Les analyses sur l'approvisionnement total en énergie primaire indiquent une dépendance, dans une large mesure, vis-à-vis des forêts nationales non durables, des produits pétroliers importés et, dans une plus faible mesure, des importations d'électricité de la Côte d'Ivoire. En matière de consommation énergétique, le secteur résidentiel (72.5 %) et le secteur du transport (13.5 %) représentaient 86 % de la demande totale en 2014 (figure 2).

La consommation totale d'énergie par le secteur résidentiel est indiquée sur la figure 5. Les analyses menées sur la consommation totale des ménages mettent en évidence une forte dépendance à la biomasse, principalement le bois de chauffage (84 %), et dans une moindre mesure le charbon (14 %), ainsi qu'une contribution très faible de l'électricité et des combustibles modernes (par exemple, le gaz de pétrole liquéfié (GPL)). L'utilisation de la biomasse traditionnelle a des impacts négatifs sur l'environnement et la santé. Les problèmes environnementaux qui touchent le Mali en raison d'une exploitation non-durable du bois englobent la désertification et la déforestation. Les femmes et les enfants, qui sont le plus souvent impliqués dans les tâches ménagères, sont davantage susceptibles de souffrir d'infections causées par la fumée de bois. Toutefois, le Mali est l'un des seuls pays à avoir développé des marchés ruraux d'énergie du bois visant à limiter l'impact de la déforestation et d'augmenter les revenus en zones rurales. Dans le secteur des transports, les principales sources de consommation sont l'essence et le diesel.

Figure 4. Approvisionnement total en énergie primaire par source d'énergie en 2014 (ktep)

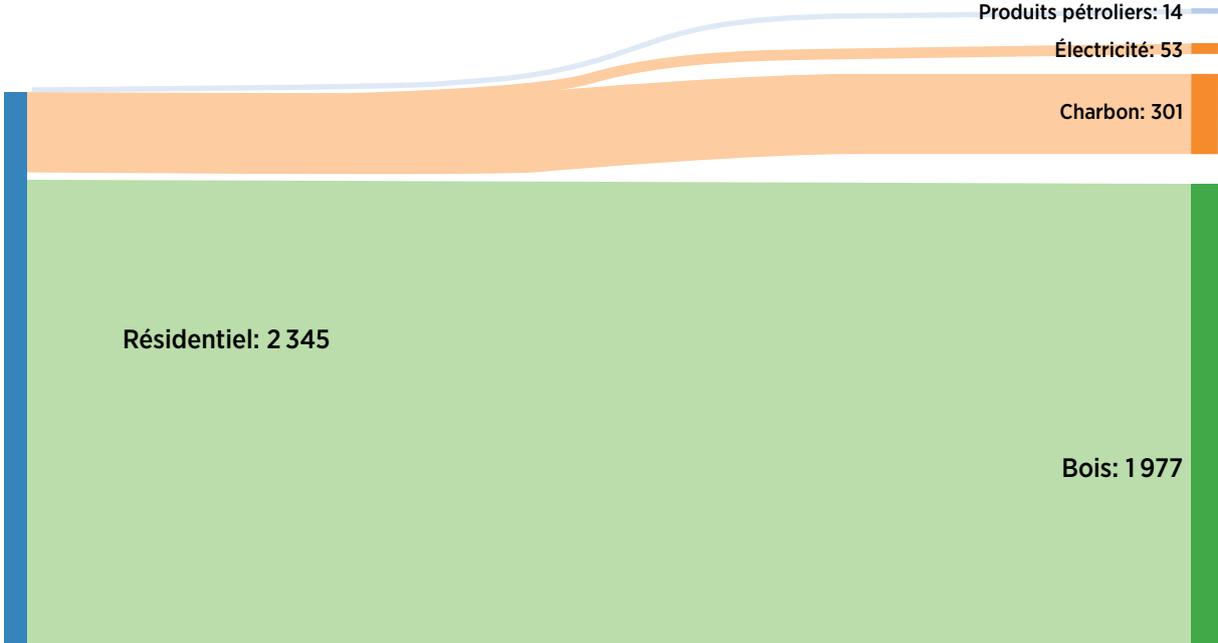


Source: d'après les dernières données disponibles du Système d'Information Énergétique (2014), et du Ministère de l'Énergie et de l'Eau/Direction Nationale de l'Énergie.

ktep = milliers de tonnes équivalent pétrole

<sup>4</sup> Les informations concernant l'approvisionnement et la demande énergétiques au Mali sont basées sur la dernière balance énergétique disponible, datant de décembre 2016, publiée par le Ministère de l'Énergie du Mali.

Figure 5. Consommation résidentielle en énergie par source d'énergie en 2014 (ktep)

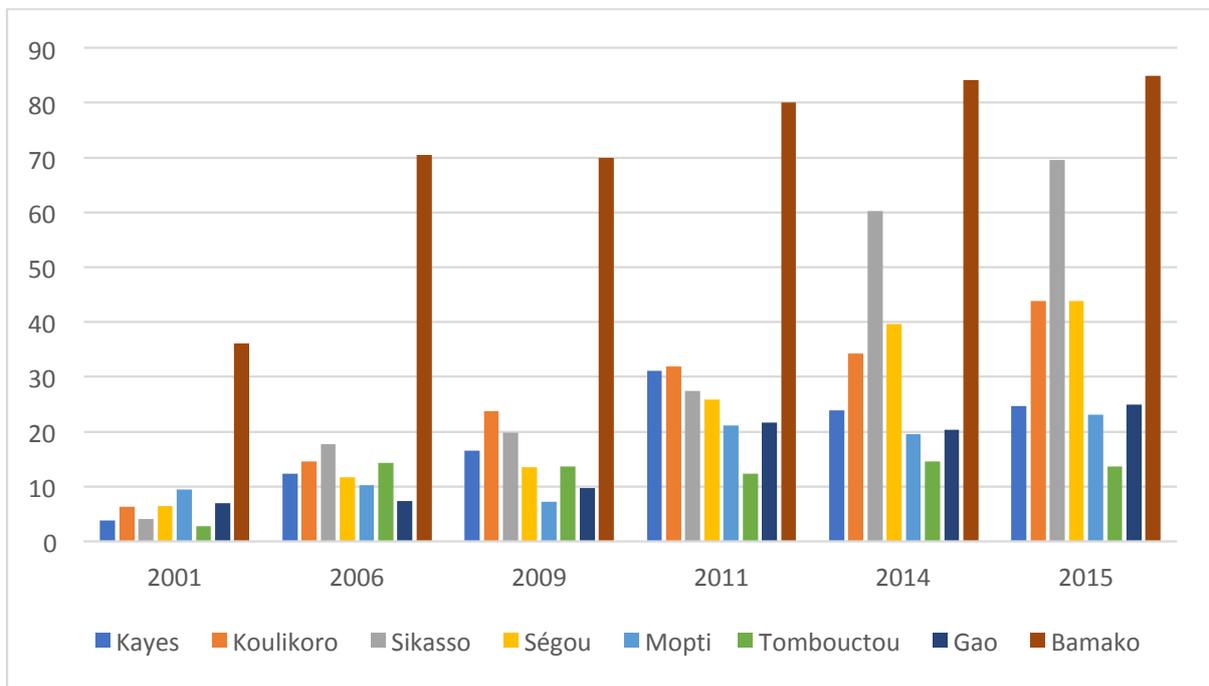


Source : d'après les dernières données disponibles du Système d'Information Énergétique (2014), et du Ministère de l'Énergie et de l'Eau/Direction Nationale de l'Énergie.

ktep = milliers de tonnes équivalent pétrole



**Figure 6. Accès à l'électricité au Mali 2001-2015 (%)**



Sources : Enquête Malienne sur l'Évaluation de la Pauvreté (EMEP) (2001), Enquête Légère Intégrée (ELIM) (2006), Enquêtes par Grappes à Indicateurs Multiples/Enquête Légère Intégrée auprès des Ménages (MICS-ELIM) (2009), Enquête Modulaire et Permanente auprès des Ménages (EMOP) (2011), EMOP (2015) et Institut national de la statistique (INSAT) (mai 2016).

L'accès à l'électricité est crucial dans l'effort visant à réduire la pauvreté et représente un élément majeur de la croissance de la productivité économique. L'accès au Mali est l'un des plus faibles au monde, avec de fortes disparités entre les zones urbaines et rurales (figure 6).

En 2015, le taux d'accès à l'électricité était de 41 % (IEA, 2017), soit quatre fois plus important qu'en 2001. À Bamako, il était d'environ 85 %, même s'il restait en-dessous de 50 % dans les régions de Kayes et de Tombouctou, où ce chiffre se situe respectivement à 25 et 13 %. Le faible niveau d'accès à l'électricité dans les régions qui ne sont pas encore raccordées au réseau national offre des opportunités positives de déploiement d'énergies renouvelables à grande échelle.

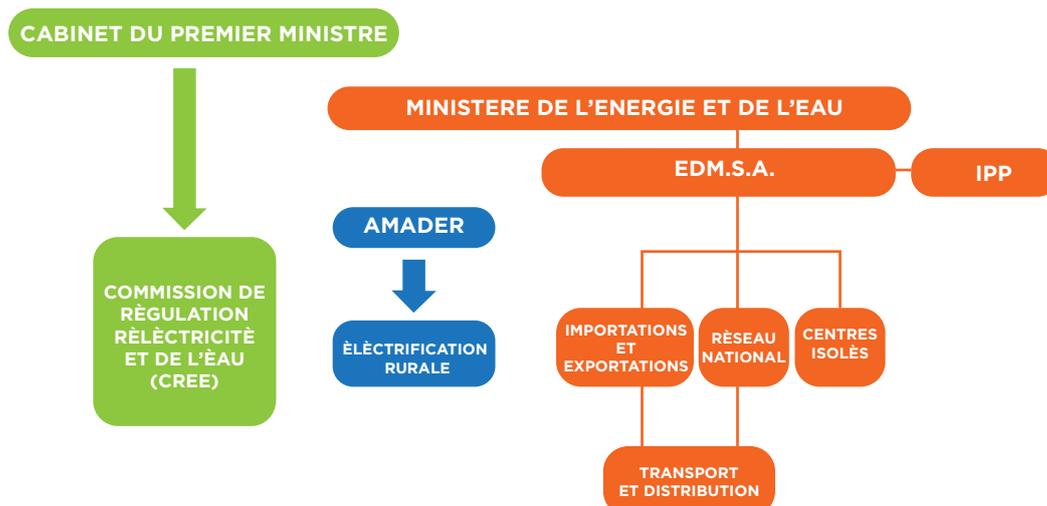
En ce qui concerne les combustibles modernes pour la cuisson, l'accès est extrêmement faible et atteint à peine 2 % en zones rurales et 3 % en ville. En cause, la pauvreté et le prix relativement bas de la biomasse combiné au prix élevé du GPL et autres combustibles alternatifs. Ce modèle de consommation représente une menace majeure pour la durabilité des ressources en biomasse.

Par ailleurs, les inefficacités présentées tout au long de la chaîne d'approvisionnement (production, transformation, transport et consommation) favorisent l'augmentation de l'exploitation non durable des ressources forestières naturelles.

La consommation de GPL par habitant d'Afrique de l'Ouest est parmi les plus faibles du monde, et la consommation en valeurs absolues n'a pas augmenté de manière significative depuis 2009. Compte tenu de la croissance démographique, cela se traduit par une diminution de la consommation par habitant sur cette période.



Figure 7: Structure du secteur de l'énergie du Mali



### 2.3. Production, transport et distribution d'énergie

Entre 1960 et 1999, la société d'électricité publique EDM S.A. exerçait de jure un monopole sur la production, le transport et la distribution d'électricité. Le capital d'EDM était partagé entre l'État malien (à près de 98 %) et la société française Électricité De France (à près de 2 %). Entre 1998 et 2000, le GdM a entrepris une grande réforme du sous-secteur de l'électricité afin de remédier aux contre-performances constantes du sous-secteur de l'électricité. En 2000, EDM a été partiellement privatisée pour former un consortium incluant le français SAUR (filiale de Bouygues S.A.) (47 %) et le groupement Industrial Promotion Services (filiale du Fonds Aga Khan pour le développement économique) (13 %).

Les centrales hydroélectriques sont quant à elles restées la propriété de l'État malien. En 2005, SAUR a revendu ses parts d'EDM à d'autres parties et l'État a récupéré 66 % du contrôle de l'entreprise (AfDB, 2015). Les parts restantes restaient aux mains du groupe Industrial Promotion Services West Africa. En juillet 2018, l'État a repris le contrôle total du fournisseur.

Le système électrique du Mali comprend un réseau interconnecté détenu et exploité par EDM, qui approvisionne 35 villes, dont Bamako. EDM S.A. gère également 31 centres de production isolés<sup>5</sup> alimentés par des groupes électrogènes diesel, et deux centres approvisionnés par le réseau moyenne tension de la Côte d'Ivoire. EDM est responsable des échanges transfrontaliers d'électricité (exportation et importation), ainsi que de tous les achats d'énergie auprès de producteurs indépendants. L'Agence Malienne pour l'Énergie Domestique et l'Électrification Rurale (AMADER) supervise l'électrification rurale des installations inférieures à 250 kW, et assure de facto la régulation de l'électrification rurale (figure 7).

#### Production d'électricité

Les principales centrales de production d'énergie sont hydroélectriques et thermiques.<sup>6</sup> Malgré la présence de différents systèmes hybrides (solaire et diesel, par exemple), la part des énergies renouvelables reste faible, à l'exception des grandes centrales hydroélectriques.

Tableau 1. Puissance installée sur le réseau classique du Mali

HYDROÉLECTRICITÉ				CENTRALE THERMIQUE		
Plant	Capacité (MW)	Capacité du réservoir (m <sup>3</sup> )	Propriété/ Exploitant	Centrale	Capacité (MW)	Propriété/ Exploitant
Sélingué	47	2 630 000 000	EDM	Darsalam	36.6	EDM
Sotuba	5.7	Run of river	EDM	Balingué	24.32	EDM
Manantali <sup>7</sup> (52 % share)	104*	11 300 000 000	SOGEM	IDB (Baligué)	71.6	EDM
Felou (45 % share)	27*	Run of river	SOGEM	SOPAM	56	SOPAM (PIE)
<b>Total</b>	<b>183.7</b>				<b>176.5</b>	

Notes : SOGEM = Société de Gestion de l'Énergie de Manantali, IDB = Islamic Development Bank et PIE = Producteur indépendant d'électricité.

<sup>5</sup> Dans le contexte du système de production d'énergie malien, les centres isolés font référence aux systèmes de production d'énergie des grandes zones urbaines non couvertes par le réseau national qui sont tout de même gérés par le fournisseur d'électricité national, EDM.

<sup>6</sup> Diesel et fioul lourd.

<sup>7</sup> Manantali est une centrale électrique détenue par plusieurs pays d'une capacité de 200 MW, dont 104 MW pour le Mali. Félo est une centrale électrique partagée d'une capacité de 60 MW, dont 27 MW pour le Mali.

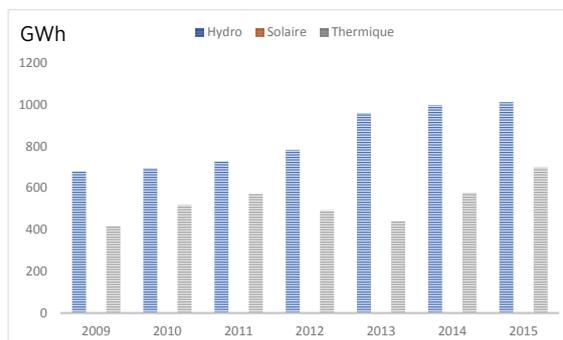
Le Mali bénéficie d'une capacité garantie minimale de 30 MW de la Côte d'Ivoire, augmentée à 50 MW suite à un accord (EDM, 2017). En 2017, les importations depuis la Côte d'Ivoire ont atteint 333.18 GWh, ce qui représente un excédent de 16 % de l'électricité totale produite pour approvisionner le réseau national. En ce qui concerne les centres isolés, la capacité installée totale s'élevait à seulement 70 MW en 2015, en baisse par rapport aux 75 MW de 2014 en raison du démantèlement de plusieurs centrales diesel. L'électricité des centres isolés provient de petites unités de production électrique (0.74-14.5 MW), ce qui représente environ 7.6 % de la production totale de l'EDM.

En zone rurale, l'accès de la population à électricité reste extrêmement faible. En 2015, environ 16.7 % de la population seulement avait accès à l'électricité, éclairage public compris (PANER, 2015). La part des énergies renouvelables et des systèmes hybrides est estimée à 4.3 %. Les solutions renouvelables ou hybrides décentralisées peuvent constituer l'alternative la moins coûteuse pour l'électrification rurale. La Banque mondiale, par l'entremise de l'AMADER, a lancé le projet de d'électrification rurale par systèmes hybrides pour étendre l'accès aux services énergétiques modernes dans les zones rurales. Ce projet vise à augmenter la capacité de production d'énergies renouvelables des centrales électriques rurales existantes qui approvisionnent les mini-réseaux ruraux, ainsi qu'à développer de nouvelles centrales solaires pour une puissance totale attendue d'environ 4.8 MWh grâce à des systèmes hybrides (panneaux PV, onduleurs, batteries et électroniques de commande), mais aussi grâce à une extension et une densification des mini-réseaux (Banque Mondiale, 2017c).

Étant donné les limites du réseau interconnecté, les centres isolés, ainsi que de nombreuses entreprises, principalement du secteur minier, produisent leur propre électricité. Le diesel est le principal combustible utilisé pour l'autoproduction d'électricité. Le coût de production des générateurs diesel est particulièrement élevé, ce qui crée des opportunités pour la décentralisation des énergies renouvelables. Environ 56 GWh étaient produits en 2014 par les producteurs autonomes, dont 4.5 GWh provenaient de déchets et de résidus agricoles (SIE, 2014).

La production d'électricité, qui provient en grande partie de l'énergie thermique (figure 8), tire les coûts de production vers le haut en raison des fluctuations du prix des combustibles, alors que l'hydroélectricité est impactée par le changement climatique. Les autres sources d'EnR de production d'électricité sont limitées aux petits systèmes PV, même si plusieurs importantes centrales PV raccordées au réseau sont en cours de construction dont celle dans le Cercle de Kita est présentée ci-dessous (encadré 1).

**Figure 8: Production d'électricité par source d'énergie du Mali (en gigawattheures)**



Source: EDM (2016)

#### Encadré 1: Centrale solaire de Kita de 50 mégawatts

- Investissements : 89.2 millions USD
- Mécanisme : Modèle CPET
- Actionnaires : Akuo Energy, R20
- Détails techniques : 76 gigawattheures/an, 186 000 modules photovoltaïques
- Emploi : 450 emplois directs tout au long du projet
- Émissions de CO<sub>2</sub> évitées : 51 700 tonnes/an
- Mise en service : prévue pour 2019

Notes : CPET = (Construction, Possession, Exploitation, Transfert)  
Source : (GlobalData, 2019)

#### Transport et distribution

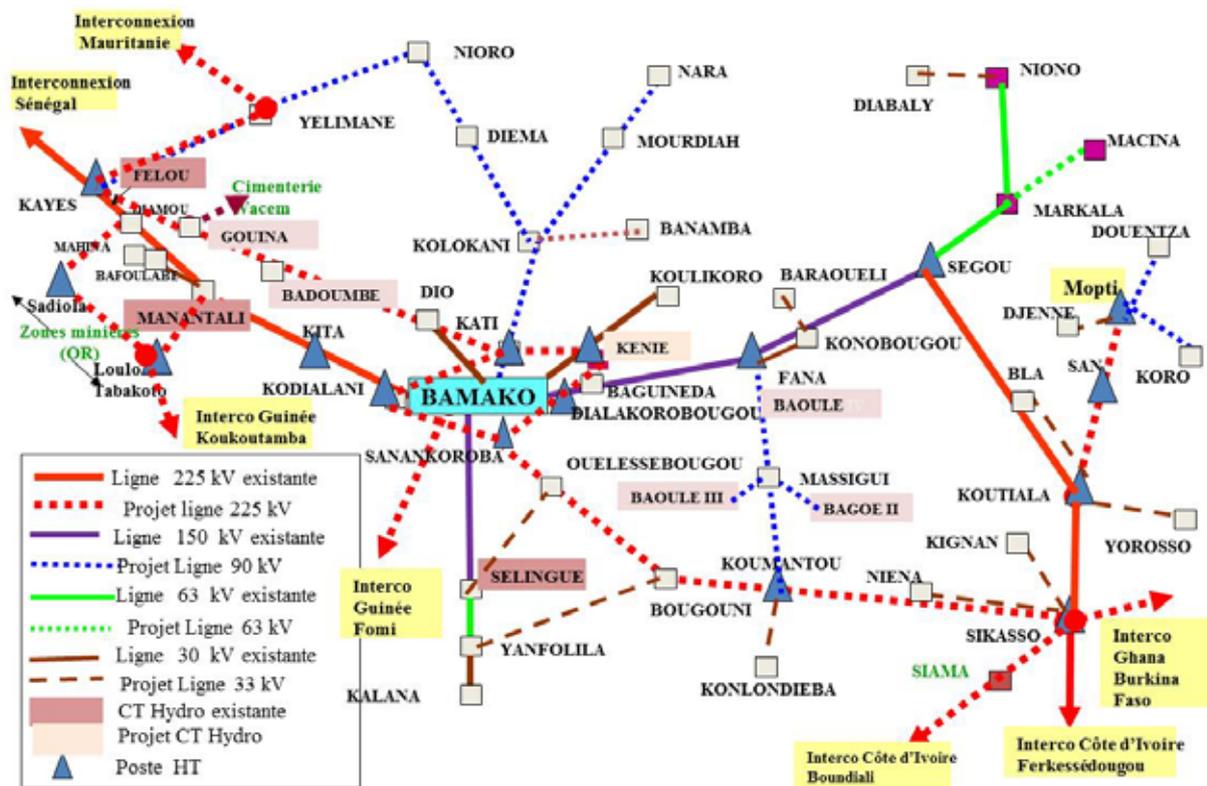
Le réseau existant (tableau 2) est principalement constitué d'une ligne 150 kV reliant Bamako à Fana et Ségou à l'Est de la centrale hydroélectrique de Sélingué, d'une ligne 63 kV reliant les villes de Ségou et de Niono et d'une ligne 225 kV (exploitée par la Société de Gestion de l'Énergie de Manantali (SOGEM) depuis la centrale hydroélectrique de Manantali qui relie également Bamako aux villes de Kayes et de Kita). Dans le cadre de l'interconnexion avec la Côte d'Ivoire, une deuxième ligne 225 kV partant de la ville de Ferkessédougou a étendu le réseau du Mali aux villes de Koutiala et Sikasso en les reliant à la ligne 150 kV Bamako-Fana-Ségou à Ségou (figure 9).

Les pertes totales techniques et non techniques dans le secteur de l'électricité restent élevées. Elles s'élevaient à environ 20 % sur la période de 2014-2010 (DNE, 2016).

Tableau 2: Caractéristiques principales du réseau de transport interconnecté et de distribution du Mali, 2016

Villes/centres raccordés	Tension du réseau	Raccordement
35	225 kilovolts (kV)	Côte d'Ivoire-Sikasso-Koutiala-Ségou: 389 kilometres (km)
	225 kV	Bamako-Kita-Kayes
	150 kV	Bamako-Fana-Ségou: 376 km
	66 kV and 63 kV	Segou-Niono
	30 kV	392 km
<b>Distribution (basse tension)</b>	<b>6 808 km</b>	

Figure 9. Réseau électrique national du Mali



Source: Énergie du Mali S.A. (2019).

**Tableau 3:** Tarification par prépaiement et post-paiement du réseau raccordé du Mali

Tarification par prépaiement			
5 ampères monophasés			
Bande 1	Bande 2	Bande 3	Bande 4
1-50 kWh/mois	51-100 kWh/mois	101-200 kWh/mois	> 201 kWh/mois
USD 0.11/kWh	USD 0.18/kWh	USD 0.25/kWh	USD 0.25/kWh
10-60 ampères monophasés			
kVA	Bande 1	Bande 2	
	101-200 kWh/mois	> 200 kWh/mois	
2.2-13.2	USD 0.21-0.22/kWh	USD 0.21-0.25/kWh	
10-30 ampères triphasés			
kVA	Bande 1	Bande 2	
	101-200 kWh/mois	> 200 kWh/mois	
6.6-19.8	USD 0.21-0.23/kWh	USD 0.25-0.27/kWh	
Tarification par post-paiement			
Tarification sociale (2 fils de 5 ampères)			
Bande 1*	Bande 2*	Bande 3	Bande 4
1-50 kWh/mois	51-100 kWh/month	101-200 kWh/month	>201 kWh/month
USD 0.11/kWh	USD 0.18/kWh	USD 0.20/kWh	USD 0.24/kWh
Tarification normale (2 fils > 5 ampères et compteurs 4 fils)			
Bande 1	Bande 2		
1-200 kWh/mois	> 201 kWh/month		
USD 0.20/kWh	USD 0.24/kWh		

Source : EDM S.A. (2018)

\*Les bandes 1 et 2 pour la tarification sociale ne sont pas soumises à la taxe sur la valeur ajoutée.

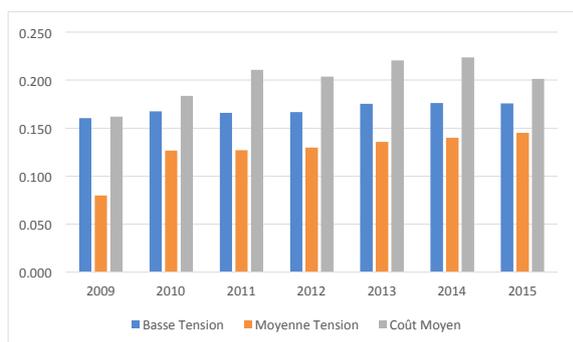
Notes : kWh = kilowattheure, kVA = kilovolt-ampère. À l'exception des tarifs sociaux pour une consommation inférieure à 50 kWh/mois, les tarifs sont particulièrement élevés au Mali en raison des importants coûts de production des centrales thermiques et, dans une certaine mesure, des problèmes de gestion résultant de pertes techniques et non techniques significatives.

## Tarification

Pour renforcer la pénétration des compteurs à prépaiement, EDM propose deux grandes catégories de tarification: à prépaiement et à post-paiement. La tarification dépend de plusieurs paramètres (comme la consommation, la tension et la puissance souscrite) pour chaque catégorie. Le tableau 3 ci-dessous présente une vue d'ensemble de la tarification de l'électricité d'EDM.

En 2014 et 2015, les coûts de production moyens par kWh atteignaient respectivement 0.23 et 0.20 USD, ce qui est particulièrement élevé (figure 10). Les prix de vente moyens sont également excessifs, même s'ils restent bien en dessous des coûts moyens de production pour les tensions basse, moyenne et haute. Les combustibles utilisés pour la production d'énergie, ainsi que les tarifs appliqués aux utilisateurs finaux, sont subventionnés par le GdM. Le montant total des subventions perçues par EDM s'élevait à 106.7 millions USD en 2014, à 78.5 millions USD en 2015 et à 62.9 millions USD en 2016. Une tarification élevée crée des opportunités pour les énergies renouvelables et explique, dans une large mesure, le développement des projets solaires PV.

**Figure 10. Évolution des coûts de production moyens d'Énergie du Mali et tarification pour basse et moyenne tensions (en centimes USD)**



Source: Adapté des rapports annuels d'EDM  
Note: kWh = kilowattheure.

## 2.4. Potentiel et utilisation des énergies renouvelables

### Biomasse

La biomasse est un dérivé de ressources forestières et de résidus agricoles, entre autres. Concernant les ressources forestières, la diversité écologique du Mali comprend des sites forestiers composés de savane au Nord, de brousse tigrée sur 25 % de la surface sud et de forêts dans la zone soudano-guinéenne à l'Ouest. Le domaine forestier national s'étend sur une surface d'environ 100 millions d'hectares (ha), dont approximativement 32 millions constituent la majeure partie des ressources en bois. La zone d'exploitation contrôlée dépasse 350 000 ha. Les zones forestières et leur productivité sont en déclin constant, principalement en raison de la consommation de bois combustible, du pastoralisme et du déboisement au profit de l'agriculture (SIE, 2014).

D'après le rapport « Mali Forest Information and Data » l'exploitation de bois combustible et de charbon, qui constituent les principales ressources énergétiques des ménages, est estimée à 5 millions de tonnes par an (pour une exploitation de 400 000 ha). Ces chiffres devraient dépasser les 7 millions de tonnes, ou 560 000 ha, dans un futur proche. Le principal défi consiste à assurer une utilisation durable de cette ressource, qui doit inclure une transition partielle de combustible vers des sources d'énergies modernes, afin de respecter le rythme de productivité des forêts naturelles.

En ce qui concerne les résidus agricoles, la base de données de l'IRENA fournit des chiffres en termes de capacité et de potentiel de production d'électricité dans le pays (tableau 4). Ces chiffres se basent sur des hypothèses de conversion en énergie, de facteur de charge et de croissance d'exploitation jusqu'en 2050.

Il s'agit notamment du potentiel théorique de puissance installée et de production d'électricité. Des analyses complémentaires doivent être menées pour identifier les résidus agricoles qui pourraient être exploités de façon durable et rentable.

**Tableau 4. Capacité potentielle pour la production d'électricité à partir de résidus agricoles du Mali, 2010-2050**

	2010	2020	2030	2040	2050
Exploitation de résidu (tonnes métriques)	10.8	13.7	17.4	21	25.3
Traitement de résidu (tonnes)	1.5	2	2.5	3.0	3.6
Demande de résidu pour le bétail (tonnes métriques)	2.5	3.0	3.6	4.6	5.9
Résidu disponible pour bioénergie (tonnes métriques)	9.9	12.7	16.3	19.4	23.0
Résidu disponible pour la bioénergie (quadrillion de joules - primaire à 15 mégajoules/kilogramme)	148	190	245	291	345
Production d'énergie (gigawattheure à rendement de conversion de 25 %)	10 627	13 185	16 988	20 189	23 960
Puissance installée (gigawatt à facteur de charge de 90 %)	1.3	1.7	2.2	2.6	3.0

Source: Estimations de l'IRENA

## Biocarburants

Au Mali, les biocarburants regroupent le bioéthanol issu de l'industrie sucrière et l'huile de jatropha. Le tableau 5 précise les objectifs de déploiement de ces deux produits.

Les attentes en matière de biocarburants, en particulier concernant le jatropha, sont remises en question au niveau national pour plusieurs raisons, notamment leur vulnérabilité face aux facteurs extérieurs au marché, ainsi que leur faible rendement qui ont compromis la rentabilité de toute la chaîne de valeur. Par ailleurs, la réduction globale des niveaux de prix du pétrole depuis 2013 a nui à la compétitivité des biocarburants en tant qu'alternative.

## La baisse des prix du pétrole a affecté la compétitivité des biocarburants

**Tableau 5.** Objectifs de mélange de biocarburant du Mali, 2010–2030 (%)

	2010	2020	2030	2040	2050
Part de l'éthanol dans la consommation d'essence	0.19	10.83	11	21	25.3
Part du biodiesel dans le diesel et le carburant diesel distillé	0.02	4	5.4	3.0	3.6



## Hydroélectricité

Actuellement, l'hydroélectricité représente une part importante de la puissance installée et de la production d'électricité. Il reste cependant un potentiel inexploité considérable. Une partie de ce potentiel nécessiterait des études supplémentaires et une partie est déjà en cours de développement. La capacité hydroélectrique potentielle est estimée à 1050 MW, pour une production d'énergie moyenne annuelle d'environ 5 000 GWh. Le tableau suivant récapitule l'état du potentiel hydroélectrique du Mali.

une part considérable du potentiel hydroélectrique n'est toujours pas exploitée

**Tableau 6.** État du potentiel hydroélectrique du Mali

ACTUELLEMENT EN COURS DE DÉVELOPPEMENT			
Centrale hydroélectrique	Puissance installée (Mégawatt)	Production (Gigawattheure)	Capacité du réservoir (Mètres cubes)
Taoussa	20	100	3 150 000
Sotuba II	6	20-30	Au fil de l'eau
Markala	10	45	175 000 000
Kénié	42	188	Au fil de l'eau
Gouina	140	320	Au fil de l'eau
<b>Total</b>	<b>218</b>	<b>673-683</b>	
PRÉFAISABILITÉ			
Centrale hydroélectrique	Puissance installée (Mégawatt)	Production (Gigawattheure)	
Labezanga	14-84	67	
Gourbassi	13	104	
Moussala	30	160	
Galougo	285	1 520	
<b>Total</b>	<b>342-412</b>	<b>1 851</b>	
EN COURS D'ÉTUDE			
Centrale hydroélectrique	Puissance installée (Mégawatt)	Production (Gigawattheure)	
Toubani	35	134	
Baoulé II	30	124	
Bakoye II	45	193	
Salambougou	10	40	
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>491</b>	

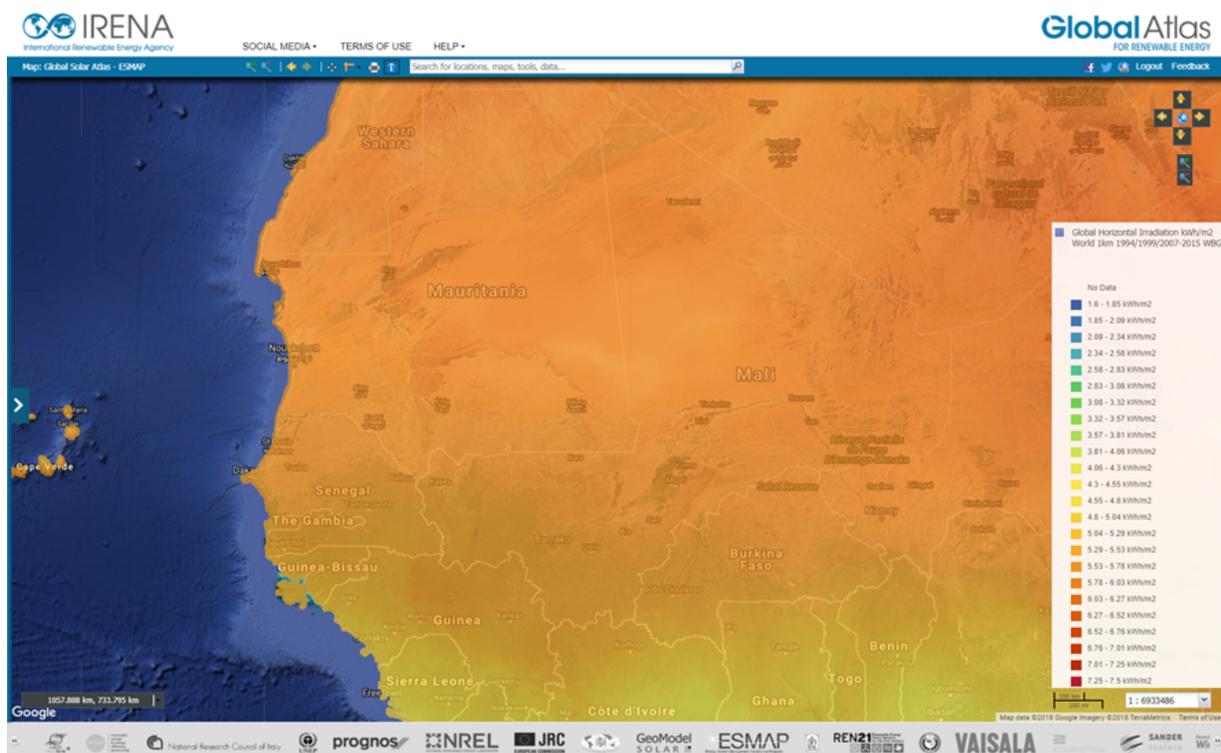
## Energie solaire

Les valeurs de la figure 11 indiquent qu'il existe une différence substantielle entre le Nord et le Sud en raison des variations saisonnières liées à la couverture nuageuse et à la position du soleil. Au Sud, où se trouve la plupart des activités et de la population, les données de rayonnement solaire collectées sur une longue période montrent que le rayonnement solaire quotidien moyen est supérieur à 5.5 kWh/mètre carré/jour, ce qui est suffisant pour déployer des solutions solaires rentables.

L'IRENA a mené une étude exhaustive sur les perspectives des EnR en Afrique de l'Ouest (IRENA, 2018) afin d'en évaluer le potentiel énergétique. Au-delà des cartes, les conclusions de l'étude mettent en avant la capacité future et/ou la production d'EnR du Mali. L'énergie solaire est subdivisée en fonction de technologies clés, à savoir l'énergie solaire concentrée et le PV, avec pour la première une capacité de 36.2 térawattheures et de 79.1 térawattheures pour la seconde.

Comme on peut s'y attendre, l'énergie solaire, en particulier solaire PV, présente le plus grand potentiel. Selon les données les plus fiables fournies par l'AER-Mali et la Direction Nationale de l'Énergie (DNE), la capacité installée totale en 2014 n'a pas dépassé 17 MW. En revanche, ce scénario pourrait changer de façon drastique si l'on se base sur la tendance mondiale de production solaire PV.

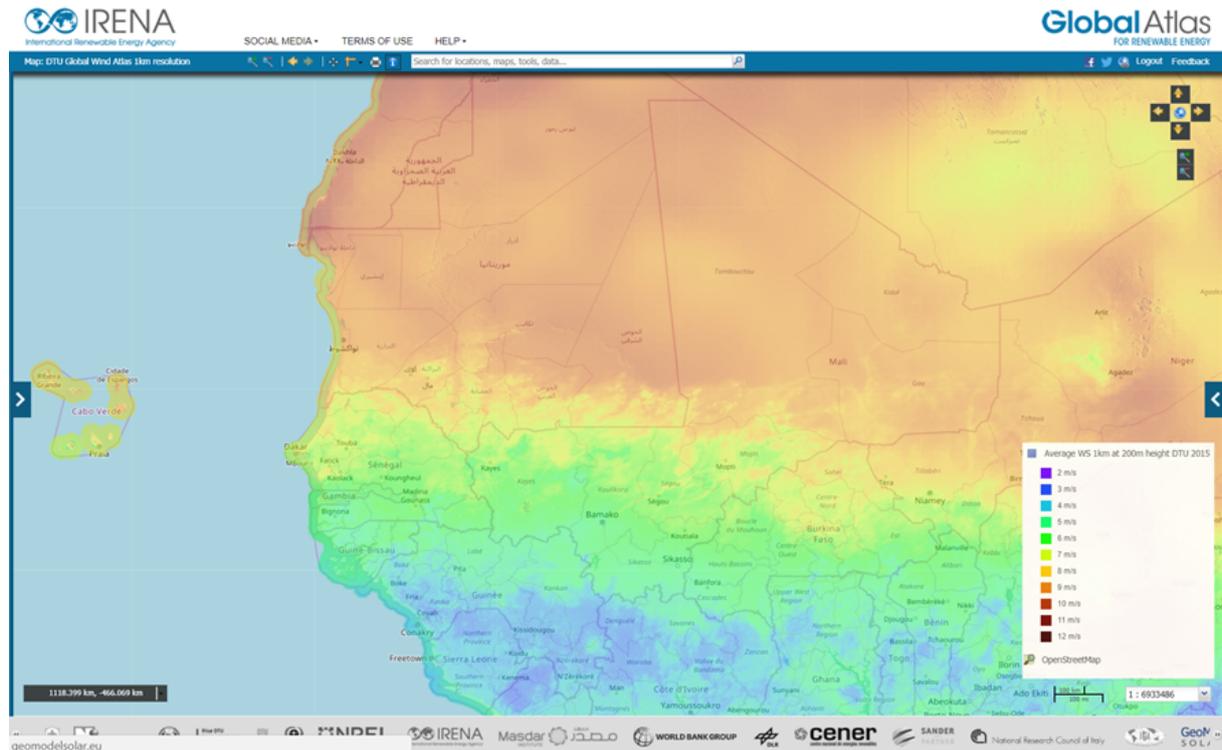
Figure 11: Carte solaire du Mali



Source: IRENA: Global Atlas, Carte d'Irradiation Solaire du Mali, 'World Bank ESMAP 2018', Couche de base 'Google Satellite Map 2018'.

Clause de non-responsabilité : Les frontières et les noms indiqués sur cette carte n'impliquent aucune approbation ou acceptation de la part d'IRENA.

Figure 12: Carte des vents du Mali



Source: IRENA: Global Atlas, Carte de la Vitesse Moyenne du Vent Entre 1 km et 200 m de Hauteur: 'DTU 2018', Couche de base 'OpenStreetMap contributors 2018'

Clause de non-responsabilité : Les frontières et les noms indiqués sur cette carte n'impliquent aucune approbation ou acceptation de la part d'IRENA.

### Energie éolienne

Les ressources éoliennes, en particulier dans le Sud, ne sont pas aussi prometteuses que le solaire (figure 12). La limite inférieure de vitesse du vent est généralement définie à 5 mètres/seconde pour une exploitation économiquement raisonnable des ressources éoliennes.

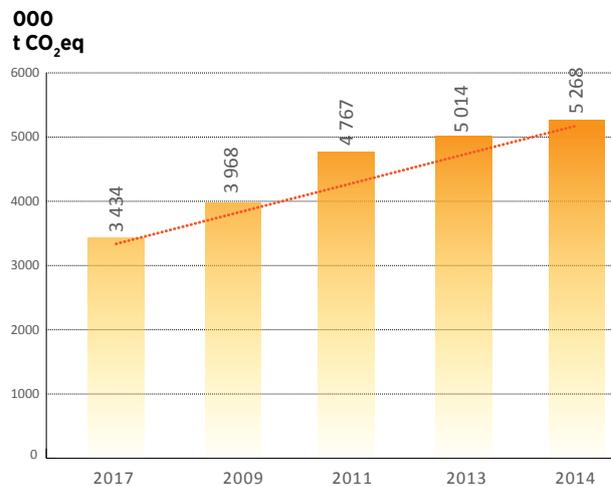
Des vitesses de vent supérieures à 5 mètres/seconde prévalent dans la partie du pays située au-dessus de 16 degrés de latitude nord, ce qui comprend les villes de Tombouctou et de Gao. En revanche, en raison de la faible densité de population dans ces zones, la demande sera, elle aussi, faible. Par ailleurs, le contexte politique et sécuritaire critique affectant le nord du Mali jouera un rôle déterminant dans le développement des projets éoliens.

### 2.5. Secteur de l'énergie et changement climatique

Le Mali s'est engagé à combattre le changement climatique en signant la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques en 1994 et le Protocole de Kyoto en 1999. Le total des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) du Mali, exprimés en CO<sub>2</sub>eq, reste relativement faible, atteignant 0.06 % du total mondial des émissions (GdM, 2015). Dans le cadre des trois Communications Nationales du Mali sur le Changement Climatique (GdM, 2000, MEA, 2011, GdM, 2015), des calculs détaillés d'émissions de GES ont été réalisés conformément à la méthodologie utilisée par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC).

Ces trois communications, associées à la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) du Mali (GdM, 2016), ont établi que l'énergie était le secteur produisant le plus d'émissions de GES, avec un chiffre en constante augmentation. Sur la période 2007-2014, les émissions issues de la production et de la consommation d'énergie sont passées de 3.43 millions de tonnes CO<sub>2</sub>eq à 5.26 millions de tonnes CO<sub>2</sub>eq, soit une augmentation annuelle de 6.4 % en moyenne (figure 13).

Figure 13: Émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'énergie du Mali, 2007-2014

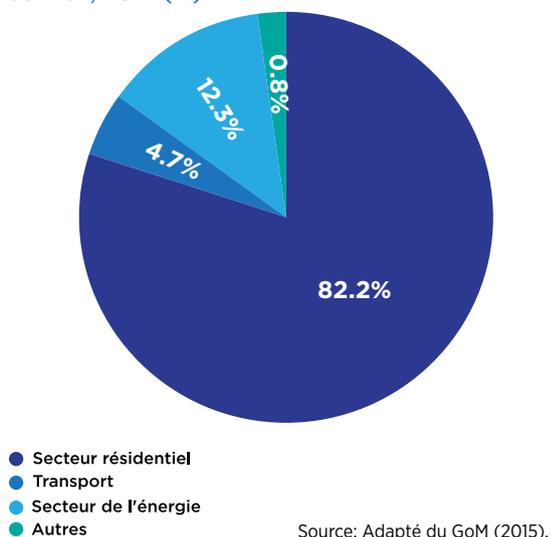


Source: Adapté du GdM (2015).

Entre 2007 et 2014, les émissions de GES ont subi une forte hausse, principalement en raison de l'augmentation de la consommation d'énergie. Le niveau d'émissions de GES par habitant reste cependant relativement faible comparé à de nombreux pays africains. Grâce à son domaine forestier, le Mali est un puits net de carbone clé et en tant que tel, le développement durable des ressources forestières est vital pour que la nation conserve une contribution positive en matière de séquestration du carbone.

En matière de sources énergétiques, la biomasse représente la principale source d'approvisionnement en énergie primaire totale du Mali. De plus, ce sous-secteur se caractérise par une très faible efficacité à cause de la transformation (bois en charbon) et de l'utilisation de l'énergie. Par conséquent, le secteur résidentiel, principal poste de consommation de biomasse, est responsable de plus de 82.2 % des émissions de GES dans le secteur de l'énergie. Les émissions des industries énergétiques, et particulièrement du secteur de l'électricité, comptent pour moins de 5 % (figure 14). La gestion de la future empreinte carbone du secteur de l'énergie avec une forte pénétration des énergies renouvelables dans le bouquet électrique et de l'utilisation durable de la biomasse permettrait de limiter l'augmentation des émissions de GES au Mali.

**Figure 14:** Émissions de gaz à effet de serre du sous-secteur, issues de la consommation d'énergie du Mali, 2012 (%)



En termes de production d'électricité, le Mali dépend fortement de l'hydroélectricité en raison de son important potentiel<sup>8</sup> déjà partiellement exploité. Pour faire face à la demande croissante d'électricité, des études de faisabilité ont été menées afin de développer le potentiel hydroélectrique. Comme indiqué dans le tableau 6, une capacité de production totale de 218 MW est en cours de développement, tandis que 342-412 MW en sont déjà à l'étape de préfaisabilité. Cette production cumulée permettra d'ajouter 2 504 GWh à la production d'électricité du pays, ce qui répondrait à plus des deux tiers de la demande d'électricité supplémentaire, dont la croissance est estimée à 3777 GWh entre 2017 et 2030 (IRENA, 2018).

Toutefois, cette attention particulière portée à l'hydroélectricité ne prend pas en considération les fonctions et facteurs clés qui ont un impact sur le développement de cette source d'énergie, comme les tendances hydrologiques du bassin du Niger qui continuent d'avoir un impact sur les performances des installations hydroélectriques dans cette région. Les données historiques collectées à Koulikoro (Haut Niger)<sup>9</sup> et dans les bassins en amont montrent une forte variabilité interannuelle du flux depuis 1907, ainsi qu'une forte décline depuis 1970. En outre, cette tendance est associée à une baisse du niveau de la nappe phréatique des affluents, entraînant un déficit d'apport naturel en eau (Mahé et al., 2011).

Le bassin du Niger se situe dans une région qui subit des sécheresses tous les 4 à 6 ans, comme le prouve la forte corrélation entre l'Indice de Normalisée des Précipitations (SPI),<sup>10</sup> l'Indice Normalisée de Précipitations et d'Évapotranspiration (SPEI)<sup>11</sup> et l'Indice Normalisée de Ruissellement normalisé (SRI)<sup>12</sup> sur la figure 15. Ces indices suivent l'évolution entre 1961 et 2012.

<sup>8</sup> Le Mali abrite deux bassins hydrographiques, le fleuve Niger et le fleuve Sénégal. Pour cette étude, cependant, seules les données du fleuve Niger ont été prises en compte, car il traverse le pays d'Ouest en Est sur une distance de 1 700 km. Les informations ont été mises à disposition par l'Autorité du bassin du Niger.

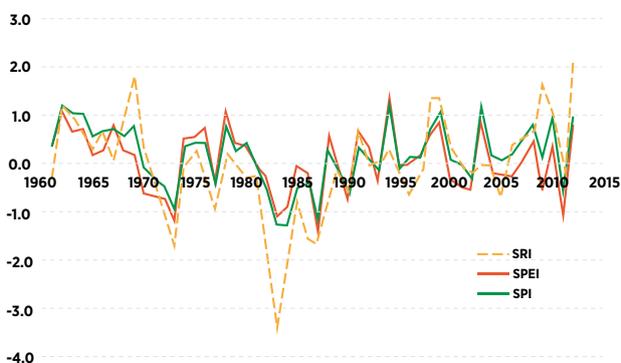
<sup>9</sup> Le bassin du Niger comprend quatre sections distinctes ; le Haut Niger, le Delta intérieur, le Moyen Niger et le Bas Niger.

<sup>10</sup> Le SPI est un indice de caractérisation de sécheresse météorologique défini sur une échelle temporelle. Sur une échelle courte, le SPI est étroitement lié à l'humidité des sols, alors que sur une échelle plus longue, il est lié à la nappe phréatique et au stockage de l'eau dans les réservoirs.

<sup>11</sup> L'indice SPEI est une extension de l'indice SPI. Il prend en compte le niveau de précipitations et l'évapotranspiration potentielle (une combinaison d'évaporation et de transpiration des plantes) pour déterminer une situation de sécheresse. Contrairement au SPI, le SPEI capture donc l'impact principal des baisses de températures sur la demande en eau.

<sup>12</sup> L'indice SRI est un indicateur de sécheresse hydrologique, basé sur une évaluation de l'apport en eau (ou écoulement) d'un bassin, généralement sur une période définie.

**Figure 15:** Séries chronologiques des indices de sécheresse observés (Indice Normalisée de Précipitations et Indice de Normalisée de Précipitations et d'Évapotranspiration), ainsi que l'Indice Normalisée de Ruissellement, entre 1961 et 2012 : Bassin du Niger



Source: Oguntunde et al. (2017).

De plus, selon les projections, le niveau des précipitations (SPI) devrait baisser au moins jusqu'en 2100. Par exemple, la région de Sikasso, qui bénéficie de la majeure partie des précipitations, connaîtra une diminution du niveau moyen des précipitations par an passant de 1 000 millimètres sur la période 1960-1990 à 850 millimètres en 2100 (DNM, 2007).

## 2.6. Moteurs de déploiement des énergies renouvelables

À la lumière du contexte énergétique décrit dans les chapitres précédents, il existe de nombreux moteurs pour stimuler les acteurs à soutenir le déploiement des technologies d'EnR au Mali. L'amélioration de l'accès aux services énergétiques modernes, l'amélioration de la fiabilité de l'approvisionnement en énergie, l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, ainsi que la création d'emplois et de valeur économique locaux en sont quelques exemples. En réalité, l'Objectif de Développement Durable n°7, qui vise à « Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable », est en lien étroit avec d'autres objectifs. « Accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial d'ici 2030 » fait également partie des objectifs à atteindre. Le Plan d'Action National pour l'Efficacité Énergétique et les Énergies Renouvelables du Mali souligne l'ambition du pays de réduire sa dépendance aux combustibles fossiles et de se positionner sur la voie du développement sobre en carbone.

### Meilleur accès aux services énergétiques modernes

Au Mali, moins la moitié de la population nationale a accès à l'électricité et dans les zones rurales, il est limité à seulement 16,7 % de la population. Quant aux combustibles modernes, leur accès est très limité (respectivement 2 et 3 % pour les zones rurales et urbaines). L'accès à l'énergie est largement reconnu comme étant essentiel à l'amélioration du bien-être économique. L'accès à une énergie durable, fiable et rentable par les technologies d'EnR peut avoir un effet multiplicateur sur

le développement, comme la réduction des effets sur la santé, l'amélioration des moyens de subsistance, la diminution de la pauvreté, la création d'emplois, l'autonomisation économique de la femme, et le meilleur accès à l'eau et à la nourriture. Ces impacts transversaux des énergies renouvelables sont aussi au cœur des efforts nécessaires pour atteindre les objectifs de développement durable. Les énergies renouvelables ont fait leur preuve en fournissant un accès fiable et durable d'approvisionnement pour plus de 146 millions de personnes via les systèmes hors-réseau en 2016.

### Diversification et fiabilité de l'approvisionnement en électricité

À l'heure actuelle, les centrales thermiques et hydroélectriques à grande échelle sont les principales sources d'approvisionnement en électricité sur le réseau national. Les EnR peuvent fournir la forme la plus concurrentielle d'énergie au Mali grâce à la fiabilité avancée des technologies, la diminution des coûts et un fort potentiel de ressource. Comme expliqué précédemment, le grand niveau de vulnérabilité climatique du système hydroélectrique au Mali accentue le besoin de diversification de la production électrique. Comme indiqué dans l'encadré 2, avec les exemples du Brésil et de la Colombie, les énergies renouvelables non-hydroélectriques jouent un rôle important dans l'adaptation aux fluctuations hydrologiques générées par le climat qui affectent les systèmes électriques comprenant une grande part d'hydroélectricité.

### Création de valeur socio-économique

Avec la création de 11 millions d'emplois dans le monde, les énergies renouvelables sont un catalyseur pour les nouvelles opportunités d'emploi. Ce constat se vérifie particulièrement dans un pays dans lequel dominent traditionnellement les sources d'approvisionnement d'énergie conventionnelles. Les EnR ouvrent de nouvelles voies à l'innovation technologique et dévoilent de nouveaux secteurs de création de valeur économique.

### Développement sobre en carbone

La combustion de combustibles fossiles et l'utilisation traditionnelle de bioénergie sont une source majeure de pollution de l'air local, car elles rejettent des polluants tels que le dioxyde de soufre, le monoxyde d'azote et les microparticules. Ces polluants peuvent causer des effets néfastes sur la santé humaine, mais ils participent aussi à la diminution des rendements agricoles, à la dévastation des forêts et des ressources halieutiques (pluies acides), ainsi qu'à la dégradation des bâtiments et infrastructures. Néanmoins, les impacts négatifs les plus importants touchent évidemment la santé humaine. Les énergies renouvelables offrent la solution sobre en carbone la plus importante pour répondre aux objectifs climatiques du Mali. Le pays s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 35 % d'ici 2030 par rapport à 1990, année de référence dans la CDN adoptée lors des Accords de Paris. La CDN souligne déjà l'utilisation de sources alternatives et d'énergies renouvelables pour atteindre cet objectif.

## Encadré 2: La diversification vers des énergies renouvelables non-hydroélectriques est un composant clé de l'adaptation au changement climatique dans le sous-secteur de l'électricité : Brésil et Colombie

Les pays d'Amérique du Sud qui utilisent une proportion élevée d'hydroélectricité dans leur bouquet électrique se sont confrontés au concept de diversification des sources d'énergie primaire au cours des dernières années. Les exemples du Brésil et de la Colombie, pour lesquels l'hydroélectricité comptait pour plus des deux tiers\* de la puissance totale installée et raccordée au réseau en 2018, illustrent la manière dont les énergies renouvelables ont contribué à la sécurité et l'accessibilité de l'approvisionnement en électricité compte tenu du changement des régimes hydrologiques.

Parmi les quatre sous-systèmes interconnectés qui composent le système électrique brésilien, le système nord-est illustre le mieux le rôle de la diversification vers les énergies renouvelables non-hydroélectriques. La figure ci-dessous montre la tendance décroissante des apports d'eau dans les centrales hydroélectriques du sous-système nord-est depuis fin 2012. Même si au Brésil les scientifiques s'interrogent toujours sur la cause de ces diminutions, à savoir si elles sont liées au changement climatique ou aux cycles climatiques à long terme, une chose est sûre : l'augmentation de la production d'énergie éolienne (et plus récemment, le productible d'énergie solaire) dans la région Nord-Est a contribué de manière décisive à l'équilibre local entre charge et production. Sans elle, l'augmentation des coûts de production et des émissions associées à la production thermique locale aurait été bien plus élevée.

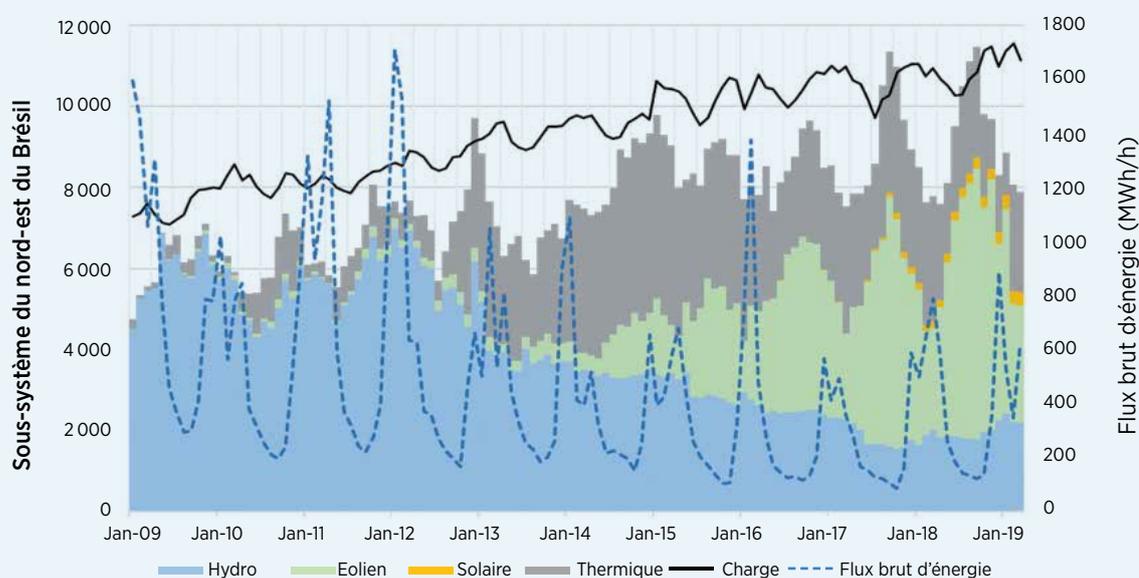
D'autres mécanismes complémentaires entre les énergies hydroélectriques et renouvelables sont essentiels au sous-système nord-est du Brésil. Le scénario ci-dessus décrit précisément la complémentarité saisonnière partielle entre le productible énergétique éolien et l'apport d'eau dans les réservoirs de la région, avec un productible énergétique éolien

mensuel moyen qui atteint un pic en septembre et octobre, qui ne sont pas les mois les plus humides. Même s'il n'est pas visible dans le graphique, le productible flexible hydroélectrique joue également un rôle en contrant la variabilité à court terme des ressources énergétiques éoliennes et solaires dans le Nord-Est. Les ressources locales et importations du système sud-est du Brésil représentent la majeure partie de la capacité hydroélectrique installée du pays.

En Colombie, la diversification des ressources primaires pour la production d'électricité comme stratégie d'adaptation au changement climatique a attiré l'attention des institutions gouvernementales depuis 2013. L'Unité de Planification Minière et Énergétique (Unidad de Planeación Minero Energética, UPME) de Colombie, qui est l'agence d'exécution gouvernementale chargée de la planification des études liées au secteur de l'énergie, a publié sa première évaluation sur le sujet cette même année. D'autres mesures d'adaptation évaluées dans cette étude ciblent la gestion de la demande et la conservation des bassins hydrographiques.

La Colombie a parcouru un long chemin depuis la publication des premières études. Dès l'année suivante, en 2014, le gouvernement a promulgué la Loi #1715 établissant des directives pour le déploiement de l'énergie renouvelable dans le système de production d'énergie colombien. Cet instrument juridique définit de manière explicite la diversification de l'approvisionnement énergétique comme l'un des moteurs vers d'autres sources d'énergies renouvelables. Le processus a atteint son apogée en mars 2018, avec la publication du décret #570/2018 par le Ministère des Mines et de l'Énergie (Ministerio de Minas y Energía, MME). Ce décret établit, de fait, le recours aux enchères visant à initier des projets d'énergie éolienne et solaire en Colombie, tout en inscrivant la « résilience de la matrice de production d'électricité au changement climatique et à la variabilité du climat » comme l'une des raisons d'entreprendre ces enchères.

\*Y compris les centrales hydroélectriques à petite échelle, 67,5 % au Brésil d'ici la fin 2018 et 68,3 % en Colombie en début 2019.



Source: préparée par l'IRENA avec les données du gestionnaire du réseau électrique national, Operador Nacional do Sistema Elétrico, Brésil.



Photo: Shutterstock

# 3. CADRES PROPICES POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

## 3.1. Structures institutionnelles et Acteurs Clés

Les institutions impliquées dans la gestion du secteur de l'énergie incluent le Ministère de l'Énergie et de l'Eau et ses entités affiliées. Le tableau 7 donne une vue d'ensemble des institutions clés et de leurs principales affectations.

**Tableau 7: Dispositif institutionnel clé de l'énergie en 2016 : Mali**

Institution	Tâches principales	Remarques
Ministère de l'Énergie et de l'Eau	Responsable de la formulation, de la promotion, de la coordination, du suivi et de l'évaluation des politiques	Structures principales: Direction Nationale de l'Énergie; Direction Nationale de l'Hydraulique
Agence Malienne pour l'Énergie Domestique et l'Électrification Rurale	Responsable de l'électrification rurale	Fournisseur d'énergie hors-réseau, en charge de réguler les systèmes de production en-dessous de 250 kilowatts
Agence des Énergies Renouvelables du Mali	Promeut l'utilisation répandue des énergies renouvelables dans le pays pour assurer son développement socio-économique durable	Créée à partir d'une redéfinition des missions de l'ex-Centre National de l'Énergie Solaire et des Énergies Renouvelables
Agence Nationale de Développement des Biocarburants	Formule et met en place des politiques et stratégies nationales sur les biocarburants	Assure la régulation du sous-secteur de la bioénergie
Commission de Régulation de l'Électricité et de l'Eau	Régule les secteurs de l'électricité et de l'eau	Indépendant des gestionnaires gouvernementaux, avec des pouvoirs juridiques et une autonomie financière. Sous la supervision du Cabinet du Premier ministre.
Agence pour la promotion des investissements au Mali	Guichet unique pour toutes les procédures de création d'entreprises, d'agrément au code des investissements et d'aide aux investisseurs y compris la délivrance d'approbations pour le développement approprié des projets au Mali	Son encrage institutionnel a changé en 2019 environ en passant de la tutelle du Ministère en charge de l'investissement et du secteur privé pour être rattaché à la Primature.
Agence de l'Environnement et du Développement Durable	Se concentre sur la préservation de la biodiversité, lutte contre la désertification et le changement climatique	Elle abrite le fonds vert du Mali et un acteur clé de l'élaboration et de la mise en œuvre de la Contribution Déterminée au niveau National

## 3.2. Politique énergétique et cadres réglementaires

La Politique énergétique nationale (PEN) du Mali date de 2006 et vise à contribuer au développement durable du Mali par le biais de services énergétiques fiables et à moindre coût, afin d'augmenter l'accès à l'électricité et promouvoir les avantages socio-économiques sous-jacents. Centrés autour des principes directeurs de décentralisation, libéralisation, compétitivité et partenariat public-privé, ses objectifs clés consistent à (i) satisfaire les besoins énergétiques en qualité, en quantité et au moindre coût, (ii) assurer la protection des personnes contre les risques inhérents aux services énergétiques, (iii) renforcer les capacités des intervenants du secteur de l'énergie au niveau des politiques, de la gestion et du pilotage, et (iv) renforcer la coopération internationale dans le domaine de l'énergie. Le tableau 8 donne une vue d'ensemble des objectifs et mesures en matière d'énergies renouvelables inclus dans le PEN.

Le PEN a été complété en 2009 par la Lettre de Politique Sectorielle de l'Électricité, qui spécifie d'autres objectifs politiques, notamment des mesures telles que la restructuration des centrales énergétiques nationales, la réforme des tarifs, le développement de capacité hydroélectrique et thermique supplémentaire, et le renforcement de l'infrastructure générale du système de production d'énergie avec, en particulier, le renforcement des interconnexions avec les pays voisins.

Au niveau du sous-secteur, une Stratégie nationale de développement des énergies renouvelables (2006) et une Stratégie nationale de développement des biocarburants (2008) ont été formulées. Ces stratégies incarnent une forte volonté politique de développer des sources d'énergie indigènes.

L'ensemble de la PEN et des stratégies nationales précédemment citées du secteur de l'énergie au Mali sont en cours de relecture en vue d'intégrer toutes approches innovantes spécifiques qui soutiennent le développement rapide du secteur.

**Tableau 8: Politique énergétique nationale (PEN) du Mali : Objectifs et mesures en matière d'énergies renouvelables**

<b>OBJECTIFS</b>
1. Promotion de l'utilisation répandue des technologies et des équipements d'EnR pour faire passer la part nationale dans la production d'électricité de moins d'1 % en 2004 à 6 % en 2010 et 10 % en 2015
2. Développement du secteur des biocarburants, en particulier le jatropha, pour divers usages
3. Création des meilleures conditions pour la durabilité des services d'EnR
4. Adaptation des mécanismes de financement durables aux EnR
<b>MESURES</b>
1. Évaluation et développement du potentiel des ressources nationales d'énergies renouvelables
2. Diffusion massive des équipements solaires dans les centres communautaires ruraux
3. Promotion de la biomasse (briquettes, biogaz, huile végétale, alcool) dans les domaines agricoles et agro-industriels
4. Promotion de contenu local dans les projets, notamment l'utilisation de composants fabriqués et assemblés localement
5. Promotion de la recherche et du développement de technologies d'EnR non matures
6. Couplage systématique des programmes et projets d'EnR avec des activités génératrices de revenus
7. Amélioration de l'accès aux institutions financières locales, nationales et internationales
8. Soutien des initiatives locales qui promeuvent le secteur des énergies renouvelables
9. Développement des compétences locales pour les petites et moyennes entreprises du sous-secteur des énergies renouvelables
10. Développement de systèmes efficaces pour exploiter et entretenir les équipements d'EnR dans les zones rurales et périurbaines
11. Décentralisation géographique des entités responsables de la vente et du service après-vente d'équipements d'EnR
12. Adoption d'instruments politiques pour promouvoir les énergies renouvelables, comme les dispositions fiscales et douanières incitatives
13. Promotion des échanges d'expérience avec d'autres pays, et implication dans les programmes énergétiques régionaux

Source: Politique énergétique nationale du Mali

La Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement de la CEDEAO qui s'est tenue en juillet 2013 a souligné l'engagement de ses membres à fournir un accès aux services énergétiques durables en Afrique de l'Ouest en adoptant une politique novatrice, la Politique des Énergies Renouvelables de la CEDEAO. Cette politique vise à augmenter la part des énergies renouvelables dans la production globale d'électricité de la région en la faisant passer à 23 % en 2020 puis à 31 % en 2030 (CERECC, 2013). Cet objectif a ensuite été traduit en Plans d'Action National pour les Énergies Renouvelables (PANER) pour tous les 15 états membres. Les objectifs du PANER ont ensuite nourri la formulation des Agendas d'Action de l'Initiative « Énergie durable pour tous » (SEforALL). Dans le cas du Mali, le PANER a été développé en 2015 sur la base des principes directeurs du PEN. Ce plan d'action (GdM et CEDEAO, 2015) détaille les objectifs et mesures pour les énergies renouvelables classiques et hors-réseau, et les cuisinières efficaces. Les jalons sont définis pour 2020 et 2030, les actions ayant débuté en 2010. Le tableau 9 fournit une vue d'ensemble des objectifs clés du PANER pour les énergies renouvelables raccordées au réseau.

Au Mali, une baisse de la valeur relative de la part des énergies renouvelables dans le bouquet électrique est attendue, en raison d'une augmentation des importations d'électricité (produites à partir de sources non renouvelables) provenant du marché régional (Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée et Nigeria). Pour les énergies renouvelables hors-réseau, les systèmes sont ventilés en mini-réseaux, y compris les systèmes hybrides et autres, comme résumé dans le tableau 10.

Concernant le cadre réglementaire au Mali, le secteur de l'électricité est régi par l'Ordonnance No. 00-019/P-RM du 15 mars 2000, et son Décret d'application amendé No. 00-184/P-RM du 14 avril 2000, qui libéralise le secteur de l'énergie. Elle définit également les directives suivantes, entre autres :

- Tarification générale
- Processus d'appel d'offres
- Procédures de fin de concessions et autorisations de détenteurs de permis
- Définition des ratios de gestion technique et financière
- Frais de raccordement au réseau

Les directives de processus d'appel d'offres, décrites dans l'ordonnance mentionnée ci-dessus, ont été renforcées par la Loi No. 2011-084 du 29 décembre 2011. Par ailleurs, le Décret n°2014-0816/PRM du 27 octobre 2014 portant suspension à l'importation de la perception de la TVA, des droits et taxes sur les équipements solaires et d'énergies renouvelables, arrive à son terme et devrait faire l'objet de prolongation pour une nouvelle période quinquennale.

**Tableau 9: Objectifs du Mali pour les énergies renouvelables du Mali (sur le Réseau), 2010–2030**

	2010	2020	2030
Puissance installée pour les énergies renouvelables, hors hydroélectricité (d'EnR)* (mégawatt)	6.3	150.7	201.8
Puissance installée totale pour les énergies renouvelables*, hors hydroélectricité (en %)	2.3	13.8	8.3
Puissance installée pour tous les objectifs d'EnR, y compris l'hydroélectricité** (en mégawatt)	156.5	660.40	1 416
Objectifs d'EnR, y compris la capacité installée totale, y compris l'hydroélectricité** (en %)	57.71	61.44	58.25
Production d'énergies renouvelables* non-hydroélectriques dans le mix énergétique (en %)	3.12	12.11	8.63
Objectifs d'énergies renouvelables, y compris la production hydroélectrique** dans le bouquet énergétique (en %)	65.09	49.35	36.88

Sources : adapté du GdM et de la CEDEAO (2015) \*Objectifs d'énergies renouvelables, hormis les petites et grandes centrales hydroélectriques (> 30 mégawatts). d'EnR = d'énergies renouvelables; MW = mégawatt \*\*Objectifs d'énergies renouvelables, y compris les petites et grandes centrales hydroélectriques.

**Tableau 10: Objectifs d'énergies renouvelables hors-réseau du Mali, 2010–2030**

	2010	2020	2030
Mini-réseaux, énergies renouvelables et hybrides (en mégawatt)	0.094	8.063	8.063
Capacité installée totale pour tous les autres systèmes (en mégawatt)	20.27	234.72	605.01
Population rurale ayant accès à l'électricité issue d'énergies renouvelables (mini-réseau et systèmes isolés) (en %)	1.7	36.9	66.64

Source: adapté du GdM et de la CEDEAO (2015).

### 3.3. Investissements et financement

Le financement du sous-secteur des énergies renouvelables est un défi clé de la plupart des pays d'Afrique subsaharienne car malgré que les coûts d'exploitation soient faibles, l'investissement initial reste élevé. Dans les pays moins développés comme le Mali, le secteur public manque souvent de moyens financiers pour investir dans la production d'énergie. Dans le but d'attirer les investissements extérieurs, le Mali a adopté en 2012<sup>13</sup> un code d'investissement qui accorde des avantages aux investissements privés pour développer le secteur électrique, comme l'exonération des exigences telles que le seuil minimum d'investissement. Les demandes d'autorisation d'investissement sont désormais traitées dans une base de données unique en ligne capable de traiter les documents en cinq jours. De plus, des incitations supplémentaires sont accordées, telles que :

- Non-discrimination: les investisseurs étrangers bénéficieront des mêmes droits et privilèges que les investisseurs locaux.
- Rapatriement des fonds : le rapatriement de la totalité du capital et des profits des entreprises et particuliers.
- Biens étrangers: les entreprises étrangères peuvent gérer la totalité du capital.
- Résolution de litiges : le Mali est membre du Centre international pour le règlement des différends relatifs aux investissements, de la Cour Commune de Justice et d'Arbitrage (CCJA) et de l'Organisation pour l'harmonisation du Droit des Affaires en Afrique (OHADA).
- Garantie des investissements : les investissements sont garantis par l'Article 15 du Traité instituant l'Agence multilatérale de garantie des investissements.

Par ailleurs, les investisseurs pourront bénéficier d'avantages fiscaux (réduction des taxes douanières, de la TVA et autres taxes) pour tout investissement supérieur à 500 000 USD (tableau 11).

Malgré une 145ème place en 2019 (contre 143 en 2016) sur la liste Ease of Doing Business qui classe les pays en fonction de la facilité d'y faire des affaires, le Mali a réalisé d'importants progrès en matière d'enregistrement des sociétés. Pour cet indicateur, le Mali atteint la 110ème place en 2019 contre une 172ème place en 2016. (World Bank, 2017b). Pour enregistrer une société, les candidats doivent soumettre tous les formulaires et documents au guichet unique de l'API. La procédure ne prend que cinq jours. Depuis mars 2015, la base de données publie régulièrement sur son site Web un avis de siège social pour les nouvelles sociétés. Le coût de la publication est inclus dans les frais de notaire. En termes d'énergies renouvelables, l'agence publie les données d'investissement liées aux sociétés de services énergétiques qui participent à l'exploitation du potentiel énergétique du Mali.

L'allocation de budgets et les investissements réalisés dans le sous-secteur des énergies renouvelables restent néanmoins faibles par rapport aux besoins et au potentiel du pays. Le budget alloué par le Gouvernement du Mali (GdM) au sous-secteur des énergies renouvelables est passé de 6.7 millions USD en 2010<sup>14</sup> à 21.2 millions USD en 2018. D'après les projections, ce montant va continuer d'augmenter pour atteindre environ 70 millions USD d'ici 2020 (MEF, 2018). Malgré cette hausse, le budget reste modeste, surtout si l'on tient compte du fait qu'il comprend la rémunération du personnel des institutions publiques impliquées dans les énergies renouvelables.

**Tableau 11: Code et incitations d'investissements pour les investisseurs potentiels au Mali**

Catégorie d'investissement	Montant d'investissement (en USD)	Exonération des droits de douane	Exonération de la taxe sur la valeur ajoutée locale	Réduction fiscale de 25 %	Exonération de l'impôt forfaitaire minimal
A	25 000 ≤ Investment ≤ 500 000	3 ans	3 ans	7 ans	5 ans
B	500 000 < investment < 2 000 000	3 ans	3 ans	10 ans	8 ans
C	≥ 2 000 000	3 ans	3 ans	15 ans	10 ans

Source : Agence pour la Promotion des Investissements, Mali

<sup>13</sup> Loi No. 2012-016 du 27 février 2012. Il s'agit du sixième code des investissements ; le premier date de 1991, actuellement en cours de révision sous l'égide de l'API-Mali

<sup>14</sup> Budget alloué au Centre National de l'Énergie Solaire et des Énergies Renouvelables (CNESOLER) et à l'Agence Nationale de Développement des Biocarburant (ANADEB) (Ministère de l'Économie et des Finances, 2018)

La plupart des projets qui ont été entrepris par le passé étaient financés par divers donateurs, comme les organisations multilatérales et bilatérales de développement et de coopération (par exemple, la Banque Africaine de Développement, l'Union Européenne, le Programme des Nations Unies pour le Développement et la Banque mondiale), et des organisations non-gouvernementales nationales et internationales (par exemple, le Mali-Folkecenter, l'Organisation néerlandaise de développement SNV). Dans l'ensemble, le soutien financier et technique apporté par chaque organisation ciblait des domaines spécifiques (tableau 12).

Outre le soutien technique et financier apporté par les organisations bilatérales et multilatérales, le GdM a mis en place des mécanismes et incitations afin d'accélérer le déploiement des énergies renouvelables. Une incitation importante a été la publication du Décret No. 2014-0816/P-RM du 27 octobre 2014 qui suspend, pour une période de cinq ans (soit jusqu'en 2019), la Taxe sur la Valeur Ajoutée sur les importations d'équipements d'EnR. Concernant l'électrification rurale, le Fonds d'Électrification Rurale (FER) du Mali créé en 2000 sous le Décret 00-019/P-RM est une incitation majeure qui s'ajoute au soutien de l'AMADER.

Le fonds vise à promouvoir l'électrification des zones rurales du pays grâce à des projets pilotes, et des campagnes de communication et de sensibilisation. Plus particulièrement, il fournit, entre autres, un soutien financier pour des études de faisabilité, subventionne les coûts d'investissements initiaux, et garantit des programmes d'électrification rurale.

Les ressources du FER proviennent de subventions de partenaires au développement, de donateurs, de prêts et de renouvellement d'autorisations de subvention de la part de l'AMADER. En termes de mécanismes, l'AMADER alloue uniquement des aides aux investissements et dans la mesure du possible, se conforme aux principes de concurrence concernant l'octroi de dons. Compte tenu de leur petite taille, les projets de moins de 50 kW ne sont pas soumis à la concurrence.

Sur la base du modèle BOOT (Construction, Possession, Exploitation, Transfert ou Build, Own, Operate and Transfer) et des activités d'achat déjà en cours, une capacité PV supplémentaire de 158 MW serait ajoutée à court et moyen termes pour un investissement d'environ 182 millions USD. Hormis le solaire PV, trois conventions de concession pour des projets hydroélectriques au modèle BOOT ont été signées pour installer 61 MW de puissance sur trois sites pour un investissement total de 210 millions USD.

**Tableau 12: Soutien institutionnel au secteur de l'énergie du Mali et domaines de concentration des énergies renouvelables**

DOMAINES	INSTITUTIONS	TYPES DE SOUTIEN
Réforme du secteur de l'énergie	Banque Africaine de Développement, Union européenne, Banque mondiale	Programme de mise en valeur des énergies renouvelables
Potentiel des énergies renouvelables	DANIDA	Cartographie du potentiel des énergies renouvelables
Énergie solaire	Programme des Nations Unies pour le Développement	Transition de l'énergie fossile multifonction à l'énergie solaire
Solaire et hybride	Banque Mondiale	Électrification rurale
Énergie solaire	Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine	Plus de 5 millions USD de subvention pour la mise en œuvre d'un programme d'électrification photovoltaïque (phase 1), construction de centrales hybrides solaire/diesel approvisionnant les mini-réseaux de 13 communautés rurales (phase 2)
Rendement énergétique	Banque Ouest-Africaine de Développement	Financement de la diffusion à grande échelle de cuisinières améliorées grâce aux fonds carbone*

Même si les projets solaires PV en sont à divers stades de développement, une nette différence par mégawatt installé s'est créée entre les projets (par exemple 1.6 millions USD/MW pour Scatec Solar et 2.1 millions USD/MW pour Akuo Energy). En revanche, pour les activités d'achat en cours, l'investissement par puissance installée est bien inférieur et est en accord avec la tendance à la baisse des prix sur le plan international. Scatec Solar n'est pas un nouvel arrivant au Mali. Scatec a préparé une étude de faisabilité initiale en mai 2011 pour une centrale PV de 10 Mwc à Mopti.

La construction de projets à grande échelle au Mali doit encore débiter, alors que les licences ont été délivrées et les contrats d'achat d'électricité (CAE) signés depuis plusieurs années. Les garanties de crédit représentent un défi majeur, et de par leur manque ont dans une large mesure, limité le financement de projets d'EnR en Afrique subsaharienne aux grandes institutions financières bilatérales et multilatérales puisque les acteurs privés étrangers font principalement recours à leurs propres fonds et ceux de leurs partenaires financiers pour sécuriser le capital d'investissement.

Les banques sont réticentes à accorder des prêts aux PIE de peur qu'ils ne soient pas remboursés dans les délais prévus si les PIE ne sont pas réglés dans les temps pour l'électricité fournie. Afin de surmonter la contrainte financière, les prêteurs requièrent généralement une lettre de crédit pour garantir les obligations de paiement sous un CAE afin de compléter les garanties du gouvernement hôte. Dans la plupart des cas, cependant, la banque qui fournit la lettre de crédit exigera 100 % de la garantie en espèces, généralement fournie par la société d'électricité. La plupart des projets de PIE sont toujours en attente puisque ce besoin de liquidité ne peut être honoré par les sociétés d'électricité, du fait de leur situation financière. Des mécanismes de financement innovants doivent donc être développés pour accélérer la mise en œuvre de projets d'EnR matures (tableau 13).

**Tableau 13:** Investissements privés potentiels dans le sous- secteur des énergies renouvelables au Mali

CENTRALE	TECHNOLOGIE	PUISSANCE INSTALLEE (MÉGAWATT)	INVESTISSEMENTS (EN MILLIONS DOLLARS)	STATUS
Scatec solar (Ségou region)	Solaire photovoltaïque (PV)	33	55	BOOT signé en 2015
Akuo Energy	Solaire photovoltaïque	50	105	BOOT signé en 2015
Zone de Sikasso	Solaire photovoltaïque	50	55*	Achats en cours
Zone de Koutiala	Solaire photovoltaïque	25	27*	Achats en cours
Markala	Hydroélectrique	13	35	BOOT signé en 2010
Kénié	Hydroélectrique	42	120	BOOT signé en 2015
Sotuba II	Hydroélectrique	6	30	BOOT signé en 2015

Source : Agence pour la promotion des investissements au Mali (février 2017).

\*Estimation.

Note: CPET = Construction, Possession, Exploitation, Transfert.

### Encadré 3: Regional Liquidity Support Facility

Initiée par la Banque allemande de développement KfW, mise en œuvre par l'Agence pour l'Assurance du Commerce en Afrique (ACA) et financée par le Ministère allemand de la Coopération économique et du Développement (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, BMZ), la Regional Liquidity Support Facility (RLSF, Mécanisme régional de soutien financier) propose une approche de financement durable en apportant aux sociétés d'électricité et aux banques commerciales les garanties nécessaires pour conclure des CAE.



Sources: KfW (2017) et ACA (2016).

Les actionnaires de la RLSF sont constitués de 13 pays membres africains et de la Banque africaine de développement. L'ACA est une organisation d'assurance multilatérale couvrant le risque politique et le risque de crédit commercial (ATI, 2016). L'ACA émet une lettre de crédit afin de sélectionner des banques pour les PIE approuvés et soutenus par la RLSF. Elle évalue également chaque transaction pour garantir que le projet est pleinement soutenu par le fournisseur et le gouvernement hôte. Les mécanismes pertinents sont illustrés dans la figure ci-dessous.

#### Les projets éligibles doivent respecter les critères suivants:

- Puissance installée allant jusqu'à 50 mégawatts (voire 100 mégawatts dans certains cas exceptionnels).
- Technologies prises en charge qui comprennent le solaire photovoltaïque, l'hydroélectricité, l'éolien terrestre, la géothermie, l'énergie biomasse (par exemple, la valorisation de déchets), la coproduction (par exemple, les matières premières renouvelables).
- Soutien suffisant de la part du gouvernement hôte et du fournisseur.

La banque qui émet la lettre de crédit est protégée par la composante en espèces qui sert de filet de sécurité en cas de première perte. L'ACA fournit une garantie contre les secondes pertes qui correspond au montant de la composante. Lorsqu'un producteur indépendant d'électricité rencontre des retards de paiement, il peut immédiatement se saisir de la lettre de crédit, ce qui lui permet de poursuivre le remboursement de sa dette auprès de ses créanciers.



Des mécanismes de financement innovants doivent être conçus pour accélérer la mise en œuvre de projets d'énergies renouvelables matures.



Photo: Mali-Folkecenter Nyetaa

# 4. PROBLÈMES ÉMERGENTS AFFECTANT LE DÉPLOIEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Le développement du marché des énergies renouvelables est largement tributaire du potentiel exploitable des ressources naturelles du Mali et des technologies de conversion de sources d'énergie en services. Il dépend également du cadre réglementaire et les avantages qu'offre ce dernier au secteur privé. Ce chapitre identifie non seulement les défis et opportunités auxquels le sous-secteur des énergies renouvelables doit faire face au Mali, mais il couvre aussi les différentes ressources énergétiques, les cadres politiques et réglementaires, l'implication du secteur privé, et les capacités et compétences humaines nécessaires au développement des technologies d'EnR. Le statut de chaque sous-secteur est examiné, ainsi que les problèmes auxquels il est confronté.

Les problèmes clés se basent sur une analyse initiale qui fait suite à l'élaboration d'un document de référence. Ils proviennent également des échanges d'informations qui ont eu lieu lors de la réunion initiale du RRA, et des diverses réunions bilatérales avec les acteurs locaux au Mali.

## 4.1. Énergies renouvelables sur le réseau

Un accès fiable, durable et abordable à l'électricité est une condition préalable d'un développement transformatif. Le réseau national d'électricité reste essentiel pour atteindre un grand nombre de personnes de manière économique. L'extension du réseau reste, de loin, la méthode la plus efficace d'approvisionner des communautés en électricité. De plus, l'emplacement géographique du Mali offre d'importantes opportunités qui lui permettent de jouer un rôle clé dans le développement d'un marché régional de l'électricité.

Le processus du RRA a identifié l'hydroélectricité, le solaire et la biomasse comme sources clés de production de l'énergie électrique sur le réseau. Il reste cependant des problèmes fondamentaux à étudier en termes de développement de centrales hydroélectriques à grande échelle, à savoir la variabilité du débit d'eau dans les bassins hydrographiques et les effets du changement climatique. Ils peuvent être résolus en déployant des énergies renouvelables non-hydroélectriques, et en dépassant les contraintes liées à la valorisation appropriée de la ressource, les contraintes techniques, institutionnelles, et financières qui freinent l'établissement d'une infrastructure énergétique stable et résiliente.

### **Diversifier l'approvisionnement en électricité par une pénétration accrue des énergies renouvelables non-hydroélectriques**

Comme souligné précédemment, l'électricité produite par le Mali ne joue qu'un rôle minime dans les émissions de GES totales. Malgré cela, le secteur est menacé par l'impact du changement climatique en raison de sa forte dépendance à l'hydroélectricité. Cela rend d'autant plus urgente la nécessité de prioriser et d'accélérer le déploiement des ressources d'EnR au-delà de l'hydroélectricité.

Dans son Programme d'Action National d'Adaptation, le Mali a identifié la vulnérabilité du secteur énergétique face au changement climatique. Il considère ce secteur comme le troisième secteur le plus vulnérable, derrière l'agriculture et la santé (DNM, 2007). L'histoire récente montre en effet des différences nettes dans la production d'électricité en fonction des variations de précipitations entre les années moyennes et les années de sécheresse, comme indiqué dans le tableau 14.

Une baisse d'1 % du débit d'eau entraîne une diminution de la production d'hydroélectricité d'environ 1.3 millions kWh (DNE, 2011). À l'heure actuelle, le déficit d'installations de production hydroélectrique est compensé par les centrales thermiques d'urgence (ou de location), qui continuent de jouer un rôle important dans le bouquet électrique du pays, en atteignant 21.59 % en 2014 (EDM, 2018), comme indiqué dans la figure 16.

Le recours croissant à des producteurs d'électricité d'urgence (ou de location) dans le bouquet énergétique entraîne un surpoids financier pour le secteur public en raison des aides importantes accordées pour les énergies fossiles et pour les tarifs appliqués aux utilisateurs finaux. Les producteurs d'électricité d'urgence représentaient plus de 21 % du bouquet de production électrique en 2014, à une époque où le niveau d'aide dépassait les 106 millions USD. Ce montant est à comparer aux 63 millions USD alloués en 2016 quand les producteurs d'électricité d'urgence ne représentaient plus qu'environ 18 % du bouquet de production (EDM, 2016 ; EDM, 2017). Par ailleurs, les producteurs d'électricité d'urgence contribuent de manière significative aux émissions de GES, et cela en dépit de leurs délais de production relativement courts.

À la lumière de ces défis de développement et d'exploitation de l'hydroélectricité, ainsi qu'en présence d'options de secours qui reposent uniquement sur les producteurs d'électricité d'urgence, il est primordial que le GdM envisage l'adoption de technologies alternatives qui seraient des options bien plus durables et plus économiques, comme le solaire PV.

Avec un facteur de charge de 18 %, <sup>16</sup> une production d'énergie solaire d'environ 118 MW<sup>17</sup> sera nécessaire pour compenser le déficit de production d'hydroélectricité de Sélingué, Sotuba et Manantali pendant les années de sécheresse. Cela est évident compte tenu de la demande croissante en électricité du pays.

Le coût d'investissement des systèmes PV diminue rapidement. Entraîné par une chute de 90 % du prix des modules solaires PV depuis fin 2009 et une réduction des coûts des systèmes, le coût moyen global nivelé de l'électricité provenant de centrales solaires PV à grande échelle a chuté de 77 % entre 2010 et 2018 (IRENA, 2019). Ces diminutions impliquent que les systèmes résidentiels et commerciaux raccordés au réseau ont fortement augmenté en attractivité et que la parité du réseau (c'est-à-dire la parité entre le coût du Solaire PV pour ces deux systèmes et le tarif de l'électricité domestique) a été atteinte, ou s'en approche.

D'après une évaluation menée par l'IRENA sur la viabilité de l'énergie solaire comme capacité de secours par rapport à la production d'électricité de secours provenant du diesel, il ressort que la région sud-ouest du Mali comprend les zones les plus adaptées à l'énergie solaire en termes de potentiel existant, d'infrastructure de réseau et de centres de charge, entre autres. L'IRENA a estimé que cette partie du pays était la seule à pouvoir offrir une capacité d'énergie solaire raccordée au réseau allant jusqu'à 53 gigawatts.<sup>18</sup>

**Tableau 14:** Différence de production d'électricité (années moyennes versus années de sécheresse) à Sélingué, Sotuba et Manantali au Mali<sup>15</sup>

	ANNÉE DE MISE EN SERVICE	ANNÉE MOYENNE PRODUCTION (GIGAWATT)	ANNÉE DE SÉCHERESSE PRODUCTION (GIGAWATT)	DIFFÉRENCE (GIGAWATT)	DIFFÉRENCE (%)
Sélingué	1980	224.7	198	26.7	-11.88
Sotuba	1966	38.6	37	1.6	-4.15
Manantali	2001	420	260	160	-38.10
Total		683.3	495	188.3	-27.56

Source : Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal.

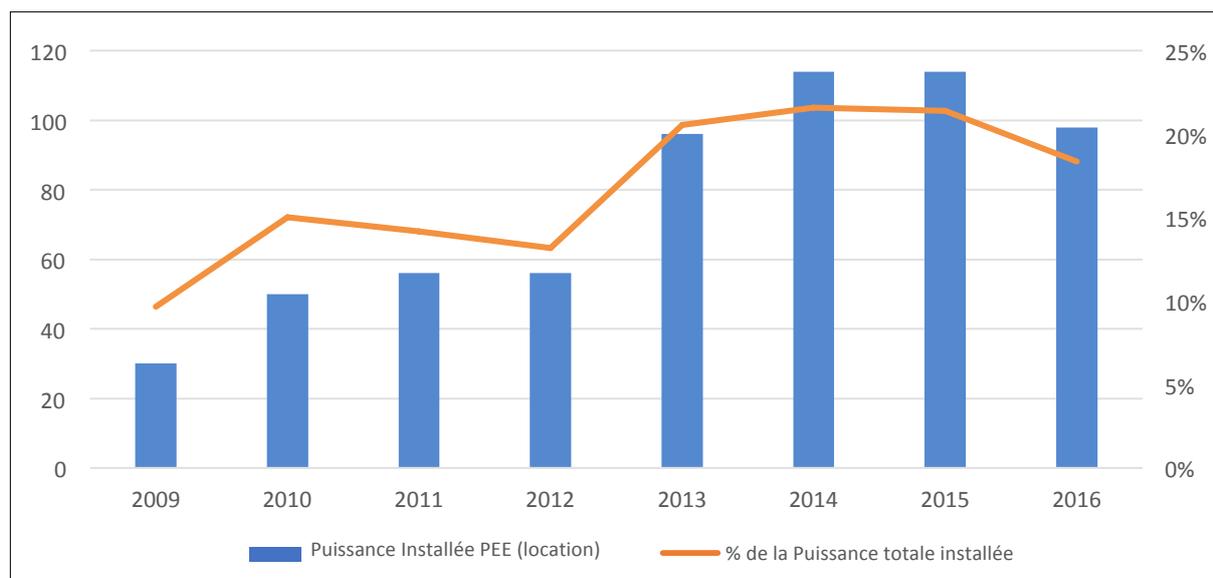
<sup>15</sup> Contrairement aux barrages de Sélingué et de Sotuba, le barrage de Manantali n'est pas situé dans le bassin du Niger mais sur le fleuve Sénégal. Il a été inclus dans cette analyse en raison des similarités des impacts du changement climatique entre les deux bassins.

<sup>16</sup> Facteur de charge moyen de la centrale solaire de Ségou (AfDB, 2016).

<sup>17</sup> Basé sur des calculs propres consistant à diviser la différence de production de 118.3 GWh par le produit du facteur de charge moyen et du nombre d'heures dans une année, converti en MW.

<sup>18</sup> Dans ces calculs, 1 % de la zone totale appropriée dans un rayon de 30 km d'une installation de transport est supposée être utilisée pour la production d'énergie solaire.

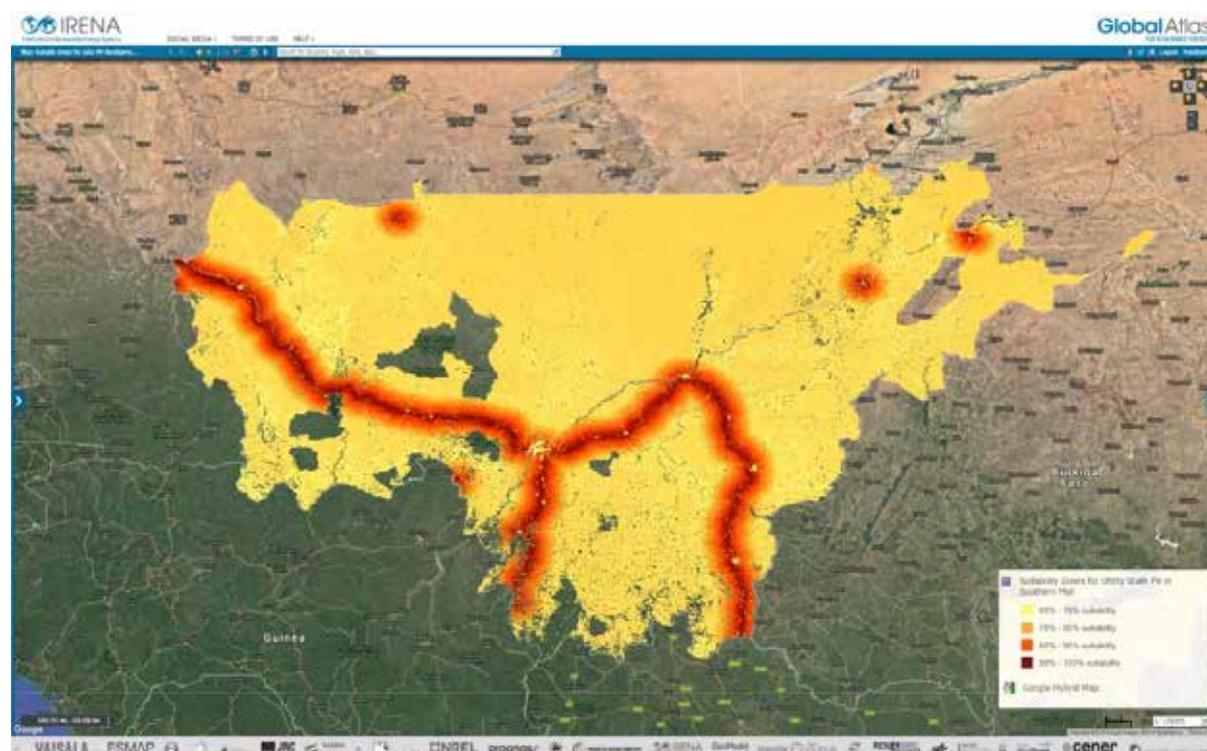
**Figure 16:** Puissance totale installée des centrales thermiques d'urgence au Mali (en mégawatts)



Source: EDM (2018).

Note: PEE = producteur d'électricité d'urgence

**Figure 17:** Zones du sud-ouest du Mali adaptées à la du solaire PV à grande industrielle.



Source : IRENA : Global Atlas, Zones adaptées et leurs scores: 'IRENA 2018', Couche de base, 'Google Hybrid Map 2018'

Clause de non-responsabilité : Les frontières et les noms indiqués sur cette carte n'impliquent aucune approbation ou acceptation de la part d'IRENA.



En ce qui concerne les coûts, l'IRENA a évalué la viabilité financière<sup>19</sup> de 11 sites solaires situés dans la région sud-ouest du Mali, y compris Sélingué qui accueille aussi une centrale hydroélectrique.<sup>20</sup> Les résultats de l'évaluation de Sélingué montrent qu'avec un coût de capital de 13 %, comparable aux taux appliqués sur le marché régional, un projet serait réalisable pour un coût d'environ 217.96 USD/MWh avec un degré de fiabilité de 90 % dans la production d'énergie annuelle. Même si le degré de fiabilité descend à 50 %, le prix atteindrait 195 USD/MWh.

Ces chiffres sont bien inférieurs à ceux de la production moyenne d'EDM à 280 USD/MWh. Ils sont également inférieurs au coût des producteurs d'électricité d'urgence alimentés par diesel, qui peuvent monter jusqu'à 331 USD/MWh.

### **Promouvoir la production d'énergie solaire photovoltaïque à l'échelle industrielle**

À la lumière de la baisse des coûts et de la résilience du Mali au changement climatique, le gouvernement pourrait bien considérer le déploiement rapide de l'énergie solaire. Pour ce faire, diverses recommandations sont proposées.

- Conduire une évaluation complète du statut actuel et du développement futur de ressources hydroélectriques en fonction des projections hydrologiques et des changements de débit d'eau dans les bassins Niger et Sénégal et de leurs effets sur les secteurs économiques vulnérables comme l'agriculture (sécurité alimentaire) et la santé, ainsi que des projections de la demande en électricité à moyen et long termes ; et développer une feuille de route de développement hydroélectrique en conséquence.

- Développer un plan directeur pour le secteur de l'énergie qui comprend de façon adéquate des solutions rentables et durables d'énergies renouvelables, dans le contexte de la mise en œuvre du Plan Directeur des Investissements Optimaux 2014-2035 et des Plans Actions Nationaux des Energies Renouvelables (PANER) et de l'Efficacité Énergétique (PANEEE).

- Avec le soutien de partenaires internationaux, tels que le Fonds Vert pour le Climat, le Fonds pour l'Environnement Mondial et le Mécanisme de Développement Durable, développer et mettre en œuvre une stratégie de résistance à long terme face au changement climatique, qui prend en compte le secteur énergétique du Mali.

<sup>19</sup> L'évaluation de sites par l'IRENA se concentre sur la viabilité financière des projets solaires et éoliens consacrés au développement afin d'établir des prix de référence pour un processus d'appel d'offre en lien avec les différents sites. Cette évaluation permettra aux autorités locales, ainsi qu'aux développeurs de projets, de comprendre leur logique économique, mais aussi le potentiel et rendement de leurs investissements. Elle est basée sur les apports des pays tels que le coût du capital, la disponibilité du réseau, les coordonnées géographiques, les rentrées fiscales et la capacité installée.

<sup>20</sup> La sélection du site s'appuie sur une demande officielle du GdM à l'IRENA.

## Exploiter le potentiel bioénergétique pour la production d'électricité

Comme souligné dans la section 2.1 du chapitre 2, le Mali dispose de ressources bioénergétiques importantes qui peuvent entraîner un changement de paradigme dans l'approvisionnement en électricité. Une évaluation approfondie menée à l'échelle du pays sur les ressources bioénergétiques et un cadre réglementaire sont des étapes clés pour une meilleure utilisation des ressources.

## Évaluer le potentiel des diverses ressources bioénergétiques

À ce jour, aucune évaluation détaillée n'a été menée sur le potentiel bioénergétique du pays, ni sur les industries du coton et du sucre. De telles analyses, incluant la production d'énergie, ont été menées uniquement en lien avec les résidus de la culture du riz par l'agence danoise DANIDA. Ces évaluations doivent cartographier les différentes sources bioénergétiques potentielles à travers le pays, et inclure un cadre robuste d'aide à leur utilisation, spécialement en lien avec la production d'énergie, et en particulier, via la cogénération de déchets et leur valorisation.

## Développer une politique bioénergétique globale qui prend en compte les autres stratégies sectorielles

Pour la production d'énergie à échelle industrielle, une évaluation approfondie des installations de traitement des matières premières biomasse (par exemple, la bagasse issue de la production et des déchets de sucre, utilisée dans l'industrie importante du coton du Mali) doit être menée. L'exemple de N'Sukula, une usine de sucre qui utilise la bagasse pour produire de l'énergie pour sa propre consommation ainsi que pour le réseau d'EDM, pourrait être adapté en adoptant des politiques et incitations pour l'utilisation de cette ressource.

En résumé, un cadre politique global est nécessaire pour soutenir les stratégies à moyen et long termes des secteurs de l'agriculture et de l'industrie, en vue de rationaliser leur approche de modernisation de l'utilisation de ressources forestières et potentiellement de créer un marché des résidus de sucre, de coton et des cultures énergétiques. Par ailleurs, une stratégie et un plan directeur pour la bioénergie, prenant en compte une évaluation approfondie du potentiel d'un approvisionnement durable en matières premières pour produire de l'énergie, devraient être développés.

## Développer et adopter un code du réseau électrique

Un code du réseau est un élément critique dans la gestion et l'exploitation d'un système de production d'énergie. Étant donné que l'électricité issue des énergies renouvelables nécessite des conditions flexibles pour une intégration adéquate, il est important que le code du réseau prenne en compte les options qui permettraient l'intégration d'énergie renouvelable sans mettre en péril la sécurité et la stabilité du réseau. (IRENA, 2016a).

Suites aux discussions du RRA, il a été recommandé que le Mali développe et adopte un code de raccordement au réseau qui permette, entre autres, l'accès des tiers au réseau, dans le cas des PIE. Le Mali doit aussi fournir des directives et normes pour s'adapter à l'électricité venant de sources intermittentes.

Une consultation avec les intervenants pertinents est cruciale, car les codes de raccordement au réseau ont un impact sur tous les acteurs impliqués dans le système de production d'énergie. En impliquant les parties adéquates, les codes pourront être mis en œuvre sans mettre le système en péril. Dans le même temps, les responsabilités peuvent être partagées équitablement entre les intervenants. Par ailleurs, des bonnes pratiques doivent être tirées des pays précurseurs en termes d'intégration d'une part importante d'énergies renouvelables variables dans les systèmes de production d'énergie.

Il est essentiel d'éviter de copier aveuglement les codes de réseau d'autres pays sans prendre en compte au préalable les éléments du contexte local tels que la taille du système électrique (par exemple, puissance installée, production, consommation, actifs, profil de charge), sa flexibilité et la distribution de production et de charge ; le niveau d'interconnexion ; les exigences en matière de niveau de tension; les instruments politiques mis en place pour favoriser l'adoption des énergies renouvelables variables ; les caractéristiques des générateurs conventionnels (par exemple, carburant, technologie, flexibilité opérationnelle) ; et la planification énergétique et les pratiques d'exploitation de système de production d'énergie (IRENA, 2016a).

Outre l'adoption d'un code du réseau, établir un processus de révision prévisible augmentera la fiabilité et la sécurité du système, simplifiant ainsi l'adoption de changements de technologies et de pratiques d'exploitation. Cela permettra également de faciliter la future planification du système. Un guide complet pour le développement de codes de raccordement au réseau pour l'intégration des énergies renouvelables est disponible dans le rapport "Scaling Up Variable Renewable Power: The Role of Grid Codes (IRENA, 2016a)

## Améliorer les cadres incitatifs pour les investissements privés dans les énergies renouvelables et adopter des politiques et des systèmes de réglementation forts

Le Regulatory Indicators for Sustainable Energy, outil conçu par la Banque mondiale pour évaluer les cadres politiques nationaux promouvant l'accès aux services énergétiques modernes, l'efficacité énergétique, et les énergies renouvelables, est une référence pour la préparation d'un pays à soutenir les investissements dans les énergies durables. La dernière version de l'outil donne un score de 21 au Mali ("Few or no elements of a supportive policy framework have been enacted", ce qui signifie que peu ou aucun élément d'un cadre politique de soutien n'a été promulgué) (ESMAP, 2018).

Dans son évaluation annuelle du statut global du déploiement des énergies renouvelables, le REN21 souligne que même si le Mali a mis en place une stratégie des énergies renouvelables, il manque encore des instruments de régulation pour soutenir la mise en œuvre. Ces derniers doivent inclure des tarifs de rachat et des primes de paiement ; des normes pour les quotas de fournisseurs d'électricité et les énergies renouvelables ; le comptage net et la facturation ; des obligations/mandats de mélange de biocarburants ; des obligations et mandats de chaleur renouvelable ; des crédits d'énergies renouvelables négociables ; et des processus d'appel d'offres (REN21, 2019). Le REN21 note également la présence d'incitations fiscales, ainsi que de prêts et de subventions publics. Au moment du RRA, les programmes de prêts publics ciblant le déploiement et la politique des énergies renouvelables au Mali étaient limités au Projet Prêt- Énergies Renouvelables, soutenu par la Banque Mondiale. Le projet se concentre sur le financement par des banques locales des installations solaires domestiques hors-réseau, basé sur une ligne de crédit gouvernementale. Ce projet innovant actuellement arrêté devrait objectivement être relancé à la suite d'une évaluation rigoureuse des activités réalisées. L'initiative en elle-même ne suffit pas à surmonter les défis auxquels le sous-secteur des énergies renouvelables du Mali doit faire face mais, bien réalisée, elle offrira une base réelle de la pénétration accrue rapide des EnR.

Afin que le Mali puisse réaliser son ambition en matière d'EnR, un cadre politique globalement plus incitatif est nécessaire. Il doit aller au-delà du contexte technologique et couvrir non seulement les politiques qui facilitent l'accès au financement, mais aussi soutenir le déploiement des énergies renouvelables (par exemple des approches réglementaires telles que les politiques ou mandats et obligations concernant le rachat ; l'éducation et la formation ; le développement d'infrastructure). D'autres facteurs, comme le haut niveau de risque politique et économique, compliquent les investissements privés dans les énergies renouvelables. Pour être efficaces, les politiques requièrent un environnement réglementaire stable, une problématique qui dépasse le secteur de l'énergie.

## Fournir des solutions d'atténuation des risques et de promotion de financement mixte

Outre les risques politiques et macroéconomiques, les sociétés d'électricité et acheteurs traditionnels au Mali, comme dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, font face à de sérieux obstacles lorsqu'il s'agit de remplir leurs obligations de paiement dans les temps et de façon fiable conformément aux CAE. Ainsi, les banques sont réticentes à accorder des prêts aux PIE de peur qu'ils ne soient pas remboursés dans les délais prévus si ces derniers ne sont pas réglés dans les temps pour l'électricité fournie. Des instruments d'atténuation des risques (IAR) et des initiatives (telles que RLSF) doivent alors être élaborés pour accélérer la mise en œuvre des projets d'EnR matures. Pour y parvenir, par exemple, des banques réputées peuvent émettre des lettres de crédit de soutien et fournir les garanties nécessaires afin que les PIE puissent fonctionner pendant six mois, dans le cas où ils ne seraient pas payés par la société d'électricité.

Il existe d'autres solutions d'atténuation des risques, comme la couverture du risque politique (par exemple, des garanties, des assurances), le risque de taux d'intérêt et le risque de change (par exemple, taux d'intérêt et change à terme, swaps), et le risque lié aux ressources, entre autres. Ces solutions sont proposées par les institutions de financement du développement (IFD), les assureurs, les organismes de crédit à l'exportation et autres, tels que l'Agence Multilatérale de Garantie des Investissements, la Société de Promotion des Investissements Privés à l'Étranger, l'Agence pour l'Assurance du Commerce en Afrique, le Fonds de Change en Devises, l'Agence Française de Développement, la Banque Africaine de Développement et GuarantCo, pour ne citer que quelques noms. L'établissement d'IAR constitue souvent une clé pour rendre les projets d'EnR fiables financièrement, attirant ainsi les capitaux du secteur privé. Pour comprendre et simplifier l'accès à ces types d'instruments, l'IRENA lancera une plateforme en ligne pour les intervenants du secteur (à savoir les développeurs, prêteurs et autres investisseurs) afin de collecter des données sur les IAR en lien avec les énergies renouvelables, fournissant ainsi en même temps une vue d'ensemble complète des IAR disponibles, et des informations sur leur fonctionnement.

En parallèle des efforts réalisés pour réduire les risques des projets d'EnR, des transactions financières mixtes devraient être encouragées pour injecter du capital privé local sur le marché des énergies renouvelables du Mali, en plus des institutions telles que les IFD. Ces transactions peuvent prendre la forme de syndications, de rétrocessions ou de cofinancements<sup>21</sup> et aider les fournisseurs de capital locaux à gagner de l'expérience (pour bénéficier de l'expérience des banques de développement en termes de financement de projets d'EnR), réduire les coûts de financement et répartir les risques sur un groupe de prêteurs plus large (IRENA, 2016b).

<sup>21</sup> On parle de rétrocessions lorsque des institutions financières publiques utilisent une cote de crédit élevée pour emprunter à des taux faibles, ce qui rétrocède la dette aux institutions locales sous forme de lignes de crédit à faible taux d'intérêt. On parle de cofinancement (ou syndication) lorsque plusieurs financiers apportent du capital pour un projet. Ainsi, les institutions locales pourront utiliser leur expérience des IFD, provenant du financement de projets d'énergies renouvelables, ou éviter de prendre des risques qu'elles ne peuvent assumer.

## 4.2. Énergies renouvelables hors-réseau

Les solutions d'énergies renouvelables hors-réseau sont cruciales pour atteindre l'accès universel à l'électricité, en particulier dans un pays comme le Mali dans lequel moins de 20 % de la population rurale a accès à l'électricité. Les énergies renouvelables hors-réseau permettront de créer des opportunités et des avantages qui vont au-delà de l'éclairage de base et de la communication pour les communautés rurales, contribuant ainsi au développement de plusieurs besoins, dont le plus critique est l'amélioration des services de santé ruraux.

En se basant sur la disponibilité des ressources à travers le Mali, le processus RRA a identifié l'hydroélectricité, l'énergie solaire et la bioénergie comme étant des options appropriées. Ces solutions permettent d'approvisionner les zones isolées en électricité et autres services énergétiques.

Allant au-delà des politiques habilitantes et des cadres réglementaires effectifs, les discussions du RRA se sont concentrées sur les points prioritaires : la régulation des tarifs et les politiques concernant l'arrivée du réseau et le contrôle de la qualité.

### Adopter des politiques et réglementations pour soutenir le domaine croissant des mini-réseaux

La stratégie d'électrification rurale du Mali repose actuellement sur une approche en mini-réseaux décentralisés, coordonnée par l'AMADER et financée via des allocations budgétaires et des programmes de développement de partenaires internationaux. Un effort accru est entrepris pour convertir la plupart des mini-réseaux existants, traditionnellement alimentés à partir du diesel, en systèmes hybrides, et limiter la délivrance de nouveaux permis d'électrification rurale au installations hybrides.



L'approche actuelle d'électrification rurale a permis de faire passer le taux d'électrification de 1 % en 1999 à 17 % en 2018. En dépit de ces progrès, il demeure deux principaux domaines de préoccupation pour les investisseurs privés dans les mini-réseaux, à savoir (i) la durée de la vigueur aux investissements, et (ii) le cadre réglementaire adéquat pour ce sous-secteur.

D'un point de vue opérationnel, le soutien de l'AMADER aux exploitants privés s'arrête au stade de l'investissement (avec une subvention pouvant aller jusqu'à 80 % des coûts initiaux). Les exploitants se retrouvent ainsi seuls à naviguer dans un environnement complexe sans assistance. Pour la plupart des installations électriques hybrides, le diesel importé représente une part significative des dépenses. Si l'on y ajoute les faibles recettes, le revenu mensuel ne permettra, dans de nombreux cas, que de couvrir l'approvisionnement en diesel pour une semaine, aggravant encore davantage la situation financière, ce qui pourrait mener à la faillite de nombreux gestionnaires privés. (Il est important de noter que suite à des faillites, le nombre d'exploitants privés d'électrification rurale a baissé considérablement, passant de 300 à 47 à l'heure actuelle.) De telles insolvabilités affectent l'analyse de rentabilisation de l'électrification rurale au Mali. Par ailleurs, étant donné le prix élevé du carburant, l'électricité est fournie pour un maximum de 12 heures par jour (parfois moins) afin de minimiser les pertes pour les exploitants. Cette limitation restreint l'activité économique dans ces communautés rurales isolées. En revanche, si des approches et des modèles commerciaux étaient établis en fonction du consommateur, une augmentation de l'électricité pourrait stimuler davantage la consommation des gros clients, créant ainsi un impact socio-économique plus profond et une augmentation du revenu des exploitants privés.

En ce qui concerne le revenu, l'AMADER a instauré un régime tarifaire fixe pour uniformiser les tarifs dans les zones rurales. Ces tarifs sont alignés sur les coûts de production et sont excessifs (entre 0.48 et 0.55 USD/kWh environ) par rapport aux tarifs appliqués dans les zones urbaines (qui descendent à 0.17 USD/kWh). Un tarif uniforme fixe qui ne reflète pas les coûts pourrait affaiblir la viabilité des projets d'électrification rurale en cours et en prévision dans le pays.

Étant donné qu'il s'agit de la principale préoccupation des exploitants privés, les politiques et programmes d'aide devraient être conçus sur mesure et suffisamment dynamiques pour soutenir de manière efficace un marché en croissance. De plus, une régulation efficace est essentielle, tout particulièrement dans le domaine des mini-réseaux. Elle devrait inclure des tarifs flexibles pour les projets de mini-réseaux, afin de favoriser la viabilité commerciale, d'encourager l'innovation dans la conception et le financement de technologies et de modèles commerciaux en vue de réduire les coûts, de mettre en place des mécanismes de contrôle de la qualité des équipements, et d'améliorer l'efficacité.

## Développer une politique claire d'arrivée du réseau

Au Mali, la possibilité d'une arrivée intempestive du réseau national génère une grande incertitude affectant la viabilité à long terme des mini-réseaux, étant donné qu'il n'existe aucune disposition réglementaire concrète (pour l'interconnexion et les mécanismes de compensation) sur le délai d'arrivée du réseau. Ce risque a longtemps été l'un des principaux défis auxquels les exploitants privés de mini-réseaux ont dû faire face dans le monde, et plusieurs options d'atténuation ont été proposées ou émises par les décideurs politiques et les régulateurs aux cours des dernières années. Une étude récente de l'ESMAP (Tenenbaum et al., 2018) a révélé que les cinq options les plus courantes sont :

- La conversion en petit producteur d'électricité (PPE) raccordé au réseau principal ;
- La conversion en petit distributeur d'électricité (PDE) ;

- La conversion pour servir en tant que PPE et PDE raccordé au réseau principal ;
- La possibilité pour le mini-réseau d'approvisionner les clients, en parallèle du réseau principal, mais sans interconnexion, et ;
- La garantie que le développeur du mini-réseau reçoive une compensation et que l'exploitant du réseau principal assume la responsabilité.

Il est recommandé que le Mali adopte l'une de ces options pour atténuer les risques encourus par les exploitants privés de mini-réseaux en ce qui concerne l'arrivée du réseau.

### Encadré 4: Qu'advient-il avec l'arrivée du réseau? Étude sur les expériences des pays\*

*\*réalisée par l'Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)*

La conversion du mini-réseau en un petit producteur d'électricité raccordé au réseau principal a été mise en œuvre dans plusieurs pays (comme l'Indonésie, le Sri Lanka et la République Unie de Tanzanie, par exemple), où l'exploitant du réseau principal achète l'électricité produite par les mini-réseaux. Une étude a établi que les facteurs clés de réussite qui ont permis la conversion en petits producteurs d'électricité sont réglementaires et socio-économiques. Par exemple, en Indonésie, le Décret ministériel No. 1122K/30 sur la production d'énergie distribuée à petite échelle à l'aide d'énergies renouvelables rend obligatoire pour l'exploitant du réseau principal l'achat d'électricité auprès des mini-réseaux situés à proximité du réseau principal. De la même manière, le cadre réglementaire pour les petits producteurs d'électricité

récemment révisé en République Unie de Tanzanie, met en avant des tarifs d'achat d'énergie standardisés et des CAE à petite échelle pour permettre aux mini-réseaux de vendre de l'électricité au réseau principal ou aux réseaux isolés détenus par le fournisseur national (Odorno et al., 2017). Le succès du Cambodge, qui a converti un nombre record de 250 mini-réseaux en petits producteurs d'électricité, est un exemple de l'efficacité de cette stratégie pour la survie des mini-réseaux. L'étude réalisée par l'ESMAP souligne que l'approche adoptée par le Cambodge pour inciter les investisseurs dans les mini-réseaux à standardiser l'infrastructure de distribution inclut des suppléments tarifaires, ce qui a largement contribué à son succès. Tenenbaum, et al. (2018).

## Développer des normes de contrôle de la qualité pour les équipements et installateurs dans le sous-secteur des énergies renouvelables

Dans le contexte du Mali, le marché de l'électrification rurale devrait également être exploité pour promouvoir la production locale. Par exemple, la société Horonya Solaire, qui assemble des panneaux solaires, emploie environ 30 salariés et a une capacité de production qui atteint 150 panneaux par jour pour les marchés national et régional. Un marché plus vaste et plus dynamique stimulerait l'industrie locale par la fabrication des éléments d'installations solaires, même si cela nécessiterait une certaine coordination au sein de la région de la CEDEAO en termes de synergie et de complémentarité. Une telle impulsion soulèverait en revanche la question des normes de contrôle de la qualité, qui nécessiteraient un accord aux niveaux national et sous-régional, un sujet qui fait actuellement débat.

Pour soutenir cet effort, le Gouvernement du Mali pourrait envisager d'équiper l'AER-Mali d'un laboratoire et des équipements nécessaires pour tester les produits importés et fabriqués localement, en vue d'établir des normes d'équipement qui soutiendraient le marché des produits des EnR. Pour qu'un marché soit durable, l'assurance qualité est primordiale à plusieurs niveaux. Des équipements d'EnR de qualité ne peuvent fournir les services attendus que si les systèmes sont conçus, installés et entretenus par des personnes hautement qualifiées.

Les discussions du RRA ont souligné le manque relatif de techniciens qualifiés pour le dimensionnement, la conception, l'installation et la maintenance de dispositifs solaires au Mali. Ceci étant un problème courant dans la région, l'IRENA travaille avec des homologues régionaux à l'établissement d'un programme régional de certification (encadré 5) pour les installateurs solaires PV. Le Mali pourrait également bénéficier de ce programme pour doter le marché local de techniciens hautement qualifiés pour combler la pénurie de compétences techniques du pays.

### Encadré 5: Programme de certification régional pour installateurs solaires PV : Afrique de l'Ouest

L'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) soutient le Centre pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO pour l'établissement et le pilotage d'un programme régional harmonisé visant à renforcer les ressources humaines pour appuyer le développement des énergies renouvelables dans les états membres de la CEDEAO. Le programme, appelé Certification des Compétences en Énergie Durable (CCEDC), améliore les compétences des ressources humaines travaillant dans le domaine des énergies renouvelables, notamment les techniciens solaires PV hors-réseau. L'objectif de ce programme est de soutenir le développement des marchés des énergies renouvelables dans les pays de la CEDEAO. Le CEREEC agit en tant qu'instance dirigeante du programme CCEDC. L'IRENA joue un rôle de conseil jusqu'à ce qu'une entité juridique distincte soit établie. Cette initiative est également soutenue par la Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Le programme CCEDC exige que les techniciens passent des examens agréés à l'échelle sous-régionale sur la base d'une Analyse des Tâches Professionnelles (ATP) afin de garantir un niveau de compétence uniforme dans toute la région. À l'heure actuelle, les ATP pour les techniciens solaires PV hors-réseau, ainsi que les processus et processus opérationnels, le contenu des examens et les procédures, ont été développés en anglais et en français avec le soutien de l'IRENA, et ont été approuvés par les membres de la CEDEAO.

Le programme CCEDC a été piloté avec succès avec des examens écrits et pratiques qui ont eu lieu au sein de l'École Supérieure Polytechnique de Dakar, au Sénégal, en janvier 2019, et de l'Université des Sciences et Technologies Kwame Nkrumah en juin 2019 à Kumasi, au Ghana. Le programme est étendu à d'autres pays de la CEDEAO, avec des examens prévus au Burkina Faso, au Cap-Vert et au Nigeria au cours du troisième trimestre 2019, alors que le développement d'ATP pour des compétences supplémentaires a débuté, comme celles des inspecteurs certifiés solaires PV avec raccordement au réseau, certifiés solaires PV de mini-réseaux et solaires PV.



### 4.3. Structure institutionnelle et renforcement des compétences

#### Renforcer les processus institutionnels

Une approche plus rationalisée des processus institutionnels est essentielle pour une adoption efficace des énergies renouvelables au Mali. La problématique des mandats institutionnels qui se chevauchent a souvent été soulignée, rendant difficile la création d'une synergie pour adhérer à leurs mandats.

Selon ce principe, le Projet d'Appui à la Promotion des Énergies Renouvelables au Mali (PAPERM), dirigé par les Fonds d'investissements climatiques, vise à réformer et rationaliser le secteur de l'énergie en réalisant une analyse approfondie du cadre institutionnel et réglementaire global. Les institutions concernées pourraient ainsi évaluer les politiques et activités, et combler les lacunes du secteur de l'énergie au Mali, en particulier le manque de compétences, de manière cohérente.

#### Améliorer les capacités techniques pour un déploiement des énergies renouvelables à grande échelle

L'évaluation et l'amélioration des capacités techniques en termes de disponibilité des capacités humaines sur toute la chaîne de valeur, les capacités des institutions d'appui, les capacités d'infrastructure de réseau, etc. amélioreraient la préparation du pays à l'intégration de parts plus importantes d'énergies renouvelables variables. Un programme de renforcement de capacité sur mesure améliorerait les compétences des intervenants clés en stimulant les systèmes de planification des énergies renouvelables nationaux et régionaux, ainsi que le marché régional de l'énergie. Dans ce contexte, le Mali, en tant que membre de l'EEEOA, peut bénéficier du programme de renforcement de capacité de l'IRENA sous l'initiative du Couloir Ouest-Africain de l'Énergie Propre (WACEC) qui met l'accent non seulement sur la formation technique dans la planification et l'exploitation des réseaux intégrant une grande part d'énergie renouvelables intermittentes, mais aussi sur les visites d'étude dans des pays ayant plus d'expérience dans l'intégration des EnR sur son réseau national.

La négociation de CAE représente une autre contrainte dans le déploiement de projets d'énergies renouvelables raccordés au réseau. Jusqu'à présent, les CAE au Mali sont passés au cas par cas et conclus uniquement pour la production d'énergie hydroélectrique et basée sur des combustibles fossiles. Il serait possible d'attirer des investissements dans l'électricité basée sur les énergies renouvelables variables si la bancabilité des CAE était renforcée.

Le Mali devrait, par conséquent, engager des consultations pour le développement d'un CAE standardisé pour améliorer la fiabilité financière des projets d'énergies renouvelables. L'IRENA et l'Initiative Terrawatt se concentrent sur ce défi particulier en collaboration avec divers groupes de travail (par exemple, des cabinets juridiques, des institutions financières et d'autres intervenants de l'industrie essentielle). Ensemble, ils ont lancé les Open Solar Contracts, une initiative visant à standardiser les documents clés nécessaires dans les projets solaires PV, notamment les documents associés aux CAE, aux contrats d'exploitation et de maintenance, aux contrats de fourniture, aux contrats d'adaptation et de mise en service, aux contrats de financement d'installations, ainsi que les directives de développement et de mise en œuvre de projet.

#### Renforcer les capacités locales pour le développement, l'évaluation et le financement de projets d'énergies renouvelables bancables

Outre les cadres politiques et réglementaires mentionnés précédemment, le faible niveau d'implication du secteur privé local dans les investissements en EnR au Mali est également lié au manque de connaissances du secteur financier local quant aux technicités et opportunités commerciales que représentent un investissement dans les énergies renouvelables, ce qui donne l'impression que les projets d'EnR représentent un risque élevé. Ainsi, l'accès limité des divers acteurs aux informations qualitatives du secteur et le manque de connaissances relatives aux méthodes d'allocation et d'atténuation des risques pertinentes pour les projets d'EnR sont des facteurs importants. Dans un effort visant à encourager un marché de l'énergie qui inclut le secteur privé, il est crucial que les acteurs potentiels atteignent le même niveau de connaissances, plus particulièrement spécifiques à leurs besoins.

Le soutien au secteur privé doit aussi prendre la forme d'un renforcement des capacités locales en termes de préparation, de développement, de financement et de mise en œuvre de projets. Ce soutien serait essentiel pour les exploitants du marché hors-réseau, et nécessiterait des partenaires de développement internationaux pour soutenir les projets d'EnR fiables financièrement.

Des campagnes de sensibilisation sous forme de formations devraient être proposées aux institutions financières locales pour augmenter leur niveau de compréhension des technologies d'EnR en plus de renforcer leur capacité à développer des lignes de financement pour les projets d'EnR. Étant donné que le Mali est impliqué dans plusieurs institutions politiques, financières et sectorielles régionales, ces efforts de renforcement des capacités devraient être complétés par le Regional Off-Grid Electrification Project (ROGEP) (mis en œuvre par le CEREEC) qui comprend, entre autres, l'option de lignes de crédit pour plusieurs banques commerciales locales afin de leur permettre de soutenir des entrepreneurs locaux. Cela permettrait au secteur privé malien d'accéder à plus de financements auprès de banques commerciales locales.



## Établir des processus efficaces de collecte et gestion de données énergétiques ainsi que de renforcer les capacités requises

Comme pour la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne, la recherche de données fiables, cohérentes et actualisées sur la situation énergétique et le potentiel du Mali représente un défi de taille. Les pays d'Afrique de l'Ouest ont des définitions et hypothèses différentes concernant les indicateurs de base (par exemple, le taux d'accès à l'électricité, le taux de couverture), et des mécanismes de collecte et de traitement de données statistiques divergents. Cette situation entraîne des différences entre les données des pays, malgré des conditions similaires dans toute la région. Le besoin urgent de standardiser les définitions d'indicateurs dans la région bénéficierait à tous les pays.

Par ailleurs, l'Afrique subsaharienne doit également surmonter son manque de ressources institutionnelles et humaines nécessaires pour collecter des données statistiques précises et opportunes sur l'énergie et les énergies renouvelables. Elle doit aussi remédier au manque de conseils pour comprendre

non seulement les défis méthodologiques émergents associés aux données statistiques sur les énergies renouvelables, mais aussi l'évolution rapide de la production et la consommation d'énergies renouvelables, qui ne sont pas toujours reflétées de manière opportune dans les données statistiques officielles.

Le processus RRA au Mali a rencontré de nombreux obstacles en raison du manque de données statistiques disponibles pour évaluer les indicateurs critiques du secteur de l'énergie (par exemple, la principale source d'approvisionnement en énergie primaire totale, la consommation d'énergie par secteur, le taux d'électrification rurale). Ceci est dû à l'absence de formation statistique sur l'énergie dans les ministères et agences gouvernementales, au manque de financements et d'allocations budgétaires adéquats pour la réalisation d'enquêtes et de recensements, ainsi qu'à l'incapacité des entités statistiques à conserver un personnel qualifié. Les activités statistiques de renforcement des capacités liées à la collecte, au traitement et à la diffusion de données sur les énergies renouvelables aideraient non seulement le Mali, mais aussi toute l'Afrique de l'Ouest, à développer un processus de gestion des données systématique et efficace.

### Encadré 6: Outils et services de l'Agence Internationale pour les Energies Renouvelables pour aider à réduire les coûts de projets et soutenir la création d'un marché des énergies renouvelables.

**Site Assessment Service:** pour qu'un pays soutienne efficacement le déploiement accéléré des énergies renouvelables, il doit identifier des sites de projets adéquats riches en ressources, mais aussi financièrement viables. L'IRENA a donc développé le Site Assessment Service pour évaluer la pré faisabilité financière des sites éoliens et solaires. Le résultat de cet outil d'évaluation est un tarif qui peut servir de référence pour les projets comparables afin d'aider les pays dans le processus de planification et de négociation de projets du secteur de l'énergie. Cet outil de service couvre les centrales éoliennes et solaires à l'échelle industrielle, les systèmes de stockage d'énergie solaire et les systèmes hybrides solaires-diesel.

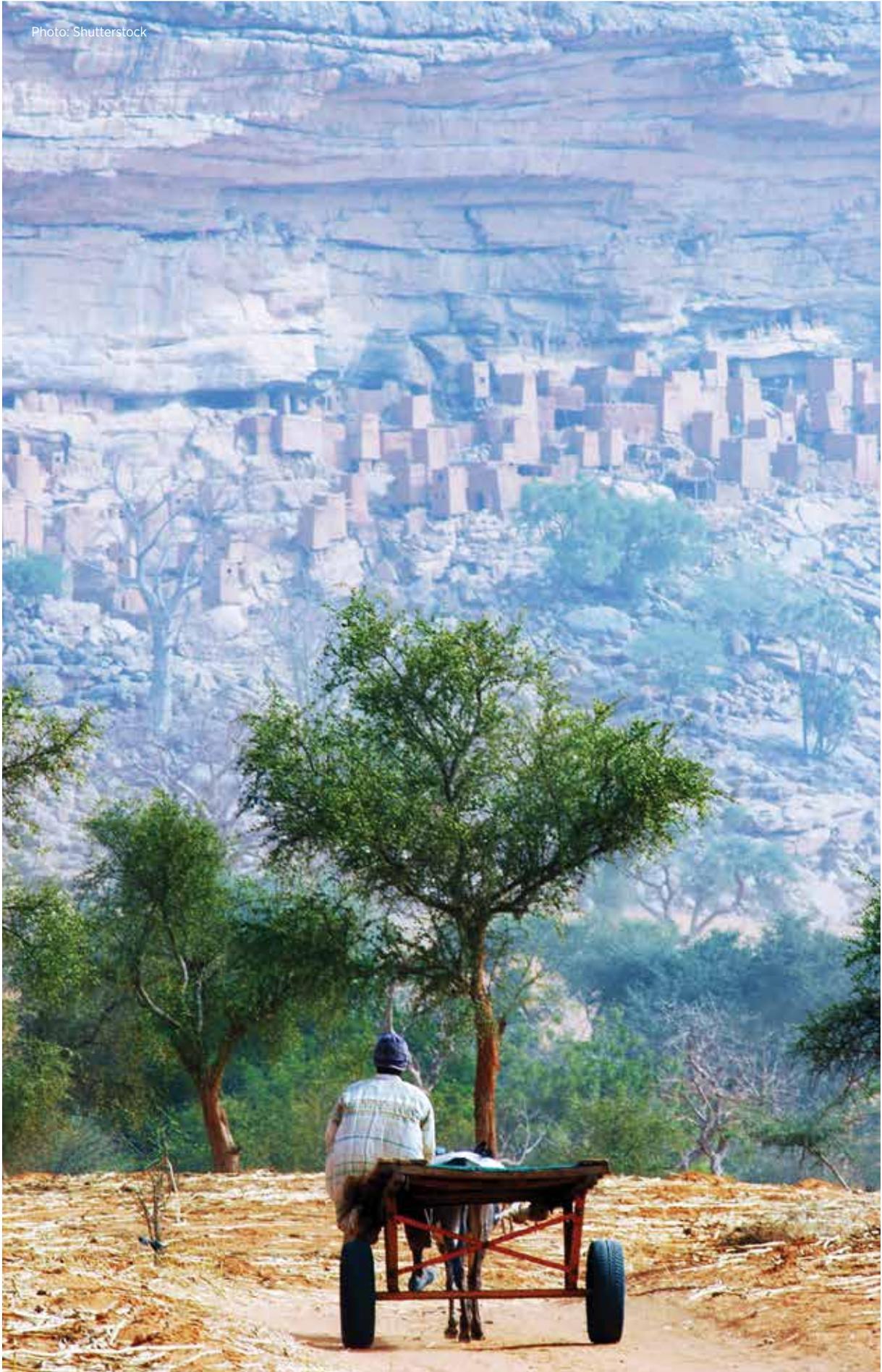
Le Site Assessment Service est un outil innovant et économique permettant d'analyser les sites potentiels pour le développement des énergies éolienne et solaire dans un pays spécifique. Il se compose de deux modèles liés pour l'évaluation des ressources et la production d'énergie, et d'un modèle financier simplifié. Ces modèles indiquent la faisabilité technique et économique des sites de projets solaires et éoliens potentiels.

Le service permet aux ministères et aux entités gouvernementales d'accroître leurs chances de réussite en analysant une liste des sites éoliens et solaires potentiels afin de sélectionner les plus prometteurs ou en identifiant, parmi des zones hautement prioritaires, les sites économiquement viables avant de prendre des mesures au sol plus approfondies. Les évaluations de sites peuvent également être utilisées par les autorités locales lors de la négociation avec des développeurs indépendants potentiels.

**Project Navigator:** cette plate-forme en ligne fournit des informations complètes et pratiques, ainsi que des conseils pour le développement de projets d'énergies renouvelables financièrement viables. L'outil comprend un processus de cycle de vie de projet structuré en plusieurs phases distinctes et conçu pour soutenir le développement progressif des projets d'énergies renouvelables. À ce stade, les guides de développement de projet sont disponibles pour les systèmes éoliens terrestres, solaires PV, de biomasse ligneuse, les petites centrales hydroélectriques, les mini-réseaux et les installations solaires domestiques.

**Sustainable Energy Marketplace:** cette plate-forme en ligne réunit les promoteurs de projets, les investisseurs/financiers, les fournisseurs de services et de technologies pour mener des projets à bien. Dans la section Afrique du Sustainable Energy Marketplace, l'IRENA a mené des évaluations de projet et permet de mieux comprendre les exigences des projets dans la région. Les données sont ensuite appliquées lors de la mise en correspondance et de la liaison des projets avec les institutions financières et autres intervenants pertinents, selon le projet.

Photo: Shutterstock



# RÉFÉRENCES

**AfDB (African Development Bank) (2016)**, *Scaling-Up Renewable Energy Program In Low-Income Countries - Mali: Segou Solar PV Project*, African Development Bank, Abidjan, [www.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/meeting-documents/srep\\_set\\_aside\\_-\\_segou\\_solar\\_pv\\_project\\_-\\_appraisal\\_report\\_-\\_afdb\\_final.pdf](http://www.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/meeting-documents/srep_set_aside_-_segou_solar_pv_project_-_appraisal_report_-_afdb_final.pdf).

**AfDB (African Development Bank) (2015)**, *Renewable Energy in Africa: Mali Country Profile*, African Development Bank, Abidjan, [www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Profil\\_ER\\_Mal\\_Web\\_light.pdf](http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Profil_ER_Mal_Web_light.pdf).

**ATI (African Trade Insurance Agency) (2016)**, *Annual Report and Accounts*, ATI, Nairobi. [www.ati-aca.org/wp-content/uploads/2017/11/2016-Annual-Report-English.pdf](http://www.ati-aca.org/wp-content/uploads/2017/11/2016-Annual-Report-English.pdf).

**DNE (2016)**, "Opportunités d'Investissement dans le Secteur de l'Énergie au Mali", presentation at the 18th Africa Energy Forum, [www.energynet.co.uk/webfm\\_send/1611](http://www.energynet.co.uk/webfm_send/1611).

**DNM (Direction Nationale de la Météorologie) (2007)**, *Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques*, Ministère de l'Équipement et des Transports; Direction Nationale de la Météorologie, Bamako, [www.adaptation-undp.org/sites/default/files/downloads/mali\\_napa.pdf](http://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/downloads/mali_napa.pdf).

**ECREEE (2013)**, *ECOWAS Renewable Energy Policy*, ECOWAS Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency (ECREEE), Praia, [www.ecreee.org/page/ecowas-renewable-energy-policy-erep](http://www.ecreee.org/page/ecowas-renewable-energy-policy-erep).

**EDM (Électricité du Mali S.A.) (2019)**, *Caractéristiques du Système Électrique EDM-SA*, [www.edm-sa.com.ml/index.php/2014-05-27-14-05-11](http://www.edm-sa.com.ml/index.php/2014-05-27-14-05-11). Accessed on 16 July 2019.

**EDM (2018)**, "EDM en chiffres". [www.edm-sa.com.ml/index.php/2014-06-27-10-06-12](http://www.edm-sa.com.ml/index.php/2014-06-27-10-06-12), accessed on July 20, 2019.

**EDM (2017)**, *Rapport Annuel d'Activités Volume 2/2 Compte Rendu Financier, Exercice 2016*. Énergie du Mali, S.A., Bamako, [www.edm-sa.com.ml/images/EDM%20SA%20rapport%20annuel%20d%27activit%C3%A9s%202016%20CRF%20vsc%2023082017vCLF.pdf](http://www.edm-sa.com.ml/images/EDM%20SA%20rapport%20annuel%20d%27activit%C3%A9s%202016%20CRF%20vsc%2023082017vCLF.pdf).

**EDM (2016)**, *Rapport Annuel d'Activités Volume 2/2 Compte Rendu Financier, Exercice 2015*. Énergie du Mali, Bamako, <https://docplayer.fr/111459280-Energie-du-mali-sa-rapport-annuel-d-activites-volume-2-2-compte-rendu-financier.html>.

**ESMAP (2018)**, *Regulatory Indicators for Sustainable Energy*, ESMAP Report. World Bank, Washington, D.C. <http://documents.worldbank.org/curated/en/553071544206394642/pdf/132782-replacement-PUBLIC-RiseReport-HighRes.pdf>

**GoM and ECOWAS (Government of Mali and Economic Community of West African States) (2015)**, *Plan d'Action National d'Énergies Renouvelables (PANER), période 2015-2020/2030*, Ministère de l'Énergie et de l'Eau, Bamako, [www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country\\_PANER/Mali\\_Plan\\_d\\_Actions\\_National\\_pour\\_les\\_Energies\\_Renouvelables\\_.pdf](http://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_PANER/Mali_Plan_d_Actions_National_pour_les_Energies_Renouvelables_.pdf).

**GlobalData (2019)**, *Kita Solar PV Park*, <https://power.globaldata.com/PowerPlants/PlantDetails?PlantType=SolarPV&AssetId=56170>, accessed on 03 September 2019.

**IEA (International Energy Agency) (2017)**, *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity*, World Energy Outlook Special Report, International Energy Agency, Paris, [www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport\\_EnergyAccessOutlook.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf).

**IRENA (n.d.)**, *Global Atlas for Renewable Energy: Solar Irradiation Map of Mali*, 'World Bank ESMAP 2018', Base layer 'Google Satellite Map 2018'.

**IRENA (n.d.)**, *Global Atlas for Renewable Energy: Average Wind Speed Map 1km at 200m height: 'DTU 2018'*, Base layer 'OpenStreetMap contributors 2018'.

**IRENA (n.d.)**, *Global Atlas for Renewable Energy: Suitability scoring and areas: 'IRENA 2018'*, Base layer, 'Google Hybrid Map 2018'.

**IRENA (2018a)**, *Renewable Power Generation Costs in 2017*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, [www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA\\_2017\\_Power\\_Costs\\_2018.pdf](http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf).

**IRENA (2018b)**, *West African Power Pool: Planning and Prospects for Renewable Energy 2016/17 Update*, IRENA, Abu Dhabi.

**IRENA (2016a)**, *Scaling up Variable Renewable Power: The Role of Grid Codes*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, [www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA\\_Grid\\_Codes\\_2016.pdf](http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Grid_Codes_2016.pdf).

**IRENA (2016b)**, *Unlocking Renewable Energy Investment: The Role of Risk Mitigation and Structured Finance*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, [www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_risk\\_mitigation\\_and\\_structured\\_finance\\_2016.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_risk_mitigation_and_structured_finance_2016.pdf).

**KfW (2017)**, "Regional Liquidity Support Facility", (Online.) KfW, Frankfurt am Main. [www.kfw-entwicklungsbank.de/ipfz/Projektdatenbank%20/Regional-Liquidity-Support-Facility-36394.htm](http://www.kfw-entwicklungsbank.de/ipfz/Projektdatenbank%20/Regional-Liquidity-Support-Facility-36394.htm).

**Mahé G., et al. (2011)**, "Le fleuve Niger et le changement climatique au cours des 100 dernières années". *Hydro-Climatology: Variability and Change*, Proceedings of symposium J-H02 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, July 2011, [www.researchgate.net/publication/229112040\\_Le\\_fleuve\\_Niger\\_et\\_le\\_changement\\_climatique\\_au\\_cours\\_des\\_100\\_dernieres\\_annees](http://www.researchgate.net/publication/229112040_Le_fleuve_Niger_et_le_changement_climatique_au_cours_des_100_dernieres_annees).

**MEA (Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement) (2011)**, *Seconde communication nationale du Mali sur les changements climatiques*. Bamako, <https://unfccc.int/resource/docs/natc/mlinc2.pdf>

**Ministère de l'Economie et des Finances (2018)**, *Projet de Loi de Finances 2018 – Document de Programmation Pluriannuelle des Dépenses et Projet Annuel de Performance (DPPD-PAP) 2018 – 2020*, Ministère de l'Economie et des Finances, Bamako, [www.finances.gouv.ml/sites/default/files/DPPD-PAP\\_Version%20AN%20du\\_29-09-17.pdf](http://www.finances.gouv.ml/sites/default/files/DPPD-PAP_Version%20AN%20du_29-09-17.pdf).

**NDE (National Directorate of Energy) (2011)**, *SREP MALI – Investment Plan: Scaling up Renewable Energy*, Ministry of Energy and Water, Bamako, [www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/SREP-Mali\\_IP\\_Volume1\\_EN\\_21Sept%20\(2\).pdf](http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/SREP-Mali_IP_Volume1_EN_21Sept%20(2).pdf).

**Odarno, L., et al. (2017)**, *Accelerating Mini-grid Deployment In sub-Saharan Africa: Lessons from Tanzania*, World Resources Institute, Washington, D.C. <http://documents.worldbank.org/curated/en/532751512396163620/pdf/WP-acceleratingminiGRID-deploymentsubaharanafrica-PUBLIC.pdf>.

**Oguntunde, P.G., et al. (2017)**, "Impacts of climate variability and change on drought characteristics in the Niger River Basin, West Africa", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 32(4): 1017-1034, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00477-017-1484-y>.

**PANER (Plan d'Action National d'Energies Renouvelables) (2015)**, Bamako, [www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country\\_PANER/Mali\\_Plan\\_d\\_Actions\\_National\\_pour\\_les\\_Energies\\_Renouvelables.pdf](http://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_PANER/Mali_Plan_d_Actions_National_pour_les_Energies_Renouvelables.pdf)

**PopulationData.net (2019)**, "Mali", (database), [www.populationdata.net/pays/mali/](http://www.populationdata.net/pays/mali/), accessed on 26 February 2019. *REN21 (2019)*, *Renewables 2019 Global Status Report*, Paris. *REN21 Secretariat*, [www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf).

**SIE (Système d'Information Energétique) (2014)**, <http://sieuemoa.org/index.php/statistique/pub/MA>. Accessed on July 20, 2019

**Tenenbaum, B., C. Greacen and D. Vaghela (2018)**, *Mini Grids and the Arrival of the Main Grid: Lessons from Cambodia, Sri Lanka, and Indonesia*. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Technical Report 013/18. Washington, DC: World Bank.

**West African Power Pool (2017)**, *Brief Presentation on the WAPP at the IRENA-WAPP Meeting*. Abu Dhabi, 12 June 2017.

**World Bank (2019)**, *Doing Business 2019: Training for Reform*. World Bank, Washington, D.C. [https://espanol.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/media/Annual-Reports/English/DB2019-report\\_web-version.pdf](https://espanol.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/media/Annual-Reports/English/DB2019-report_web-version.pdf).

**World Bank (2018)**, *Mini Grids and the Arrival of the Main Grid: Lessons from Cambodia, Sri Lanka and Indonesia*. ESMAP Technical Report 013/18, World Bank, Washington, D.C., <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29018/134326.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.

**World Bank (2017a)**, *Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP)*; available at <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=ML>.

**World Bank (2017b)**, *Doing Business 2017*, World Bank, Washington, D.C., [www.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/mali#starting-a-business](http://www.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/mali#starting-a-business).

**World Bank (2017c)**, *Mali Rural Electrification Hybrid System Project* <http://projects.worldbank.org/P131084?lang=en>

**WHO (World Health Organization) (2014)**, [www.who.int/sustainable-development/health-sector/health-risks/energy-access/en/](http://www.who.int/sustainable-development/health-sector/health-risks/energy-access/en/); Accessed on July 20, 2019





P.O. Box 236  
Abu Dhabi, United Arab Emirates  
Tel: +971 2 4179000  
[www.irena.org](http://www.irena.org)

Copyright © IRENA 2019