

Assistance technique pour une étude sur la conversion [**Contrat No: 3000080064**]

Résultat 3.1 Livrable :
Un rapport sur la demande énergétique par
secteur pour les pays sélectionnés. (FR)



Un rapport sur la demande énergétique par secteur pour les pays sélectionnés

Résumé

Ce rapport sur le résultat 3.1 fait partie du troisième des six livrables (les autres incluent les résultats 3.2 et 3.3) de l'étude commandée par le CTCN sur la conversion énergétique de la biomasse dans 15 pays d'Afrique centrale, occidentale et orientale dont l'objectif est d' :

- Évaluer le potentiel bioénergétique des sources de biomasse durables telles que les déchets de bois provenant des opérations d'exploitation forestière et l'industrie.
- Améliorer le boisement et la conversion énergétique des résidus du secteur forestier, et
- Identifier les opportunités de marché pour le secteur privé qui contourneront l'exploitation des sources traditionnelles de biomasse.

L'assistance technique du CRTC est destinée à promouvoir des projets qui établissent une chaîne industrielle durable pour la conversion énergétique de la biomasse forestière en utilisant la forêt plantée, y compris l'agroforesterie comme matière première, la biomasse forestière et les déchets de scierie. Il est prévu qu'il produise les impacts et les co-avantages suivants et contribue aux obligations des pays à l'égard de l'accord de Paris par le biais des contributions nationales déterminées (CND) et des objectifs de développement durable

L'objectif principal du résultat 3.1 était d'identifier les demandes énergétiques par secteur pour les pays sélectionnés en Afrique centrale, orientale et occidentale et de proposer les secteurs auxquels le potentiel de conversion énergétique de la biomasse forestière peut contribuer, compte tenu du problème actuel de la consommation traditionnelle de biomasse. Le rapport 3.1 traite donc de la demande énergétique par secteur pour sept pays d'Afrique centrale, deux pays d'Afrique de l'Est et six pays d'Afrique de l'Ouest.

Le chapitre 1, qui constitue l'arrière-plan du rapport, détaille les tendances actuelles de l'industrie énergétique. Une évaluation énergétique des pays a été réalisée pour déterminer la demande future en énergie afin de concevoir des projets qui permettront de fournir une énergie suffisante et durablement fiable à moyen et long terme. Il a fallu pour cela estimer les besoins actuels sur la base des tendances historiques et des applications futures qui pourraient être incluses à mesure que la population augmente, que la communauté continue de croître économiquement en taille et en complexité. Le rapport a utilisé les contributions nationales déterminées (CND) pour chaque pays comme principale référence en ce qui concerne les secteurs critiques de l'économie qui contribueront à un développement à faible émission de carbone tout en assurant la résilience des communautés face au changement climatique. Le secteur de l'énergie, qui favorise le développement durable, est une composante essentielle des CND, car il contribue à environ un tiers des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans un pays.

Les chapitres 2 à 4 présentent la demande énergétique par secteur pour chaque pays dans les trois régions - Afrique centrale, de l'Est et de l'Ouest. Les ressources énergétiques disponibles et le potentiel de chaque pays sont passés en revue en se concentrant sur le potentiel, la quantité et la capacité installée. Les principaux secteurs économiques sont l'agriculture, l'exploitation minière, la sylviculture, l'industrie, les transports et les secteurs domestiques/institutionnels, bien qu'il y ait quelques variations d'un pays à l'autre. L'objectif de l'étude des secteurs économiques clés selon les CND était d'évaluer la contribution potentielle de l'énergie de la biomasse à l'atténuation des GES dans le cadre d'un développement à faible intensité de carbone dans la plupart des secteurs économiques à forte intensité énergétique.

En **Afrique centrale**, le **Cameroun** représente la plus grande source d'énergie de biomasse consommée avec 73 %, suivi du pétrole et du gaz (20 %) et de l'électricité (7 %) selon les statistiques de 2011. L'Agence d'électrification rurale a identifié 37 sites à fort potentiel de production d'énergie à partir de la biomasse dans le pays. Le potentiel énergétique du Cameroun à partir de sources de biomasse est de 1 GWh. Le pays est le troisième plus grand géant de la biomasse en Afrique subsaharienne, avec la biomasse provenant des déchets de bois dans la région orientale et des rizières de Ndop, respectivement. Le secteur agricole camerounais repose sur la biomasse provenant des excréments d'animaux et du compost. Très peu de régions convertissent la biomasse forestière en énergie. Le secteur domestique/institutionnel est le plus grand consommateur d'énergie de la biomasse. En 2010, la biomasse forestière, principalement sous forme de bois-énergie, a

contribué à 72,6 % de l'énergie utilisée en 2010, qui est estimée à 13 163 ktep. Comme le pays dispose d'un grand potentiel de biomasse dans ses forêts, des centrales de biomasse peuvent être installées dans des sites qui manquent d'électricité mais qui sont des zones très peuplées. Les sites de centrales de biomasse dans cette région peuvent fabriquer du charbon de bois valorisé, du bioéthanol et de l'électricité pour servir la population environnante pour ses besoins agricoles et domestiques.

La République Démocratique du Congo produit 99 % de son électricité à partir de sources hydroélectriques, soit environ 2 410 MW. Le bois de chauffage reste la source d'énergie dominante. Le biogaz, le biocarburant et la géothermie restent des sources d'énergie largement inexplorées. Les plus grands consommateurs d'énergie du pays sont les ménages et l'industrie légère. Ensembles, ils représentent plus de 75 % de l'énergie consommée dans le pays. La biomasse représente la plus grande part de la consommation d'énergie des ménages avec 93 %, suivie de l'hydroélectricité avec 4 %. Le pétrole et les autres sources d'énergie représentent respectivement 3 % et 1 %. La biomasse est également la principale source d'énergie pour la cuisson des aliments en RDC. Elle est principalement utilisée sous forme de charbon de bois et de bois de chauffage. La demande annuelle de biomasse dans le pays est de 45 millions de mètres cubes par an. Des centrales de bioénergie peuvent être installées dans la plupart des endroits du pays. Elles peuvent être utilisées pour produire de l'énergie pour les villages, pour la production d'éthanol pour le transport et pour la cogénération dans les industries. Les sites proposés pour la construction de centrales à biomasse en raison de la présence de grandes quantités de résidus sont Kinshasa, Kisangani et Mbuji-Mayi.

La République du Congo a une forêt qui couvre environ 60% de la superficie du pays. La biomasse, l'hydroélectricité et le solaire sont les ressources énergétiques qui présentent le plus grand potentiel au Congo. Le bois-énergie représente 80% de l'utilisation dans les ménages. L'hydroélectricité a le plus grand potentiel énergétique du pays, avec 1400MW, mais seulement 209 MW sont produits. Le pays dispose également d'importantes réserves de pétrole et de gaz dans ses champs offshore. L'utilisation de la biomasse représente plus de 80 % de l'énergie utilisée dans les ménages. Elle est suivie par le gaz naturel (11 %) et les produits pétroliers (75 %). La cogénération d'électricité issue de l'exploitation forestière est produite à Pokola, au nord-ouest du pays, par la Société congolaise de l'industrie du bois. Quatre mégawatts d'électricité sont produits dont 2MW sont distribués gratuitement à la population environnante dans le cadre de la responsabilité sociale des entreprises. Le biocarburant, comme l'éthanol, est produit par le secteur de la canne à sucre du pays, tandis que le biodiesel est fabriqué à partir de plantations de palmiers à huile. La plupart des projets d'énergie de la biomasse dans le pays fonctionnent sur des machines obsolètes. Sur une note positive, la plupart des usines utilisant la biomasse passent à des machines de seconde génération plus efficaces. La biomasse a le potentiel de fournir de l'énergie pour faire fonctionner les activités dans les sites d'exploitation forestière et les utilisations domestiques dans les ménages.

La République gabonaise est riche en énergie hydroélectrique, en biomasse et en réserves de combustibles fossiles. Les niveaux de précipitations élevés et la topographie contribuent à l'important potentiel hydroélectrique du pays. Les ressources en biomasse sont également importantes, ce qui s'explique par l'étendue et la densité de la couverture forestière du pays. Le pays possède la cinquième plus grande réserve de pétrole du continent. Le potentiel hydroélectrique du pays est estimé à 10 milliards de kilowatts/heure par an et contribue à 51,7 % de la production totale d'électricité. Le secteur forestier représente le plus grand créneau où la biomasse peut être utilisée comme source d'énergie alternative, notamment pour le fonctionnement des machines d'exploitation forestière. Le rapport recommande aux usines d'exploitation forestière des sites de concession de produire de l'électricité par cogénération à partir de leurs résidus de bois.

La République du Tchad : On estime qu'elle comptait 312 millions d'hectares dans les années 1970, mais en raison de la déforestation, plus de 20 millions d'hectares ont été perdus. Le pays a un potentiel de développement des technologies solaires et éoliennes plus élevé que celui de l'hydroélectricité. L'intensité de l'isolation varie de 4 à 6 kWh/m²/heure par jour sur la plus grande partie de son territoire, tandis que la vitesse du vent varie de 3 à 9 m/s, les vitesses les plus rapides étant celles de la région du nord. Le Tchad dispose d'importantes réserves de pétrole et d'une raffinerie de pétrole dans la capitale, N'djamena. Cela a rendu le pays moins dépendant de ses voisins pour le pétrole, mais les taux de production ont diminué ces dernières années en raison de problèmes techniques et de l'instabilité. En 2011, la biomasse représentait 93 % de l'énergie utilisée

dans le pays. Les créneaux dans lesquels la biomasse peut apporter sa contribution sont la cogénération d'électricité et la production de biocarburants pour le secteur des transports. L'essentiel de la demande énergétique se situe au sud de la capitale, N'djamena, qui abrite la plupart des industries du pays. Cette région possède également la plus grande couverture forestière et peut donc fournir des résidus pour la cogénération à partir de bois coupé.

La **République de Guinée Equatoriale** possède l'une des plus grandes réserves de pétrole et de gaz du continent. Cependant, la biomasse contribue à plus de 80 % des besoins énergétiques des ménages, tandis que les produits pétroliers et l'eau représentent respectivement 18 % et 2 %. Environ 58 % du pays, soit 1626 millions d'hectares, sont couverts de forêt tropicale dense. La plus grande partie de la biomasse destinée aux ménages provient des récoltes agricoles (70 %), tandis qu'une moindre quantité est collectée dans la canopée des arbres sur pied (30 %). Seulement 8 % de la population utilise du gaz de pétrole liquéfié (GPL). Le pays dispose d'un potentiel important pour produire davantage d'énergie à partir de sources hydroélectriques, solaires et éoliennes. Ces deux dernières sont dues au climat équatorial et à la vitesse élevée des vents au sud du pays. On estime que le pays dispose de 1 100 millions de barils et de 36,8 milliards de mètres cubes de réserves de pétrole et de gaz respectivement récupérables. Le pays ne produit qu'environ 327 MW d'électricité car la plupart des ménages des zones rurales dépendent de la biomasse. En raison de l'environnement favorable de la Guinée équatoriale à des fins forestières et agricoles, le pays dispose d'un potentiel suffisant pour la conversion de la biomasse en électricité. Les méthodes que le pays se propose d'utiliser à grande échelle sont le cycle de vapeur conventionnel, la gazéification et la cogénération. La région de Bata est une région qui produit des quantités importantes de résidus de bois.

La **République centrafricaine** est riche en uranium, une matière première pour l'énergie nucléaire qui est principalement exploitée par des entreprises étrangères. L'hydroélectricité est la seule ressource énergétique développée dans le pays, avec un potentiel estimé à 2000 MW, bien que la capacité installée actuelle soit inférieure à ce chiffre. Malgré les diverses ressources naturelles qui pourraient être exploitées pour la production d'électricité à grande échelle, le pays dépend de la biomasse pour 98 % de ses besoins énergétiques. L'approvisionnement en électricité dans le pays n'est pas fiable et les quelques grandes industries du pays dépendent donc de sources alternatives telles que le diesel et la biomasse. Par exemple, les sucreries IFB Batalimo et Ngobo utilisent respectivement les déchets de bois et la bagasse pour la cogénération. Les industries utilisent moins de 1 % de l'énergie totale produite dans le pays. Une grande partie de l'énergie est consommée par les ménages, mais principalement à partir de la biomasse (98%). Le pays dispose d'un potentiel d'énergie de la biomasse provenant des résidus forestiers et agricoles qui peut être suffisamment fourni par les régions de Ouaka, Laboye et Ngakobo.

En **Afrique de l'Est**, en **République du Burundi**, l'énergie hydroélectrique est le principal fournisseur d'électricité du pays. La capacité installée est d'environ 300 MW, mais la plupart des ménages, qui représentent 94 % de la consommation d'énergie, dépendent de la biomasse. Le bois de chauffage est la principale source d'énergie pour l'usage artisanal et domestique. Le pays dispose cependant de plusieurs sources de bois et de résidus agricoles. Le pays a le potentiel de développer l'énergie solaire avec des intensités d'insolation allant de 4 à 5 kWh/m² par jour alors que la vitesse moyenne du vent dans le pays est de 4 à 6 m/s. Le pays possède également l'une des plus grandes réserves de tourbe du continent. Cependant, seulement 0,5 % des 6 millions de réserves de tourbe ont été exploitées. Les secteurs industriel et domestique/institutionnel sont les principaux utilisateurs de biomasse. L'industrie du thé est l'un des plus grands consommateurs de bois de chauffage. Les sites de sciage transforment le bois en divers produits destinés à la vente ou à l'utilisation par les associations de menuisiers. En raison de l'existence de diverses formes de biomasse à différentes échelles dans le pays, il existe un certain nombre de recommandations pour améliorer la contribution de l'énergie de la biomasse à l'économie. Voici quelques-unes de ces recommandations :

- Utilisation de la pyrolyse pour produire de l'énergie à partir des balles de riz et de café
- Extraction de biogaz à partir de substrat d'huile de palme dans la mini-usine de Kireka-Muzazi à Bujumbura
- Exploitation des réserves de tourbe du pays pour produire de l'électricité. L'actuel Office national de la tourbe (ONATOUR) est chargé de développer l'industrie de la tourbe

- Augmenter la capacité des industries utilisant la cogénération afin de produire plus d'électricité. Par exemple, la Société Sucrière du Moso (SOSUMO), la première entreprise sucrière, ne peut produire de l'électricité que pendant la saison sucrière en raison d'inefficacités techniques
- Gazéification des déchets de bois pour produire de l'électricité pour les industries à grande échelle. Inversement, les granulés de bois peuvent être utilisés pour répondre aux besoins énergétiques des ménages

La **République de Djibouti** a une puissance limitée pour la biomasse et l'énergie hydroélectrique mais possède un potentiel considérable pour l'énergie solaire, géothermique et éolienne. Les deux premières sont d'une viabilité limitée en raison du manque de couverture forestière suffisante, de bois et de résidus agricoles. Contrairement à la plupart des pays abordés dans le rapport, Djibouti a des possibilités limitées pour l'énergie de la biomasse. La couverture forestière du pays occupe moins de 1 % de la superficie totale, et le pays dispose de moins de 4 % de terres arables où l'on peut se procurer des résidus agricoles. La seule source viable d'énergie de la biomasse est l'exploitation de *Prosopis juliflora* pour la fabrication de granulés.

En **Afrique de l'Ouest, en République du Bénin**, la Communauté Électrique du Bénin (CEB) est le distributeur national d'électricité au Bénin. C'est un organe bi-étatique dont le siège est au Togo, mais sa gestion est partagée par les deux pays sur une base de 50-50. Hormis le barrage hydroélectrique de Nangbéto au Togo qui produit la plus grande partie de l'électricité (65,6 MW), chacun des deux pays dispose d'une turbine à gaz de 20 MW chacun. Pour combler le déficit que la CEB ne peut pas fournir, le Bénin importe de l'électricité du Ghana voisin. La biomasse est utilisée par les ménages et les petites industries du pays. Comme exemple d'utilisation de la biomasse dans les industries, la cimenterie de Nocibé achète des résidus agricoles, notamment des coques de cajou, pour les brûler dans ses foyers. Les usines de transformation des noix de cajou utilisent 15 % de leurs coques pour alimenter leurs chaudières. La biomasse a des usages variés au Bénin. Le secteur domestique est le plus grand consommateur avec 83% (1559 ktep/an au total), suivi du secteur commercial avec 17% (311 ktep/an) et de l'industrie avec 1%(32ktep). Le principal grand consommateur industriel de biomasse est l'industrie du ciment. La biomasse constitue 15 % de l'énergie utilisée dans ses procédés. La biomasse est toutefois utilisée dans les industries parce qu'elle est très bon marché par rapport à l'électricité, sinon cette dernière reste la meilleure option. La biomasse qui arrive à la cimenterie se présente sous diverses formes, comme les tiges de maïs, les coques de noix de cajou, les coques d'arachides, etc. Pour le Bénin, les coques de noix de cajou, selon ce rapport, ont un plus grand potentiel pour l'énergie de la biomasse que le bois de chauffage. Les coques de noix de cajou peuvent être transformées en briquettes ou valorisées pour produire de l'électricité.

Le **Burkina Faso** est déficitaire en énergie et importe la majeure partie de son approvisionnement des pays voisins : la Côte d'Ivoire et le Ghana. Les forêts du pays sont une source d'énergie domestique sous forme de bois de chauffage et de charbon de bois. Un total de 34 MW d'énergie hydroélectrique est produit à partir des rivières du pays. Seuls les résidus agricoles sont viables pour contribuer aux besoins énergétiques du secteur industriel, tandis que dans le secteur des transports et de l'agriculture, il y a peu de possibilités d'utiliser cette ressource. Les entreprises, les institutions et les ménages dépendent du bois de chauffage pour la plupart de leurs utilisations. Le rapport mentionne que la plupart des industries de la noix de cajou sont situées dans une zone de 100 km. Cela signifie que les coques de noix de cajou peuvent être amassées à un point de collecte unique d'où elles peuvent être transportées vers un site unique pour être valorisées. Les coques de noix de cajou ont un potentiel d'approvisionnement de 17 200 tonnes/an au Burkina Faso.

La **République de Côte d'Ivoire** dispose d'importants gisements de pétrole et de gaz, ainsi que d'un grand potentiel d'énergie solaire et hydroélectrique. En outre, elle dispose d'importantes réserves de biomasse. En 2017, elle a produit 19 000 kilotonnes de bois de chauffage et 1 500 kilotonnes de charbon de bois. Le potentiel hydroélectrique du pays à partir de ses rivières est estimé à plus de 1600 MW. Le secteur des ménages est le plus grand consommateur d'électricité du pays avec 60 %, les transports arrivent en deuxième position avec 23 %, les services commerciaux en troisième position avec 11 %, tandis que l'industrie et les autres usages sont à la traîne avec respectivement 4 % et 1 %. Les ménages et le secteur commercial sont les plus gros consommateurs de biomasse, avec 4254 ktep/an (88 %) et 790 ktep/an (12 %). L'utilisation de la biomasse dans le secteur industriel est très faible. Cependant, pour ceux qui utilisent la biomasse comme combustible dans leurs chaudières, les résidus de palmier, de cacao et de noix de cajou sont les principales matières premières. Bien

que le pays compte de nombreuses zones d'approvisionnement en biomasse, ces zones sont dispersées dans tout le pays. Il est recommandé d'adopter une approche décentralisée pour leur collecte. Outre la valorisation des coques de palmiers et d'anacardiens, le rapport recommande également de tester les résidus de cacao comme matières premières pour l'énergie de la biomasse. En effet, la plupart des déchets de cacao dans les zones de production du pays sont laissés en friche dans les plantations.

L'énergie de la **République du Mali** provient de la biomasse (66%), des produits pétroliers (31%), de l'électricité importée (2%) et de l'hydroélectricité (1%). La biomasse provient des forêts en régression du pays, tandis que les résidus agricoles proviennent des coques de riz et de coton, et des coques d'oléagineux. Le pays produit également du biocarburant à partir du Jatropha. En 2016, 740 000 litres de biocarburant ont été produits, mais cette production semble s'arrêter. Les régions du nord du pays ont un potentiel d'irradiation solaire important de 6 kWh/m² par jour. Les régions du nord connaissent également des vitesses de vent supérieures à 5 m/s, ce qui est viable pour les grands investissements dans l'infrastructure éolienne. La biomasse est principalement utilisée dans les secteurs domestique, commercial et industriel. Les deux premiers dépendent principalement du bois de chauffage et du charbon de bois, tandis que le troisième, l'industrie, utilise principalement des résidus agricoles tels que la bagasse, les tourteaux de karité et les coques de cajou pour ses besoins énergétiques. Peu de biomasse est utilisée dans les secteurs des transports, de l'agriculture et de la sylviculture.

La **République du Sénégal** dépend du pétrole brut et de l'hydroélectricité pour la plupart de ses besoins énergétiques nationaux. Les énergies solaire et éolienne contribuent pour moins de 1 % à la production énergétique globale. Le pays connaît un rayonnement solaire de 5kWh/m² par jour et des vitesses de vent allant jusqu'à 6m/s à haute altitude le long de la côte. Le Sénégal importe chaque année 1172 kilotonnes de pétrole brut, 1220 kilotonnes de produits pétroliers et 615 kilotonnes de charbon. La consommation de bois de chauffage est plus importante que celle de charbon de bois, soit 1500 kilotonnes pour le premier et 200 kilotonnes pour le second. Divers résidus agricoles sont utilisés à des fins énergétiques, comme les coques d'arachides, les pailles de céréales et la bagasse de sucre. Les industries, les services commerciaux et les ménages sont les principaux utilisateurs de biomasse. Parmi ces trois secteurs économiques, les industries sont celles qui consomment le moins de biomasse, avec 8,94 ktep. Les ménages consomment près de 200 ktep de biomasse chaque année, tandis que les services commerciaux en consomment 75 ktep. Pour les industries, de grandes quantités de bois seraient nécessaires pour produire toute forme d'électricité utilisable. Comme cela n'est pas possible, les industries peuvent développer davantage les technologies de conversion de la biomasse des coques de noix de cajou qui existent actuellement dans le pays. Les résidus non ligneux et non forestiers tels que les coques et les enveloppes peuvent être transformés en briquettes et en biochar. Ces deux produits peuvent être utilisés comme alternatives au bois de chauffage et au charbon de bois traditionnel pour les usages domestiques. Il ne sera pas facile pour les sources de biomasse de remplacer l'utilisation du pétrole dans les secteurs agricole et forestier à moins que le matériau ne soit intensivement valorisé. Seul le biocarburant est un exemple prometteur.

En **République togolaise**, la biomasse et l'hydroélectricité sont les principales sources d'énergie. L'utilisation de la biomasse est dominée par les déchets de bois et, dans une moindre mesure, par les déchets végétaux. Plus de 3000 ktep de biomasse ont été utilisés en 2017. L'énergie hydroélectrique, au barrage de Nangbéto, produit moins de 70MW d'électricité. Les systèmes d'énergie solaire et éolienne sont peu nombreux dans le pays. Seules les entreprises et le secteur des ménages utilisent la biomasse à grande échelle. Hormis le secteur agricole qui ne dispose pas de statistiques sur la consommation d'énergie, l'industrie et le secteur des transports dépendent principalement du pétrole raffiné et de ses produits pour leurs besoins énergétiques. Le rapport recommande que les résidus agricoles aient le plus grand potentiel pour contribuer à l'énergie de la biomasse dans le pays.

En conclusion, les plus grandes niches énergétiques que l'énergie de la biomasse peut remplir dans les 15 pays se trouvent dans les secteurs domestique, commercial et industriel. Pour le secteur industriel, cependant, il faut à la fois une technologie sophistiquée et un approvisionnement suffisant en biomasse (en espace et en quantité) pour produire suffisamment d'électricité ou de combustible pour les processus industriels. La biomasse ne peut faire des percées dans le secteur des transports que sous forme de biocarburant. L'étude a montré que la plupart des ménages consomment encore du bois de chauffage sous sa forme naturelle en utilisant des appareils de cuisson traditionnels. La durabilité du bois de chauffage est donc remise en question par une récolte non durable

et des méthodes inefficaces de conversion du bois en énergie. L'utilisation de foyers inefficaces contribue au gaspillage de bois et à l'exposition à la fumée associée à des maladies graves. L'utilisation de foyers à briquettes ou à granulés de bois peut réduire les risques sanitaires associés au combustible de cuisson grâce à un meilleur rendement énergétique. Toutefois, le développement de ces innovations nécessitera une approche multidisciplinaire pour sensibiliser aux avantages des innovations en matière de combustibles de cuisson, encourager la poursuite des recherches sur l'amélioration de la qualité et la normalisation des produits, comprendre les questions culturelles et comportementales qui influencent l'adoption et intégrer les innovations dans les cadres politiques en matière de bioénergie. L'étude recommande de valoriser le bois et les résidus agricoles par des procédés tels que la pyrolyse et la gazéification afin de produire de l'électricité pour la collectivité et les industries, le cas échéant. Au niveau régional, les pays ayant le plus grand potentiel pour l'énergie de la biomasse sont ceux d'Afrique centrale et occidentale. Ce rapport doit être lu conjointement avec les rapports sur les résultats 3.2 et 3.3. Le résultat 3.2 résume les technologies de conversion les plus appropriées, y compris les prétraitements et les traitements de la biomasse pour produire l'utilisation énergétique finale des secteurs potentiels identifiés dans les pays prioritaires, tandis que le résultat 3.3. donne une description des projets pilotes identifiés dans chaque secteur, et discute de la conception du site, de la logistique, des fournisseurs de biomasse, y compris le budget.

Table des matières

1	PAYS D'AFRIQUE CENTRALE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.14
1.1	CAMEROUN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.14
1.1.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.14
3.1		Error! Bookmark not defined.14
1.1.2	Secteurs clés de l'économie selon les contributions nationales déterminées (CND)	Error! Bookmark not defined.18
1.1.3	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.24
1.2	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO (RDC)	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.25
1.2.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.25
1.2.2	Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées (CND)	Error! Bookmark not defined.29
1.2.3	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.32
1.3	LA RÉPUBLIQUE DU CONGO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.33
1.3.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.33
2.2.3	Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées (CND)	Error! Bookmark not defined.35
1.3.2	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.37
1.4	GABON	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.38
1.4.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.38
1.4.2	Secteurs clés de l'économie selon les contributions nationales déterminées (CND)	Error! Bookmark not defined.40
1.4.3	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.42
1.5	TCHAD	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.43
1.5.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.43
1.5.2	Secteurs clés de l'économie selon les contributions nationales déterminées	Error! Bookmark not defined.44
1.5.3	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.51
1.6	GUINÉE ÉQUATORIALE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.52
1.6.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.52
1.6.2	Secteurs clés de l'économie selon les contributions nationales déterminées	Error! Bookmark not defined.55
1.6.3	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.57
1.7	RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.58
2.7.1	Ressources énergétiques	Error! Bookmark not defined.58
2.7.2	Secteurs clés de l'économie selon les contributions nationales déterminées	Error! Bookmark not defined.60
1.7.1	Conclusion et recommandation	Error! Bookmark not defined.62
3.1.	BURUNDI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.63
3.1.1.	Ressources énergétiques du pays	Error! Bookmark not defined.63
3.1.2.	Demande d'énergie par secteurs économiques	Error! Bookmark not defined.65
3.1.3.	Les principaux secteurs économiques et leur demande énergétique	Error! Bookmark not defined.68
3.1.4.	Secteurs à fort potentiel de bioénergie	Error! Bookmark not defined.70
1.7.2	Conclusions et recommandations	Error! Bookmark not defined.70
3.2.	DJIBOUTI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.72
3.2.1.	RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES DU PAYS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.72
3.2.2.	Demande d'énergie par secteurs économiques	Error! Bookmark not defined.75

3.2.3.	Les principaux secteurs économiques et leurs demandes énergétiques	Error! Bookmark not defined. 76
3.2.4.	Secteur à fort potentiel de bioénergie	Error! Bookmark not defined. 78
1.7.3	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 78
2	AFRIQUE DE L'OUEST.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 79
4.1.	BÉNIN.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 79
4.1.1.	Ressources énergétiques.....	Error! Bookmark not defined. 79
4.1.2.	Les secteurs économiques clés selon les CND.....	Error! Bookmark not defined. 83
2.1.1	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 86
4.2.	LE BURKINA FASO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 88
4.2.1.	Ressources énergétiques.....	Error! Bookmark not defined. 88
4.2.2.	Les secteurs économiques clés selon les CND.....	Error! Bookmark not defined. 91
2.1.2	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 95
4.3.	CÔTE D'IVOIRE.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 95
4.3.1.	Ressources énergétiques.....	Error! Bookmark not defined. 95
4.3.2.	Les secteurs économiques clés selon les CND.....	Error! Bookmark not defined. 98
2.1.3	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 101
4.4.	MALI.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 102
4.4.1.	Ressources énergétiques.....	Error! Bookmark not defined. 102
2.1.4	4.4.2 Les secteurs économiques clés selon les CND	Error! Bookmark not defined. 106
2.1.5	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 110
4.5.	SÉNÉGAL.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 111
4.5.1.	Ressources énergétiques.....	Error! Bookmark not defined. 111
4.5.2.	Les secteurs économiques clés selon les CND.....	Error! Bookmark not defined. 115
2.1.6	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 120
4.6.	TOGO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 121
4.6.1.	Les ressources énergétiques du pays	Error! Bookmark not defined. 121
4.6.2.	Les secteurs économiques clés selon les CND.....	Error! Bookmark not defined. 125
2.6.3	Conclusions et recommandations.....	Error! Bookmark not defined. 131
3	RÉFÉRENCES	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. 131

Liste des abréviations

CND	Contributions nationale Déterminées
GES	Gaz à effet de serre
GWh	Gigawatts-heures
MW	Mégawatts
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
CEB	Communauté Électrique du Bénin
SOSUMO	Société Sucrière du Moso
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PIB	Produit intérieur brut
CRTC	Centre et réseau de technologie climatique
AFREC	Commission africaine de l'énergie
CERD	<i>Centre d'Etudes et de Recherche de Djibouti</i>
SE4ALL	Énergie durable pour tous

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la biomasse au Cameroun.....	Error! Bookmark not defined.10
Figure 2 : Carte du rayonnement solaire au Cameroun.....	1611
Figure 3 : Carte de la variation de la vitesse du vent au Cameroun	Error! Bookmark not defined.11
Figure 4 : Répartition de la production de bois-énergie par nature	Error! Bookmark not defined.20
Figure 5 : Carte de la biomasse en République démocratique du Congo	Error! Bookmark not defined.21
Figure 6 : Une centrale hydroélectrique	Error! Bookmark not defined.22
Figure 7 : Carte de la variation solaire en Afrique avec la République démocratique du Congo en médaille	Error! Bookmark not defined.23
Figure 8 : Carte de la variation de la vitesse du vent en République démocratique du Congo	2823
Figure 9 : Carte de la République démocratique du Congo	Error! Bookmark not defined.26
Figure 10 : Évolution croisée du PIB et de la consommation d'énergie.....	Error! Bookmark not defined.33
Figure 11 : Évolution de la consommation de produits pétroliers par secteur ...	Error! Bookmark not defined.34
Figure 12 : Profil de production pour 2014 à 2020.....	Error! Bookmark not defined.34
Figure 13 : Prévisions selon le statu quo.....	Error! Bookmark not defined.35
Figure 14 : Cartes des besoins énergétiques par pipeline, par projet et par échéance (2016, 2020 et 2025) .	4441

Figure 15 : Structure de la production d'énergie et de la production à partir de sources d'énergie renouvelables	Error! Bookmark not defined.41
Figure 16 : Schématisation de la demande énergétique au Tchad.....	Error! Bookmark not defined.45
Figure 17 : Consommation d'électricité cumulée par produit à partir de 2040 ..	Error! Bookmark not defined.58
Figure 18 : Répartition des forêts en République de Guinée équatoriale.....	Error! Bookmark not defined.59
Figure 19 : Répartition sectorielle de la consommation totale d'énergie finale en 2011	Error! Bookmark not defined.64
Figure 20 : Production d'énergie naturelle	6465
Figure 21 : Statistiques sur la consommation totale de kérosène en milliers de tonnes métriques	6768
Figure 22 : Approvisionnement total en énergie primaire en Ktep	6870
Figure 23 : Consommation totale d'énergie finale en Ktep	6870
Figure 24 : Production d'électricité par source (GWh)	6970
Figure 25 : Production et consommation d'électricité (GWh)	6970
Figure 26 : Sources de production d'électricité selon REGIDOSO (2003 à 2011)	6971
Figure 27 : Puissance et consommation d'électricité	7273
Figure 28 : Approvisionnement total en énergie primaire de 2000 à 2010	Error! Bookmark not defined.78
Figure 29 : Consommation de produits pétroliers au fil du temps.....	Error! Bookmark not defined.78
Figure 30 : Consommation totale d'énergie finale en Ktep	Error! Bookmark not defined.80
Figure 31 : Production et consommation d'électricité en GWh	Error! Bookmark not defined.80
Figure 32 : Production totale d'énergie primaire en 2017 au Bénin (en ktep)....	Error! Bookmark not defined.84
Figure 33 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Bénin (en Ktep)	Error! Bookmark not defined.85
Figure 34 : Structure de l'approvisionnement en électricité au Bénin en 2017. .	Error! Bookmark not defined.85
Figure 35 : Structure de l'approvisionnement en électricité au Bénin en 2017 ..	Error! Bookmark not defined.88
Figure 36 : Consommation finale par secteur en 2017 (en ktep)	Error! Bookmark not defined.88
Figure 37 : Structure de la consommation d'énergie dans le secteur industriel en 2017	Error! Bookmark not defined.89
Figure 38 : Consommation d'énergie des ménages en 2017	Error! Bookmark not defined.90
Figure 39 : Répartition de la consommation d'énergie dans le secteur commercial et les services publics..	Error! Bookmark not defined.91
Figure 40 : Production totale d'énergie primaire en 2017 au Burkina Faso (en Ktep)	Error! Bookmark not defined.94
Figure 41 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Burkina Faso (en ktep)	Error! Bookmark not defined.95
Figure 42 : Production totale d'énergie primaire en 2017 (en ktep)	Error! Bookmark not defined.96
Figure 43 : Consommation totale d'énergie finale par secteur en 2017 au Burkina Faso (en ktep).....	Error! Bookmark not defined.97
Figure 44 : Production totale d'énergie primaire en 2017 (en ktep)	Error! Bookmark not defined.102

Figure 45 : Répartition des résidus agricoles potentiellement disponibles auprès des unités de transformation locales.....	Error! Bookmark not defined.103
Figure 46 : Répartition des résidus agricoles potentiellement disponibles dans les parcelles de production agricole.	Error! Bookmark not defined.103
Figure 47 : Consommation totale d'énergie finale en 2017 en Côte d'Ivoire (en ktep)	Error! Bookmark not defined.105
Figure 48 : Consommation finale par secteur en 2017 (en ktep)	Error! Bookmark not defined.106
Figure 49 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Mali (en ktep)	Error! Bookmark not defined.110
Figure 50 : Production totale d'énergie primaire en 2017 au Mali (en ktep).....	Error! Bookmark not defined.110
Figure 51 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Mali (ktep)	Error! Bookmark not defined.111
Figure 52 : Consommation finale totale en 2017 (en ktep)	Error! Bookmark not defined.114
Figure 53 : Consommation finale par secteur en 2017 (en ktep)	Error! Bookmark not defined.114
Figure 54 : Production totale d'énergie primaire en 2017 (en Ktep).....	Error! Bookmark not defined.118
Figure 55 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 (en ktep)....	Error! Bookmark not defined.118
Figure 56 : Production de bois de feu et de charbon de bois au Sénégal (Ktep)	Error! Bookmark not defined.119
Figure 57 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Sénégal (en ktep)	Error! Bookmark not defined.120
Figure 58 : Consommation totale d'énergie finale au Sénégal, 2017 (en Ktep) .	Error! Bookmark not defined.121
Figure 59 : Consommation totale d'énergie finale par secteur en 2017 au Sénégal (ktep)	Error! Bookmark not defined.122
Figure 60 : Consommation totale d'énergie finale du secteur de l'industrie en 2017 au Sénégal (ktep)	Error! Bookmark not defined.123
Figure 61 : Consommation totale d'énergie finale du secteur résidentiel (ménages) en 2017 (en Ktep).....	Error! Bookmark not defined.125
Figure 62 : Consommation totale d'énergie finale du secteur commercial et des services publics en 2017 au Sénégal (en ktep).....	Error! Bookmark not defined.126
Figure 63 : Détails de l'approvisionnement énergétique du Togo en 2016	Error! Bookmark not defined.128
Figure 64 : Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Togo (en ktep)	Error! Bookmark not defined.128
Figure 65 : Courbe de croissance de l'approvisionnement énergétique du Togo par source	Error! Bookmark not defined.129
Figure 66 : Production au Togo entre 2000 et 2019 (Ktep).....	Error! Bookmark not defined.130
Figure 67 : Consommation finale totale entre 2000 et 2019	Error! Bookmark not defined.132
Figure 68 : Répartition de la consommation finale par source d'énergie en 2016	Error! Bookmark not defined.133
Figure 69 : Consommation finale totale en 2017 au Togo	Error! Bookmark not defined.133
Figure 70 : Répartition de la consommation finale d'énergie par secteur d'activité en 2017	Error! Bookmark not defined.133

Figure 71 : Répartition de la consommation finale d'énergie par secteur d'activité en 2017 **Error! Bookmark not defined.**¹³³

Figure 72 : Consommation totale d'énergie finale par secteur en 2017 au Togo (en ktep) **Error! Bookmark not defined.**¹³⁴

Figure 73 : la consommation d'énergie dans les industries au Togo entre 2000 et 2019 **Error! Bookmark not defined.**¹³⁵

Figure 74 : Répartition de la consommation d'énergie dans les industries au Togo en 2017 **Error! Bookmark not defined.**¹³⁵

Figure 75 : Consommation finale dans les transports au Togo entre 2000 et 2019 **Error! Bookmark not defined.**¹³⁶

Figure 76 : Consommation d'énergie des ménages en 2016 **Error! Bookmark not defined.**¹³⁷

Figure 77 : Consommation d'énergie des ménages en 2017 **Error! Bookmark not defined.**¹³⁷

Figure 78 : Consommation d'énergie du secteur commercial et des services publics en 2017 **Error! Bookmark not defined.**¹³⁷

Liste des tableaux

Contexte

Ce rapport sur le résultat 3.1 fait partie des troisièmes livrables (les autres incluent les résultats 3.2 et 3.3) de l'étude commandée par le CRTC sur la conversion énergétique de la biomasse dans 15 pays d'Afrique centrale, occidentale et orientale dont l'objectif est d' :

- Évaluer le potentiel bioénergétique des sources de biomasse durables telles que les déchets de bois provenant des opérations d'exploitation forestière et l'industrie.
- Améliorer le boisement et la conversion énergétique des résidus du secteur forestier, et
- Identifier les opportunités de marché pour le secteur privé qui contourneront l'exploitation des sources traditionnelles de biomasse.

L'assistance technique du CRTC est destinée à promouvoir des projets qui établissent une chaîne industrielle durable pour la conversion énergétique de la biomasse forestière en utilisant la forêt plantée comme matière première et la biomasse forestière et les déchets de scierie. Il est prévu qu'il produise les impacts et les co-avantages suivants et contribue aux obligations des pays à l'égard de l'accord de Paris par le biais des contributions nationales déterminées (CND) et des objectifs de développement durable.

Dans les rapports du résultat 2, les sources de résidus forestiers dans la chaîne d'approvisionnement ont été identifiées et les sites où la plus grande quantité de déchets est générée ont été cartographiés. Le rapport a également décrit en détail le processus par lequel les déchets de bois sont générés à partir des arbres ligneux forestiers et agroforestiers jusqu'à ce qu'ils atteignent le client final.

Dans ce rapport sur le résultat 3.1, une évaluation de la demande énergétique par secteur des pays sélectionnés a été réalisée afin de déterminer les secteurs où les résidus énergétiques de la biomasse obtenus à partir du résultat 2 peuvent être utilisés pour fournir une énergie propre. Cela est conforme à l'objectif principal du résultat 3, qui est de déterminer les besoins et la disponibilité des technologies de conversion des ressources de biomasse identifiées dans le résultat 2. Le résultat 3 comporte trois éléments livrables qui sont décrits ci-dessous.

- Le résultat 3.1 dont le livrable est un rapport sur la demande énergétique par secteur pour les pays sélectionnés
- Le résultat 3.2 dont le livrable est un rapport sur les technologies de conversion les plus appropriées, y compris les prétraitements et les traitements de la biomasse pour produire l'utilisation énergétique finale pour chaque secteur identifié.
- Le résultat 3.3. dont le livrable est un rapport sur les projets pilotes identifiés pour chaque secteur, y compris le budget, la conception du site, la logistique et les fournisseurs de biomasse

Ce rapport se concentre sur le résultat 3.1 dont les principales activités ont consisté à identifier la demande énergétique par secteur dans les pays sélectionnés et à déterminer les secteurs auxquels le potentiel de biomasse forestière peut contribuer, compte tenu du problème actuel de la consommation traditionnelle de biomasse. L'énergie de la biomasse devient un choix de plus en plus populaire pour fournir une source de carburant alternative à de nombreux secteurs, notamment l'énergie, l'agriculture, les infrastructures et l'industrie. Cette évolution est motivée par la nécessité de réduire la dépendance à l'égard des combustibles fossiles et d'opter pour une source d'énergie plus propre et plus respectueuse de l'environnement. Une évaluation sectorielle visant à identifier la demande réelle/potentielle d'énergie dans chacun des principaux secteurs économiques du pays a été réalisée en utilisant le rapport sur les pays CND comme principale référence. Le résultat d'une évaluation de la demande énergétique est un facteur important dans la prise de décision :

- Si des ressources énergétiques renouvelables adéquates (en l'occurrence la biomasse) sont à la fois disponibles et adaptées
- Quelle quantité d'énergie les systèmes doivent-ils être capables de produire ?
- Si d'autres sources de combustible sont nécessaires.

Dans le cadre de cette étude, les caractéristiques prises en compte dans la prévision de la demande d'énergie comprenaient des facteurs macro-socio-économiques et les besoins énergétiques des communautés.

Facteurs socio-économiques

Ces facteurs modifient la manière dont le consommateur d'énergie de référence et les préférences des consommateurs évoluent sur de longues périodes. Les facteurs contextuels comprennent :

Facteurs démographiques. Il s'agit notamment des prévisions d'une augmentation de la demande due à la croissance démographique et à l'augmentation des revenus. Les projections sont basées sur les tendances historiques et intègrent des variations dans les types de combustibles utilisés à mesure que les ménages s'enrichissent, ce qu'on appelle le "cumul énergétique".

Facteurs géographiques. Variations géographiques tenant compte des impacts climatiques ainsi que des pratiques sociales et culturelles. Les variations affectent la demande et l'utilisation des différents types de combustibles tout en façonnant les types de ressources disponibles.

Facteurs économiques. Il s'agit notamment de prévisions sur les tendances attendues des statistiques économiques telles que le PIB, les indices des prix à la consommation, le revenu national et la répartition des revenus. Ces statistiques sont des indicateurs solides de la croissance probable de la consommation et de l'utilisation productive des ménages, ainsi que de la consommation d'énergie industrielle et de sa répartition entre les différents segments de la société.

Facteurs politiques. Ces considérations ont permis d'évaluer l'impact de la politique et de la réglementation gouvernementales, y compris les taxes et les subventions. Bien qu'il soit difficile de les évaluer avec précision, les tendances exprimées par la planification gouvernementale à long terme montrent les priorités pour soutenir différents aspects du secteur de l'énergie.

Les besoins énergétiques de la Communauté

L'évaluation des besoins communautaires révélera la quantité d'énergie nécessaire à l'utilisation productive, à mesure que la demande d'énergie augmentera. Les nouvelles entreprises et leurs besoins en matière

d'utilisation productive devront également être pris en compte. Les besoins énergétiques d'une communauté sont compris comme se référant à des utilisations/services tels que :

- **De base et de mode de vie** : cuisine domestique, éclairage, divertissement, refroidissement/chauffage, appareils et communication. La plupart des ménages ont les mêmes besoins énergétiques de base pour la cuisine et l'éclairage. Les besoins énergétiques pour l'utilisation finale, en revanche, visent à améliorer la qualité de vie mesurée en termes de confort, de divertissement et d'amélioration de l'accès à l'information et à la communication. Les niveaux de consommation varient en fonction des revenus et de l'accessibilité financière. Les choix des ménages concernant l'utilisation des ressources énergétiques fournissent des informations sur l'accessibilité.
- **Social et productif** (éclairage public et électrification d'écoles ou de centres de santé ainsi que les utilisations pour les services, l'industrie et l'agriculture) : les services et équipements publics comprennent l'éclairage public nocturne, le pompage de l'eau et l'énergie pour les écoles, les centres de santé et les centres sociaux. Étant donné que la communauté entière utilise ces services et équipements publics, les coûts associés sont supportés par tous les ménages par le biais de fonds villageois ou de budgets ou subventions des gouvernements locaux. Les utilisations publiques ne sont pas directement liées au niveau de revenu de chaque ménage, mais au revenu global de la communauté. La croissance démographique et les revenus sont deux facteurs macro-économiques qui sont à l'origine de la croissance de la demande d'énergie publique.
- **Utilisations productives**. Les utilisations productives de l'énergie ont un effet cumulatif sur la génération de revenus, les moyens de subsistance, les possibilités d'emploi et la demande énergétique qui en découle. En d'autres termes, les fonds investis dans les utilisations productives peuvent créer d'autres avantages qui, à leur tour, entraînent une utilisation accrue des services énergétiques. Pour cette raison, les programmes doivent évaluer les impacts socio-économiques des utilisations productives de l'énergie dans une communauté.

Compte tenu des facteurs susmentionnés, le présent rapport fait référence aux contributions nationales déterminées (CND) des pays, qui sont les principaux instruments de mise en œuvre de l'accord de Paris. Les CND sont porteuses des aspirations des pays qui s'engagent à lutter contre le changement climatique, y compris les engagements en matière d'atténuation des émissions, et d'adaptation par le biais de diverses actions et investissements qui s'alignent sur leurs priorités de développement. Le secteur de l'énergie est au cœur des CND, car il est responsable de près d'un tiers des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). C'est pour cette raison que le CRTC, en collaboration avec les pays d'Afrique centrale et occidentale, s'est concentré sur la conversion énergétique de la biomasse en utilisant les résidus forestiers dans le cadre de la satisfaction de la demande croissante d'énergie, alors que les pays africains cherchent à exploiter les synergies entre les stratégies de développement et les CND (Merrill, et al., 2017).

Vous trouverez ci-dessous un examen de la demande énergétique par secteur pour les pays sélectionnés en Afrique centrale, à savoir le Cameroun, le Tchad, la Guinée équatoriale, la République centrafricaine, le Congo, le Gabon, et la République Démocratique du Congo.

1 Pays d'Afrique centrale

1.1 Cameroun

Ressources énergétiques

La principale source d'énergie utilisée au Cameroun est la biomasse. Pour la cuisine et le chauffage, la majorité des camerounais dépendent encore de la biomasse, qui est abondante et, dans certains cas, renouvelable et abordable. L'électricité et le gaz sont encore très peu utilisés, principalement en raison de l'indisponibilité et du manque d'accessibilité, en particulier dans les zones rurales. Selon la situation énergétique du Cameroun (SEC) en 2011, le mix de consommation énergétique était composé à 73% de biomasse, 20% de produits pétroliers et

gaziers et 7% d'électricité, soit un total d'environ 6000 Ktep (kilo tonnes équivalent pétrole) pour l'ensemble du pays et convertit en environ 0,3 tep (tonnes équivalent pétrole) par habitant (Talla et Zhao, 2018).

Biomasse

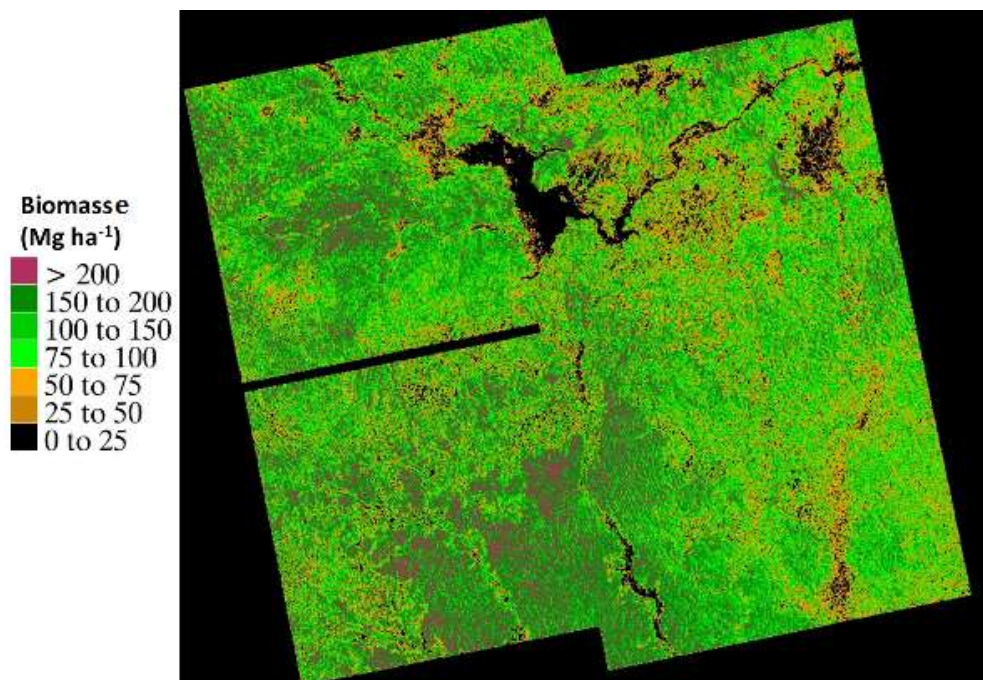


Figure 14: Carte de la biomasse au Cameroun

Le Cameroun a le troisième plus grand potentiel de biomasse en Afrique subsaharienne (Djouedjom & Zhao, 2018). Les sources de biomasse peuvent être classées en sources ligneuses, agricoles, forestières et animales. Les flux de déchets des usines de bois de la région orientale sont des sources qui peuvent être utilisées pour produire de l'électricité. Les rizières de Ndop, dans la région du Nord-Ouest, sont des zones potentielles qui peuvent fournir de la paille et des déchets à utiliser dans une usine de biomasse. Les branches d'arbres dans la forêt sont des sources de biomasse forestière. Le potentiel du Cameroun à produire de l'électricité à partir de résidus de biomasse est estimé à environ 1 GWh. Une étude récente de l'Agence d'électrification rurale a identifié 37 sites dans 9 régions où l'énergie peut être produite à partir de la biomasse (Djouedjom & Zhao, 2018)

Energie hydraulique

Le Cameroun possède le deuxième plus grand potentiel hydroélectrique d'Afrique après la République Démocratique du Congo (RDC). Le potentiel théorique brut de l'hydroélectricité camerounaise est de 294 TWh/an. Sur cette valeur, 115 TWh/an sont considérés comme techniquement réalisables tandis que 103 TWh/an sont économiquement réalisables. Cependant, seulement 5,5% de la capacité techniquement réalisable a été développée (Djouedjom & Zhao, 2018). En ce qui concerne le nombre de centrales hydroélectriques, trois grandes centrales sont actuellement en service au Cameroun. Il s'agit des centrales hydroélectriques d'Edéa, de Songloulou et de Lagdo. La centrale hydroélectrique d'Edéa a une capacité de production installée de 263 MW ; Songloulou a une capacité installée de 387 MW tandis que Lagdo sur la rivière Bénoué a une capacité installée de 72 MW. Trois projets hydroélectriques de grande envergure sont actuellement à divers stades de développement : Lom Pangar (30 MW), Memeve'ele (210 MW), Nachtigal (420 MW).

Solaire



Figure 2: Map of Solar radiation in Cameroon

Le rayonnement solaire est important dans la partie nord du pays (5,8 kWh/jour/m²) (Djouedjom & Zhao, 2018) et, dans une moindre mesure, dans la partie sud et humide du pays (4,5 kWh/jour/m²). La technologie solaire offrira de plus en plus de possibilités. En 2015, le Cameroun a signé un protocole d'accord avec son premier producteur d'électricité indépendant (PEI), Greenquest Solar Corporation, pour développer une installation solaire photovoltaïque de 500 MW. Ce projet sera situé dans la région du nord Cameroun et sera piloté avec une centrale photovoltaïque de 72 MW (Djouedjom & Zhao, 2018).

Éolienne

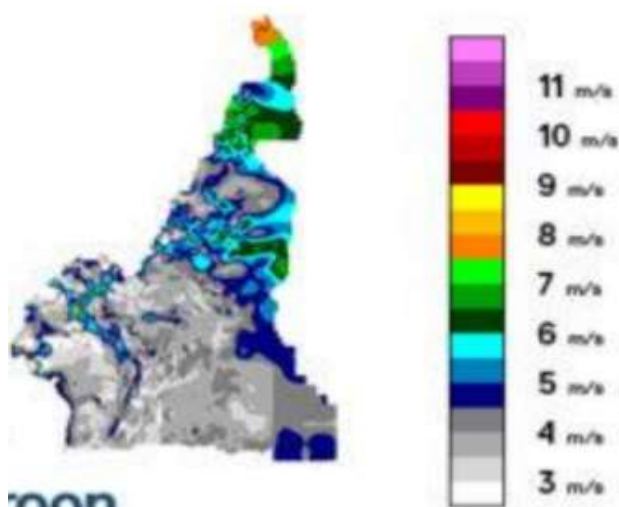


Figure 33-: Carte de la variation de la vitesse du vent au Cameroun

Le potentiel éolien existe dans le nord du Cameroun et les zones côtières avec une vitesse moyenne du vent de 5 à 7 m/s sur certains sites favorables. Dans la plupart des régions, la vitesse moyenne du vent n'est que de 2 à 4 m/s environ à une hauteur de 100 mètres. Actuellement, deux éoliennes rapides sont installées à Douala et des études de faisabilité pour un projet éolien de 42 MW (extensible à 80 MW) sont en cours dans les montagnes de Bamboutos à l'ouest du Cameroun (Djouedjom & Zhao, 2018).

Géothermie

La géothermie est l'un des domaines les moins documentés au Cameroun. Même dans les rares documents qui existent, les données sont souvent contradictoires, ce qui rend difficile de tirer des conclusions sur le potentiel géothermique du Cameroun. Il est fait mention de points chauds existants à Ngaoundéré dans l'Adamaoua, au Mont Cameroun et au Lac Moundou à Manengoumba (Abanda, 2012).

Oil and gas

Le Cameroun a commencé à produire du pétrole offshore en 1977 (Encyclopedia of the Nations, 2020). Selon l'Agence d'Information sur l'Énergie (EIA), le Cameroun est le sixième producteur de pétrole brut en Afrique subsaharienne, avec une production de 67 000 barils par jour ($10\,700\text{ m}^3/\text{j}$) en 2003, et des réserves estimées à 400 millions de barils ($64 \times 10^6\text{ m}^3$) au 1^{er} janvier 2004. Le pays dispose d'importantes réserves de gaz de pétrole liquéfié, qui sont en grande partie inexploitées. Selon l'EIA, les réserves de gaz naturel du Cameroun s'élevaient à 3,9 milliards de pieds cubes ($110 \times 10^6\text{ m}^3$) au 1^{er} janvier 2004, avec une production inconnue en 2002.

Énergie marémotrice

À l'échelle mondiale, l'énergie des océans n'en est qu'à ses débuts et les connaissances sur cette ressource énergétique font défaut. Il est donc difficile de trouver une étude détaillée et complète du potentiel mondial. Des études récentes du ministère américain de l'énergie indiquent que seuls 40 sites dans le monde ont des marées avec un potentiel important de production d'électricité. En ce qui concerne l'Afrique, l'Afrique du Sud est le seul pays à avoir envisagé jusqu'à présent l'énergie marémotrice, tandis que le Cameroun a jusqu'à présent engagé MRS Power Cameroon, une filiale de MRS Holding Ltd, un groupe énergétique en forte croissance en Afrique subsaharienne, pour mener une étude de faisabilité sur le potentiel de l'énergie marémotrice (Abanda, 2012).

Le tableau ci-dessous donne les statistiques de l'énergie totale (production et consommation) au Cameroun.

Tableau 11: Statistiques sur l'énergie totale en kilotonnes d'équivalent pétrole (Ktep)

Table 24: Total Energy Statistics in Kilotonnes of Oil Equivalent (Ktoe)

Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of charcoal	kt	372	381	457	477	477	486	486	506
Production de charbon du bois	kt	372	381	457	477	477	486	486	506
Production of crude oil, NLG and additives	kt	5 783	4 531	3 367	3 814	4 726	4 673	3 894	4 063
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	5 783	4 531	3 367	3 814	4 726	4 673	3 894	4 063
Production of natural gas	TJ	0	0	17 816	11 631	19 176	20 710	20 710	22 454
Production de gaz naturel	TJ	0	0	17 816	11 631	19 176	20 710	20 710	22 454
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	0	0	68	72	3	4	4	4
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	0	0	68	72	3	4	4	4
Production of electricity from fossil fuels	GWh	38	232	1 613	1 518	3 581	3 753	3 798	3 850
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	38	232	1 613	1 518	3 581	3 753	3 798	3 850
Production of nuclear electricity	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of hydro electricity	GWh	3 092	3 913	4 231	4 562	4 359	4 611	4 787	4 975
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	3 092	3 913	4 231	4 562	4 359	4 611	4 787	4 975
Production of geothermal electricity	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	64	68	71	74	77	81
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	64	68	71	74	77	81
Total production of electricity	GWh	3 130	4 145	5 976	6 220	8 014	8 442	8 667	8 910
Production électrique totale	GWh	3 130	4 145	5 976	6 220	8 014	8 442	8 667	8 910
Refinery output of oil products	kt	1 543	1 815	2 372	1 683	1 613	1 596	1 625	1 654
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	1 543	1 815	2 372	1 683	1 613	1 596	1 625	1 654
Final Consumption of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of oil	kt	874	880	1 225	1 317	1 221	1 297	1 386	1 485
Consommation finale de pétrole	kt	874	880	1 225	1 317	1 221	1 297	1 386	1 485
Final consumption of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Final consumption of electricity	GWh	2 718	3 306	5 214	5 485	6 071	6 425	6 694	6 991
Consommation finale d'électricité	GWh	2 718	3 306	5 214	5 485	6 071	6 425	6 694	6 991
Consumption of oil in industry	kt	62	58	127	134	75	77	84	91
Consommation industrielle de pétrole	kt	62	58	127	134	75	77	84	91
Consumption of natural gas in industry	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption of electricity in industry	GWh	1 516	1 485	2 842	3 011	3 408	3 582	3 665	3 754
Consommation industrielle d'électricité	GWh	1 516	1 485	2 842	3 011	3 408	3 582	3 665	3 754
Consumption of Coal* in industry	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation industrielle de Charbon*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption of oil in transport	kt	587	666	970	1 052	1 017	1 032	1 110	1 197
Consommation de pétrole dans les transports	kt	587	666	970	1 052	1 017	1 032	1 110	1 197
Consumption of electricity in transport	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Net Imports of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations Nettes de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	-4 154	-2 655	-995	-2 126	-2 853	-2 868	-2 798	-2 729
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	-4 154	-2 655	-995	-2 126	-2 853	-2 868	-2 798	-2 729
Net imports of oil product	kt	-571	-838	-356	228	285	296	288	281
Importations nettes de produits pétroliers	kt	-571	-838	-356	228	285	296	288	281
Net imports of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Importations nettes de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Net imports of electricity	GWh	0	0	0	1 507	60	55	60	66
Importations nettes d'électricité	GWh	0	0	0	1 507	60	55	60	66

- Data not applicable / Données non applicables

0 Data not available / Données indisponibles

(P) : Projected / Projetées

Source: (AFREC, 2018)

Secteurs économiques clés selon les Contributions Nationales Déterminées (CND)

Tableau 32: Consommation finale d'énergie au Cameroun hors biomasse

Agriculture tertiaire résidentielle		Résidentiel		Tertiaire		Agriculture		Non-énergie		2008
Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Unité
0,273	19,9	0,208	15,1	0,061	4,5	0,004	0,3	0,015	1,11	Cameroun

Source : (Gabriel, 2014)

Tableau 43: Consommation d'énergie finale du Cameroun par secteur de production

2008	Population	Consommation d'énergie finale		Industrie		Transport	
Unité	Million	Total	Par hab				
		Mtep	Tep	Mtep	%	Mtep	%
Cameroun	19	5,86	0.31	0,923	15,7	0,73	12,5

Source : (Gabriel, 2014)

Tableau 54: Consommation d'énergie finale par produit énergétique

Charbon		Biomasse		Électricité		2008
Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	
		4,5	76,5	0,4	6,9	Cameroun

Source : (Gabriel, 2014)

Tableau 65: Bilan énergétique du Cameroun

électricité	total	Cameroun
		par habitant
Consommation	6,41 milliards de kWh	247,75 kWh
Production	8,11 milliards de kWh	313,34 kWh
Importation	55.00 m kWh	2,13 kWh
Brut	Baril	Cameroun
		par habitant
Production	69.000,00 bbl	0,003 bbl
Importation	36 480,00 bbl	0,001 bbl
Exportation	96 370,00 bbl	0,004 bbl
Le gaz naturel	Mètre cube	Cameroun
		par habitant
Consommation	906.10 m ³	35.02 m ³
Production	910.40 m ³	35.18 m ³

Source : (Data, n.d.)

Tableau 76: Structure de la consommation finale d'énergie au Cameroun en 2010 (en Ktep)

Non	Secteur	Produit pétrolier	Biomasse	Électricité	Total	%
1	Industrie	116,4	0,0	239,1	355,4	6,2
2	Transport	896,3	0,0	0,0	896,3	15,6
3	Autres secteurs	18,2	387,4	94,2	499,8	8,7
4	Résidentiel	125,1	3785,6	84,8	3995,5	69,5
5	Total général	1155,9	4173,0	418,1	5747,0	100
6	%	20,1	72,6	7,3	100	

Source : (Ngoubou, 2013)

Tableau 87: Statistiques de production de Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) pour le Cameroun

Désignation	Production de GPL par la SNH (gaz associé)	Production prévisible de GPL par la SONARA	L'offre nationale prévisible de GPL
Unité	TM	TM	TM
2015	20 000	28 000	48 000
2020	200 000	28 000	228 000
2025	200 000	28 000	228 000
2030	200 000	28 000	228 000
2035	200 000	28 000	228 000

Source : (Gabriel, 2014)

Tableau 98: Projet de loi sur la consommation d'énergie en 2010

Non	Énergie	Consommation finale en Ktep	Projet de loi	
			Million de CFA	%
1	Bois de chauffage	3 981		0%
	Acheté	1 393	59 221	13%
	Non acheté	2 587		0%
2	Charbon de bois	87	21 416	2%
3	Sciure et copeaux de bois	106	530	0%
4	Autres biomasses	-	-	0%
5	Biomasse totale	4 173	185 167	16%
6	Pétrole	1 156	647 924	54%
7	AES Sonel (ancêtre d'ENEO)	210	143 000	12%
8	Production automobile	208	215 436	18%
9	Total	5 747	1 191 527	100%

Source : (Gabriel, 2014)

La demande d'électricité du secteur public (consommateurs basse et moyenne tension), qui augmente en moyenne de 6 % par an, est estimée à 4 700 GWh en 2015 et passera à 7 600 GWh en 2025 (Republic of Cameroon, 2008).

La demande d'électricité devrait continuer à croître rapidement, avec une estimation de 750 000 connexions d'ici 2021. Le plan du gouvernement visant à ajouter 5 000 MW de capacité de production d'ici 2020 a été élaboré sur une base nationale et régionale en réponse à la demande (Ossono, 2014). Mais ce plan n'a pas été mis en œuvre.

Secteur de l'agriculture

Les principaux défis auxquels est confronté le secteur agricole camerounais sont la recherche de l'autosuffisance, la sécurité alimentaire, le développement de l'agrobusiness et l'amélioration de la productivité et de la compétitivité. Dans le CND du Cameroun, quatre orientations sont bien définies pour le développement du secteur agricole :

- La cohérence dans la planification et le développement des zones rurales pour développer l'agriculture tout en limitant la déforestation/dégradation ;
- L'intensification de la production agricole, animale et halieutique respectueuse de l'environnement afin de limiter la déforestation/dégradation ;
- La promotion des pratiques visant à améliorer la capacité de production agricole et à valoriser les ressources environnementales ;
- Le développement énergétique des ressources rurales avec l'utilisation des déchets comme source d'énergie.

Demande d'énergie dans le secteur : l'utilisation de l'énergie dans le secteur agricole n'a pas fait l'objet d'études approfondies, ce qui complique les tentatives de projection de la future demande énergétique dans le secteur agricole au Cameroun.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : l'utilisation de la biomasse en agriculture repose principalement sur la décomposition de la biomasse morte dans le compost et les déjections dans les champs. L'utilisation de l'énergie issue de la conversion de la biomasse en agriculture au Cameroun est encore à ses débuts. Peu d'études ont été réalisées dans ce domaine et les données sur l'utilisation de la bioénergie dans l'agriculture sont exprimées en pourcentage de la demande énergétique dans le secteur agricole. De ce fait, les meilleures données ne sont pas disponibles à notre connaissance.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : les agriculteurs, en particulier dans les zones rurales, devraient être informés et formés sur les différentes sources d'énergie, notamment les sources d'énergie renouvelables et les options d'efficacité énergétique dont disposent les entreprises agricoles. En outre, les agriculteurs doivent explorer les sources d'énergie renouvelables qui sont à leur disposition. Ainsi, les entreprises énergétiques peuvent présenter les différentes options et possibilités d'exploitation de la biomasse comme source d'énergie pour le développement de l'agriculture. Comme mentionné dans le rapport 2.1, la biomasse est la source d'énergie la plus abondante au Cameroun. Dans le rapport 2.2, plusieurs technologies peuvent être adoptées pour la conversion de la biomasse en énergie propre. Dans le secteur agricole, les centrales à biomasse peuvent fournir suffisamment d'énergie pour le pompage de l'eau pour l'irrigation des plantes dans les zones arides, l'utilisation pour l'agriculture intelligente (dans les serres), le fonctionnement des chambres froides permettant la conservation des aliments et limitant les pertes après récolte, etc. De même, la biomasse peut être utilisée pour la production de biogaz et ses déchets peuvent être utilisés comme biofertilisant.

Mines et industrie

Le secteur minier et industriel est l'un des 12 secteurs économiques qui ont été inclus dans l'INDC du Cameroun. En 2012, le ministère des Mines a mentionné plusieurs projets miniers en cours d'exécution au Cameroun. Il s'agit notamment des cinq licences minières accordées à Geovic pour l'exploitation du nickel, du cobalt et du manganèse à Nkamouna (Lomié) et des cinq licences accordées à C and K Mining Inc pour l'exploitation des diamants et des substances connexes à Mobilong (Yokadouma). En outre, trois permis d'exploitation minière ont été accordés pour l'exploitation de calcaire et de marbre. Il s'agit de Cam Iron, une filiale de l'australien Sundance Resources pour l'exploitation du fer de Mbalam et de Cameroon Alumina Limited, qui développera les gisements de bauxite de Mini Martap et de Ngaoundal (Adamaoua). La mise en œuvre de ces projets nécessite une augmentation de la demande d'énergie dans les communautés des bénéficiaires (MEW, 2006)

Demande d'énergie dans le secteur minier : la demande industrielle est fortement conditionnée par les besoins énergétiques de l'industrie de l'aluminium, qui sont actuellement de 1 315 GWh (ou 150 MW). Avec la mise en œuvre du projet d'expansion de l'usine d'aluminium d'Edéa, cette demande passera à environ 500 MW d'ici 2015. La mise en œuvre de l'ambitieux plan de développement Bauxite-Aluminium envisagé par le gouvernement avec ses partenaires dans le cadre du projet Greenfield et les perspectives de développement de la zone industrielle du futur port en eau profonde de Kribi se traduiront par des besoins énergétiques supplémentaires de plus de 13 000 GWh (soit 1 500 MW) d'ici 2016, d'ici 2025. La demande industrielle d'énergie électrique à haute tension augmentera très fortement (aluminium) ainsi que la demande de moyenne tension pour les industries qui dépendent directement des grands projets (Republic of Cameroon, n.d). Cette demande supplémentaire sera calculée de manière spécifique et indépendante du taux de croissance du PIB. En 2025, les besoins en électricité seront de l'ordre de 25 TWh pour l'ensemble du secteur.

Tableau 109: Prévion de la demande d'électricité pour le secteur "Bauxite-Aluminium" à l'horizon 2030

Phases de développement de l'aluminium au Cameroun	Prévisions de la demande Filière « Aluminium »	Site d'Edéa : Passage de 145/185 à 450MW + Socrat (2MW) +2MW (HFO)			Sur le Site de Kribi			TOTAL			MW+
		Énergie	Puissance	FC	Énergie	Puissance	FC	Énergie	Puissance	FC	
		(GWh)	(MW)	(%)	(GWh)	(MW)	(%)	(GWh)	(MW)	(%)	
1	2004	1 335	175	87%				1 335	175	87%	-
	2005	1 335	187	81%				1 335	187	81%	12
	2006	1 433	187	87%				1 433	187	87%	0
	2007	1 433	187	87%				1 433	187	87%	0
	2008	1 750	204	98%				1 750	204	98%	17
	2009	1 750	204	98%				1 750	204	98%	0
	2010	3 975	454	100%				3 975	454	100%	248
	2011	3 975	454	100%				3 975	454	100%	0
	2012	3 975	454	100%				3 975	454	100%	0
	2013	3 975	454	100%				3 975	454	100%	0
2	2014	3 975	454	100%				3 975	454	100%	0
3	2015	3 975	454	100%	6 517	800	93%	10 493	1 254	95%	800
4	2020	3 975	454	100%	13 850	1700	93%	17 825	2 154	94%	900
	2025	3 975	454	100%	20 774	2550	93%	24 750	3 004	94%	850
	2030	3 975	454	100%	20 774	2550	93%	24 750	3 004	94%	0

Source : (MEW, 2006)

Le Cameroun dispose d'un potentiel important pour la production de produits à base de coton à plus forte valeur ajoutée, notamment dans les segments de la filature, du tissage et de la fabrication de vêtements. Sur la base de la transformation locale de la moitié de la fibre de coton, il convient d'envisager la fourniture d'environ 20 MW d'électricité pour les unités industrielles engagées dans ces activités.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : l'énergie consommée dans le secteur industriel est principalement fournie par le pétrole et les produits hydroélectriques. La biomasse n'est pas utilisée au Cameroun comme source d'énergie dans le secteur minier et industriel (Ngoubou, 2013).

Contribution de la bioénergie forestière : le rapport entre la demande d'énergie et la production d'énergie au Cameroun est supérieur à 1, ce qui reflète le fait que la quantité d'énergie fournie ne réponde pas entièrement aux besoins. Ce déficit est plus évident dans les industries minières. Cependant, le Cameroun regorge d'une grande quantité de biomasse. Selon le ministère de l'Eau et de l'Energie, la consommation rationnelle de la biomasse camerounaise peut permettre la production de 420 MW via des centrales à biomasse. Cet excédent d'énergie permettrait de combler le déficit énergétique dans le secteur industriel et minier.

Tableau **1140** : Synthèse de la demande d'énergie pour les projets industriels autres que le secteur de l'aluminium

Projet industriel	Demande en puissance (MW)
Industrie lourde	
Développement d'un complexe sidérurgique à Kribi	80 / 160
Industrie légère	
Mise en valeur de la vallée de la Bénoué	50
Raffinerie de pétrole	35
Filière « Coton-textile-confection »	20
Filière « bois »	50
Fabrication d'engrais, d'urée et d'ammoniac	20 / 30
Deuxième cimenterie	4 / 5
Sous-total industrie légère	180 / 190
Grand Total	260 / 350

Source : (MEW, 2006)

Secteur forestier

Comme le décrit les CND du Cameroun, le secteur forestier est confronté à des défis majeurs. Le principal défi consiste à assurer la gestion durable des forêts, et la valorisation des forêts productives, dans le cadre de plans de gestion, la contribution à la croissance économique et la lutte contre la pauvreté par le retour d'une partie des recettes fiscales aux communautés, la création d'emplois, la conservation de la biodiversité par le renforcement du réseau national de zones protégées, la cohérence du système foncier par des plans de zonage. La consommation d'énergie dans le secteur forestier est dominée par les industries de transformation du bois.

Demande d'énergie dans le secteur forestier : l'énergie estimée dans le secteur forestier au Cameroun est celle utilisée dans les industries d'extraction et de transformation des produits forestiers ligneux et non ligneux. L'énergie primaire est principalement utilisée pour les activités d'exploitation et de transformation du bois. Une étude menée par la SFID montre que la transformation d'un mètre cube de bois nécessite environ 15 litres de diesel. L'exploitation des produits forestiers non ligneux au Cameroun se limite à l'extraction, la conservation et la vente. Le faible taux de transformation est lié à un faible accès à l'énergie et à un manque de transport des produits des sites d'exploitation vers les sites de transformation potentiels. Dans ce contexte, le fonctionnement de toutes les industries du bois entraînerait un besoin supplémentaire d'au moins 50 MW au cours des cinq à dix prochaines années dans le cadre d'une politique volontariste de promotion de la filière bois, basée sur des incitations à attirer les investisseurs privés dans le sous-secteur (GTZ, n.d).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : l'utilisation de la biomasse au Cameroun est principalement traditionnelle. L'utilisation de la biomasse comme source d'énergie dans le secteur forestier au Cameroun est presque nulle. Au Cameroun, la biomasse est utilisée dans le secteur forestier pour des besoins minimes en chaleur.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : avec plus de 2 millions de tonnes de déchets produits au Cameroun par an, plusieurs systèmes de cogénération peuvent être installés et exploités. La production de chaleur et d'électricité par ces systèmes de cogénération, ne permettra pas de répondre aux besoins énergétiques des entreprises d'exploitation forestière.

Secteur des transports

Comme mentionné dans la CNDP (Contribution Nationale Déterminée Prévues) du Cameroun (Republic of Cameroon, 2015), le secteur des transports devrait :

- Limiter la mobilité restreinte et promouvoir les transports à faible intensité carbonique
- Promouvoir une approche intégrée du secteur et le développement de transports à faible émission de carbone grâce à un programme national d'infrastructures de transport
- Intégrer une dimension énergie/climat dans les documents d'aménagement du territoire, pour tenter de limiter les distances, travailler sur la mixité fonctionnelle et proposer des politiques de transit efficaces
- Assister l'Etat et les collectivités locales dans l'élaboration de plans de développement des transports publics, intra et interurbains à faible émission de carbone (anciennement tramways de Yaoundé et Douala)
- Promouvoir l'achat de véhicules à faibles émissions et l'élimination des véhicules les plus polluants par le biais de normes, d'incitations ou d'obligations

Le pétrole est la principale source d'énergie utilisée dans le secteur des transports. La demande d'énergie est en constante augmentation.

Demande d'énergie : la production de pétrole au Cameroun en 2010 était d'environ 3,3 millions de tonnes. TOTAL Exploration-Production reste le plus grand producteur avec 61% des parts. Cette production poursuit la tendance à la baisse qui a commencé en 1985, lorsque le Cameroun a atteint son pic pétrolier. Entre 2001 et 2010, la production pétrolière du Cameroun a chuté de plus de 40 %. Cependant, l'intensification de l'exploration pétrolière, propulsée ces dernières années par la Société nationale des hydrocarbures (SNH), laisse présager une inflexion de cette tendance à la baisse. Selon l'étude sur l'optimisation de l'approvisionnement en produits pétroliers (CSPH, 2005), la consommation de produits pétroliers doublerait au cours des 20 prochaines années, passant de 983.409 à 1.732.202 tonnes de 2005 à 2025. La situation de l'offre par rapport à l'évolution de la consommation indique des déficits croissants à l'horizon (MEW, 2006).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur des transports : l'utilisation de l'énergie de la biomasse dans le secteur des transports au Cameroun est embryonnaire. Le pourcentage de la biomasse utilisée est presque nul. Les quelques cas observés concernent la production de bioéthanol à partir de la biomasse. La biomasse produite n'est pas suffisante pour satisfaire les besoins du secteur des transports.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur des transports : le développement d'un processus économiquement viable pour la production de biocarburants liquides à partir de cellulose pourrait conduire à l'utilisation généralisée de la biomasse forestière dans le secteur des transports. Comme la croissance de la demande de biocarburants liquides est principalement attendue dans les pays développés, la flexibilité commerciale est le principal facteur qui affecte les plans de développement dans la plupart des pays en développement (FAO, 2008).

Secteur institutionnel et domestique

Selon l'enquête 2008 du Ministère des ressources en eau et de l'énergie sur la consommation d'énergie domestique, 60 % du bois de chauffage est acheté, le reste étant acquis par des canaux non commerciaux. En rapprochant la consommation finale et la facture énergétique, il apparaît que la biomasse, qui représente plus de 73% de l'énergie consommée au Cameroun, représente environ 16% de la dépense énergétique nationale. En revanche, l'énergie commerciale, qui représente moins de 27% en volume, couvre 84% de la facture énergétique nationale.

Demande d'énergie : les projections de consommation à long terme de l'étude (15 ans) prévoyaient une consommation potentielle comprise entre 78 000 et 166 000 tonnes, selon les scénarios. Ces projections sont basées sur la poursuite des séries historiques observées, c'est-à-dire la poursuite de la consommation dans les zones urbaines, combinée à une augmentation de la consommation dans les zones rurales, en accord avec la politique de réduction de la pauvreté. Nous pensons que l'hypothèse haute est la plus probable, et que le

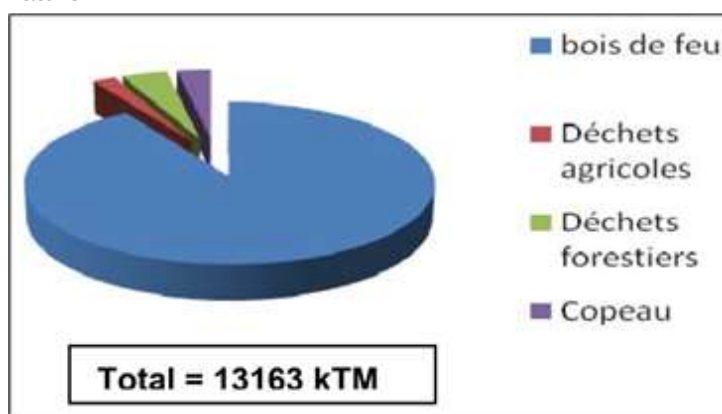
potentiel total de consommation est probablement plus important. En effet, il existe un potentiel considérable dans le nord du Cameroun, où le développement du GPL peut contribuer efficacement à freiner le phénomène de déforestation provoqué par l'utilisation massive et néfaste de la biomasse (bois de chauffage et charbon de bois) pour répondre aux besoins domestiques.

En prenant le ratio estimé dans l'étude pour la consommation spécifique du secteur tertiaire (7%), il reste environ 155 000 tonnes pour le secteur résidentiel. En considérant que le développement du marché du GPL sera favorable à une augmentation du nombre de ménages qui y ont accès, et en estimant, un doublement en 15 ans du nombre de ménages (environ 1 million en 2020), la consommation unitaire par ménage passerait à 155 kg par an, soit environ une bouteille par mois. Bien que nettement supérieur à la moyenne de 2002, ce chiffre reste modeste et se situe dans le bas de la fourchette par rapport à la consommation unitaire d'autres pays ayant un niveau de développement similaire (entre 1 et 2 bouteilles par ménage et par mois).

Au Cameroun, où près de 80 % de la consommation d'énergie est non domestique et plus de 70 % est directement liée aux activités économiques, c'est principalement la croissance des industries à forte consommation qui déterminera la demande future. La consommation domestique, qui en 2004 ne représentait que 20% de la demande totale, restera, peu importante sur la croissance de la demande à moyen terme.

Pourcentage de la biomasse utilisée : le bois-énergie, tant dans les zones rurales qu'urbaines, reste la principale ressource énergétique au Cameroun. En 2010, elle représentait 72,6% de la consommation totale d'énergie, contre 20,1% pour les produits pétroliers et gaziers et 7,3% pour l'électricité dans les ménages. Ceci s'explique par l'accessibilité de cette forme d'énergie et l'importance de son utilisation. Le bilan énergétique pour 2010 montre que la production de bois énergie est estimée à 13 163 Ktep, en légère hausse par rapport aux 13 118 Ktep de 2009 et se répartit comme le montre le graphique ci-dessous en 2010 (Gabriel, 2014).

Figure 44: Répartition de la production de bois-énergie par nature



Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : a mise en œuvre de diverses technologies de la biomasse au Cameroun permettrait de mieux exploiter le potentiel de la biomasse avec une meilleure efficacité.

- La construction de centrales électriques à biomasse isolées dans des zones rurales hors réseau permettrait d'accroître l'accès des ménages à l'électricité
- La construction de bio-digesteurs permettrait d'utiliser à la fois le gaz domestique pour la cuisine et le chauffage et l'électricité pour alimenter les appareils électroniques et l'éclairage des ménages.

Conclusion et recommandations

L'approvisionnement total en énergie de la République du Cameroun pourrait à l'avenir ne pas être en mesure de répondre suffisamment à la demande d'une population en rapide augmentation. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'énergie produite au Cameroun est orientée vers les zones urbaines où le secteur industriel est en perpétuelle croissance, sans oublier le taux de résidence en milieu urbain qui augmente avec l'exode rural. Ces arguments justifient le faible accès à l'énergie dans les zones rurales.

Ainsi, le secteur industriel et le secteur résidentiel sont les secteurs les plus consommateurs d'énergie au Cameroun. La demande d'énergie dans ces secteurs est très élevée. Le Cameroun dans sa CNDP veut réduire ses émissions de GES de -32%. Pour y parvenir, l'utilisation de sources renouvelables est une des solutions. La conversion de la biomasse qui est une source d'énergie renouvelable, en une forme d'énergie durable peut aider à combler le déficit observé dans le réseau électrique du Cameroun et ainsi augmenter le taux d'accès à l'énergie dans les zones urbaines et rurales.

Les régions Est et Sud, par exemple, abritent les plus grandes concessions forestières et une abondance d'unités de transformation du bois (UTB). Ce sont donc, les deux régions qui présentent de grands points chauds de biomasse forestière et aussi des régions ayant un faible accès à l'énergie.

La technologie de combustion utilisée dans les centrales à biomasse peut être mise en œuvre dans ces régions pour produire de l'énergie électrique. Ces déchets peuvent être valorisés par la production de charbon écologique pour la cuisine et le chauffage ; la fermentation des déchets de bois peut également permettre la production de biogaz, de bioéthanol utilisé dans plusieurs secteurs, le compost qui en résulte peut être utilisé dans le secteur agricole.

1.2 République Démocratique du Congo (RDC)

Ressources énergétiques

La production d'électricité en 2015 était de 676 Ktep (kilo tonnes équivalent pétrole), dont 99,7 % provenaient de sources hydroélectriques. La consommation finale d'électricité au cours de la même année était de 613 Ktep.

Biomasse

Figure 55: Carte de la biomasse en République Démocratique du Congo



Source : (WWF, 2017) Les différentes catégories de biomasse qui peuvent être utilisées pour la production d'énergie en RDC sont présentées ci-dessous.

Bois de chauffage

La RDC compte environ 125 millions d'hectares de forêts, soit 67,9% de la superficie du pays (Kusakana, 2016). Les combustibles utilisés sont principalement le bois de chauffage et le charbon de bois. Ces combustibles fournissent la majeure partie de l'énergie utilisée par les ménages, notamment pour la cuisine. Selon les données de 1985, la consommation de ces éco-banques s'élevait à 8,5 millions de pieds (tonnes équivalent pétrole), soit 86% de l'énergie totale utilisée en RDC (Kusakana, 2016).

Biogaz

Il s'agit d'une source d'énergie renouvelable qui peut être utilisée comme combustible pour le chauffage, la cuisine et la production d'électricité. Les matières premières utilisées pour la production de biogaz sont les plantes, les déchets animaux et les décharges (où sont déversés les déchets solides municipaux). La liste des matières premières qui peuvent être utilisées pour produire du biogaz est longue. Des études ont montré que l'utilisation des gaz de décharge pour la production d'énergie est une option viable pour la RDC. Actuellement, la production de biogaz en RDC est dans une phase expérimentale en raison du coût élevé des usines de biogaz et du manque de formation des utilisateurs et des techniciens de maintenance (Kusakana, 2016).

Biocarburants

La RDC a un grand potentiel pour les biocarburants, en particulier l'éthanol, provenant des industries sucrières et des distilleries de mélasse. L'éthanol est principalement utilisé comme carburant pour les moteurs et comme additif aux carburants. (Kusakana, 2016).

L'énergie hydraulique

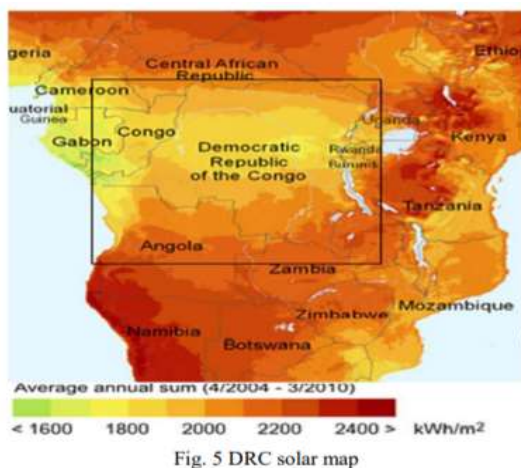


Figure 66—: Une centrale hydroélectrique ; source :

La RDC dispose d'un très important potentiel hydroélectrique, estimé à 774 GWh, correspondant à près de 65 % du potentiel de l'Afrique centrale, 35 % du potentiel de l'Afrique et 8 % du potentiel annuel mondial. Cette importante ressource hydroélectrique est le résultat de la situation géographique du pays dans le bassin versant

du fleuve Congo. L'hydroélectricité est la principale source d'électricité en RDC et il existe un énorme potentiel de développement de microcentrales hydroélectriques avec une capacité minimale d'exploitation estimée à 88 400 MW et une capacité d'exportation de 51,9 TWh/an (WEC, 2005). Le niveau d'exploitation actuel représente environ 3 % de la capacité économiquement exploitable. L'organisation nationale de l'électricité dispose de 17 centrales hydroélectriques d'une capacité nominale totale de 2 410 MW. Les deux plus grandes sont Inga 1 (351 MW) et Inga 2 (1424 MW), les nouvelles centrales Inga 3 (4320 MW) et Inga 4 étant en cours de planification (Kusakana, 2016; UNEP, 2017).

Solaire



La RDC est située dans une région très isolée avec des niveaux de rayonnement compris entre 3,25 et 6,0 kWh/m²/jour, ce qui rend l'installation de panneaux solaires photovoltaïques (PV) viable dans tout le pays. Actuellement, seuls 836 systèmes solaires photovoltaïques d'une capacité totale de 83 kW sont en service. Il existe également 148 systèmes du réseau Caritas, d'une capacité estimée à 6,31 kW. Nous constatons que la pénétration des systèmes solaires PV est très faible par rapport à la taille du pays et par rapport à la disponibilité de cette ressource énergétique (Kusakana, 2016).

Éolienne

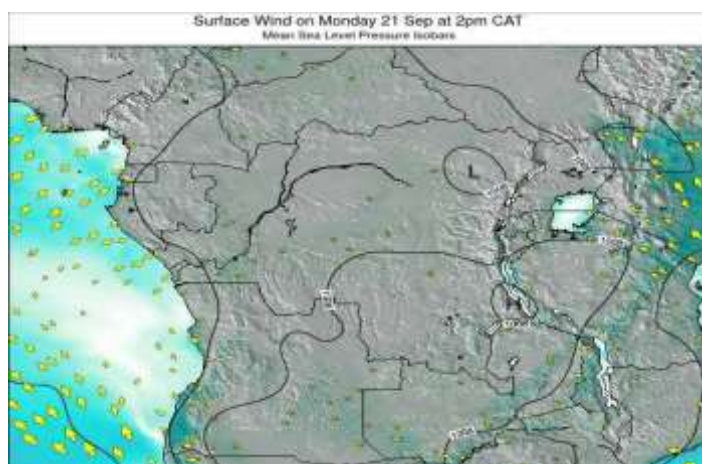


Figure 78: Carte de la variation de la vitesse du vent en République démocratique du Congo

La RDC a généralement un potentiel de vitesse du vent faible, allant de 1,5 m/s à Matadi, 1,7 m/s à Gimbi et 1,8 m/s à Kalemie et Goma. Ugoma fait la différence avec une vitesse du vent allant de 6 à 6,6 m/s. L'énergie éolienne n'est pas couramment utilisée en RDC, sauf dans quelques cas isolés où elle est utilisée pour

pomper les eaux souterraines ou pour de petits systèmes d'éclairage. Le potentiel éolien du pays est estimé à environ 77 380 MW. Toutefois, des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer quelle part de ce potentiel peut être exploitée économiquement (Kusakana, 2016).

Géothermie

Les régions orientales de la RDC font partie du système du rift est-africain, qui est l'une des plus grandes structures tectoniques au monde, où l'énergie thermique du noyau terrestre traverse la surface. Par conséquent, la RDC dispose d'un potentiel géothermique important. Deux sites appropriés, Nyangezi et Uvira/Kinanira/Kavimvira, qui ont des températures maximales de pointes de chaleur allant jusqu'à 90 degrés Celsius et des débits moyens allant de 11 à 162 L/s, ont été identifiés dans la partie orientale du pays.

Pétrole et gaz

La RDC dispose de réserves pétrolières dans le bassin côtier occidental (offshore et onshore) et de deux bassins sédimentaires pratiquement inexplorés. En 2009, la réserve de pétrole brut du pays, d'environ 180 millions de barils, était la deuxième plus importante d'Afrique australe après l'Angola. La RDC dispose d'une importante capacité de production de pétrole brut. Cependant, le pays ne dispose pas de raffineries et doit donc exporter toute sa production et importer des produits raffinés pour un usage local.

Le lac Kivu (qui est partagé avec le Rwanda) contient des réserves de gaz méthane de 65 milliards de m³, l'équivalent de 50 millions de tonnes de pétrole, qui se trouvent à des profondeurs supérieures à 300 mètres, et

qui restent inexploitées. La réserve de méthane du lac Kivu est le seul cas de gaz dissous dans l'eau au monde. Des études sur le lac Kivu ont montré que la quantité de méthane au fond du lac a augmenté de 30% au cours des 30 dernières années en raison de l'activité volcanique dans la région, ainsi que de l'introduction de sardines dans le lac (Kusakana, 2016).

L'énergie nucléaire

La RDC dispose d'une réserve d'environ 1 800 tonnes de gisements d'uranium à haute concentration inexploités, principalement autour de sept sites dans la région sud de la province du Katanga : Shinkolobwe, Kalongwe, Lwambo, Mindigi, Kalongwe, Kasompi et Samboa. L'énergie nucléaire de la RDC est gérée par le Commissariat Général à l'Énergie Atomique (CGEA), qui a pour mandat de développer le secteur de l'uranium du pays en explorant et en exploitant les gisements d'uranium. Toutefois, les activités actuelles du CGEA sont limitées en termes de recherche, de surveillance et de réglementation. Deux réacteurs de recherche ont été construits en 1958 et 1972 (Centre de l'énergie atomique), mais tous deux ont été fermés en 1998 à la demande de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) pour des raisons de sécurité (Kusakana, 2016).

Le tableau ci-dessous présente la production et la consommation d'énergie en RDC.

Tableau 1244: Statistiques énergétiques totales pour la République démocratique du Congo en kilotonnes d'équivalent pétrole (Ktep)

D.R.of Congo / R.D. du Congo

Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	106	132	0	0	0	0	0	0
Production de Charbon*	kt	106	132	0	0	0	0	0	0
Production of charcoal	kt	283	615	3 674	3 803	3 841	4 074	4 129	4 185
Production de charbon du bois	kt	283	615	3 674	3 803	3 841	4 074	4 129	4 185
Production of crude oil, NLG and additives	kt	1 169	1 269	1 129	1 061	1 048	996	946	957
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	1 169	1 269	1 129	1 061	1 048	996	946	957
Production of natural gas	TJ	0	0	0	0	46	14	0	0
Production de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	46	14	0	0
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	0	0	0	9	21	22	23	24
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	0	0	0	9	21	22	23	24
Production of electricity from fossil fuels	GWh	19	23	9	11	16	14	14	14
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	19	23	9	11	16	14	14	14
Production of nuclear electricity	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of hydro electricity	GWh	6 001	7 396	8 231	8 820	8 916	9 099	9 770	10 516
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	6 001	7 396	8 231	8 820	8 916	9 099	9 770	10 516
Production of geothermal electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	5	7	7	8	8	8
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	5	7	7	8	8	8
Total production of electricity	GWh	6 020	7 419	8 245	8 847	8 960	9 143	9 815	10 562
Production électrique totale	GWh	6 020	7 419	8 245	8 847	8 960	9 143	9 815	10 562
Refinery output of oil products	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final Consumption of Coal*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de Charbon*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Final consumption of oil	kt	269	404	1 096	1 467	863	626	658	693
Consommation finale de pétrole	kt	269	404	1 096	1 467	863	626	658	693
Final consumption of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Final consumption of electricity	GWh	4 533	4 883	7 252	7 899	7 376	7 001	7 224	7 457
Consommation finale d'électricité	GWh	4 533	4 883	7 252	7 899	7 376	7 001	7 224	7 457
Consumption of oil in industry	kt	14	42	41	41	20	26	27	29
Consommation industrielle de pétrole	kt	14	42	41	41	20	26	27	29
Consumption of natural gas in industry	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption of electricity in industry	GWh	1 890	3 094	3 243	4 342	3 994	3 848	3 979	4 115
Consommation industrielle d'électricité	GWh	1 890	3 094	3 243	4 342	3 994	3 848	3 979	4 115
Consumption of Coal* in industry	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation industrielle de Charbon*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption of oil in transport	kt	250	351	1 045	1 423	841	599	630	663
Consommation de pétrole dans les transports	kt	250	351	1 045	1 423	841	599	630	663
Consumption of electricity in transport	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Net Imports of Coal*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Importations Nettes de Charbon*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	-1 186	-1 269	-1 129	-1 061	-1 048	-996	-984	-973
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	-1 186	-1 269	-1 129	-1 061	-1 048	-996	-984	-973
Net imports of oil product	kt	344	563	1 247	1 697	985	743	795	850
Importations nettes de produits pétroliers	kt	344	563	1 247	1 697	985	743	795	850
Net imports of natural gas	TJ	0	0	0	80	46	38	38	38
Importations nettes de gaz naturel	TJ	0	0	0	80	46	38	38	38
Net imports of electricity	GWh	-4 540	-5 507	-8	1 069	-402	-400	-392	-384
Importations nettes d'électricité	GWh	-4 540	-5 507	-8	1 069	-402	-400	-392	-384

- Data not applicable / Données non applicables

0 Data not available / Données indisponibles

(P) : Projected / Projetées

Source : (AFREC, 2018)

Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées (NDC)

La CNDP de la RDC fait référence à quatre domaines d'activité prioritaires qui sont plus vulnérables au changement climatique. Il s'agit du secteur des transports (aviation civile, transport routier), de l'énergie, de l'industrie (la plus importante étant l'industrie de production de ciment), de l'agriculture et du secteur des déchets. Le plan d'adaptation, d'atténuation et de réduction des GES nécessite la mise en œuvre de nouvelles technologies dans de nouveaux procédés qui permettraient également, dans une certaine mesure, d'augmenter le PIB du pays et, par conséquent, la croissance économique et sociale du pays. Toutefois, l'accès à l'énergie est l'une des priorités pour atteindre cet objectif. Depuis 2005, la demande énergétique de la RDC est en augmentation. La demande en énergie ne se limite pas à ces quatre secteurs.

2.2.2.1. Forêts

Demande d'énergie : en RDC, l'industrie, les transports et le secteur résidentiel représentent ensemble plus de 99% de la consommation d'énergie finale, le reste, soit moins de 1%, provenant des secteurs de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et de l'agroforesterie. Ceci est un indicateur de la faible mécanisation de l'agriculture congolaise en général (machines agricoles) et de la faible utilisation des technologies de transformation et de conservation des produits agricoles au sens large (agriculture, forêt, pêche et élevage).

La fourniture d'électricité comprend la production nationale, qui est principalement d'origine hydroélectrique, thermique et les importations de la RDC. Les investissements importants réalisés par le gouvernement congolais ces dernières années ont permis de multiplier par près de sept, la capacité nationale de production d'énergie, qui est passée de 89 MW en 2001 à 600 MW en 2011 (hors secteur pétrolier et forestier). L'offre disponible couvre la demande potentielle du réseau électrique interconnecté, qui est estimée à 360 MW (Ngoubou, 2013).

Dans le sillage de la croissance démographique et de la reconstruction de la RDC, il ne fait aucun doute que la demande énergétique sera résolument à la hausse. Le tableau 11 ci-dessous présente une simulation réalisée par le ministère de l'énergie en suivant le modèle d'analyse de la demande énergétique (MAED) développé par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA). Ce modèle évalue la demande énergétique future sur la base de plusieurs paramètres et facteurs tels que les spécificités socio-économiques, démographiques et autres du pays (Esseqqat, 2011).

Figure 89: Carte de la République démocratique du Congo



Table 1342: Electricity demand summary following three growth scenarios

Item	Unité	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Industrie							
Faible croissance	GWh	2'490'326	3'449'192	5'742'639	9'800'528	17'141'430	30'947'732
Croissance de base	GWh	2'490'326	4'441'712	8'348'222	15'984'283	31'904'305	62'529'135
Forte croissance	GWh	2'490'326	5'031'886	10'166'710	21'847'773	49'918'929	121'220'333
Transport							
Faible croissance	GWh	2'487	14'961	44'722	148'947	242'313	335'643
Croissance de base	GWh	2'487	15'298	45'392	150'215	244'812	341'333
Forte croissance	GWh	2'487	18'470	52'391	160'687	279'111	385'590
Ménages							
Faible croissance	GWh	2'201'082	4'135'048	11'480'187	18'497'992	28'155'558	48'781'342
Croissance de base	GWh	2'201'082	4'925'434	11'640'764	22'809'205	39'462'932	68'740'595
Forte croissance	GWh	2'201'082	7'515'363	23'185'713	32'525'276	50'672'589	80'958'709
Services							
Faible croissance	GWh	760'311	994'743	1'496'818	2'341'350	3'581'715	5'754'518
Croissance de base	GWh	760'311	1'052'135	1'569'774	2'455'302	3'988'379	7'238'945
Forte croissance	GWh	760'311	1'089'438	1'734'297	2'813'328	5'076'088	8'930'258
Total							
Faible croissance	GWh	5'454'205	8'593'944	18'764'365	30'788'816	49'121'016	85'819'235
Croissance de base	GWh	5'454'205	10'434'579	21'604'153	41'399'006	75'600'428	138'850'007
Forte croissance	GWh	5'454'205	13'655'157	35'139'112	57'347'064	105'946'717	211'494'890

Source : (Esseqqat, 2011)

L'accès universel à l'électricité d'ici 2030 signifierait que la RDC passerait à un taux d'électrification :

- De 9 % en 2011 à 100 % en 2030 au niveau national,
- De 35% en 2011 à 100% en 2030 en zone urbaine,
- De 1 % en 2011 à 100 % en 2030 dans le milieu rural.

Mais pour atteindre cet objectif d'électrification universelle en RDC d'ici 2030, la consommation d'électricité finale serait alors de l'ordre de 149 528 Gwh en 2030 (soit 12 858 Ktep), ce qui multiplierait par 23,8 le niveau total de consommation finale d'électricité en 2011 ; soit par 11.25 fois la consommation moyenne d'électricité finale par habitant, passant de 0,008 tep par habitant (ou 1 394 kWh/an/hbt) en 2011 à 0,09 tep par habitant (ou 15 685 kWh/an/hbt) en 2030.

La capacité requise pour répondre à cette demande, dans l'hypothèse d'une amélioration de l'efficacité énergétique du sous-secteur de l'électricité, serait de l'ordre de 32 965 MW, soit une augmentation d'environ 23,8 fois la capacité requise en 2011 (1 387 MW) ou de 12,7 fois la capacité déjà installée en 2011 (2 589 MW). Ces 32 965 MW seront répartis entre l'hydroélectricité produite localement, les importations d'électricité dans le cadre de réseaux interconnectés grâce à la coopération énergétique sous-régionale, la production thermique publique et privée, et les centrales électriques nouvelles et renouvelables (solaire, biocarburants éoliens, etc.) (UNDP, 2013).

Pourcentage de la biomasse dans la production d'énergie en RDC : la production d'énergie primaire en 2011 est estimée à environ 23 434 Ktep, dont 22 781 Ktep (97,2 %) sont des 653 Ktep en électricité (2,8 %). L'approvisionnement net pour les besoins énergétiques nationaux (consommation primaire brute) est estimé à 24 116 ktep en 2011, dont 94,5 % pour la biomasse (22 781 ktep), 3,1 % pour les produits pétroliers (746 ktep) et 2,4 % pour l'électricité (589 ktep).

La consommation énergétique de la RDC (consommation finale totale) en 2008 était de 21,7 millions de mégatonnes d'équivalent pétrole, dont environ 75 % pour l'usage domestique, 22 % pour l'usage industriel et 1 % pour le transport (AIE 2011). On estime que la biomasse (y compris le bois-énergie) couvre 93 % de la consommation énergétique du pays, suivie par l'hydroélectricité avec 4 %, le pétrole avec 3 %, et le charbon

minéral avec 1 % (Ministère de l'énergie, 2009). Plus de 90 % de la demande de cette forme d'énergie se situe dans le secteur des ménages.

La biomasse reste la principale source d'énergie de cuisson pour plus de 93% de la population de la RDC. Les ménages et les vendeurs d'aliments dans la rue dépendent fortement du charbon (ou du bois de chauffage) pour la cuisine quotidienne (77 % à Kinshasa). Les entreprises, telles que les boulangeries, les brasseries, les restaurants, les maçons et les alumineries, dépendent également du bois de chauffage ou du charbon de bois pour leur travail quotidien (REDD+ International, 2015).

Selon le dernier rapport du Système d'information sur l'énergie 2010 de la CNE, la biomasse représente 95 % du bilan énergétique global de la RDC. La demande de la RDC en biomasse pour l'énergie domestique est de 45 millions de mètres cubes de bois par an (UNDP, 2013).

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : en RDC, les rendements sur l'utilisation des combustibles traditionnels par les "foyers à trois pierres" ou les "braseros métalliques" sont très faibles, respectivement entre 5 et 7% et entre 12 et 15% d'efficacité énergétique. Les secteurs de la biomasse-énergie contiennent plusieurs domaines d'application importants des technologies et du savoir-faire pour améliorer l'efficacité énergétique des méthodes de production et de consommation d'énergie. Comme la plupart des pays africains, les programmes d'efficacité énergétique sont encore embryonnaires en RDC, à l'exception de plus de 30 ans d'action pour la promotion des foyers améliorés (bois et charbon de bois) et des technologies de carbonisation du bois. En plus de ces technologies améliorées, la mise en place de centrales biomasse de grande capacité serait d'autant plus efficace pour combler le vide dans le mix énergétique du pays. L'énergie produite par les centrales à biomasse pourrait ainsi être utilisée dans le secteur de l'agriculture et de l'élevage (systèmes de pompage de l'eau d'alimentation, irrigation, chambres froides, etc.), le secteur des transports (production de biocarburants), le secteur industriel. La mise en place de systèmes de cogénération permet de produire de l'énergie qui alimenterait non seulement les entreprises du secteur forestier (transformation du bois) mais aussi les ménages proches des sites de production de déchets forestiers. Le biogaz produit à partir de la biomasse forestière permettrait d'augmenter la production de gaz pour la cuisson des aliments et le chauffage des habitations, et d'électricité pour l'éclairage et l'alimentation des appareils électroniques (UNDP, 2013).

Conclusion et recommandations

La RDC est un pays marqué par la richesse de ses ressources naturelles en raison de sa grande superficie forestière. Cependant, c'est l'un des pays les plus pauvres d'Afrique centrale. Comme d'autres pays de la sous-région, la croissance démographique de la RDC continue de s'accroître, et la conséquence directe est l'augmentation de la demande en énergie. L'énergie hydroélectrique est la principale source d'énergie qui alimente le réseau électrique du pays. D'autre part, la bioénergie est la source d'énergie la plus utilisée dans les zones rurales. Les autres sources d'énergie comme le gaz, le charbon de bois, le pétrole sont utilisées principalement dans les zones urbaines pour la cuisine, et aussi dans l'industrie. Les combustibles plus propres, tels que le gaz et le pétrole, sont principalement utilisés dans les zones urbaines pour la cuisine et dans l'industrie, entre autres. Le pourcentage de biomasse dans le mix énergétique de la RDC justifie le taux de déforestation observé.

Le secteur résidentiel et le secteur industriel sont les secteurs les plus intensifs en énergie du pays. Cependant, nous constatons que le développement de ces secteurs n'est pas suffisant. Le rapport entre l'offre et la demande montre qu'il existe un important déficit énergétique. Dans le contexte de la lutte contre le changement climatique, la réduction des émissions de GES est essentielle. Pour y parvenir, la RDC, dans sa CNDP, prévoit de se pencher sur l'utilisation des sources d'énergies renouvelables comme la biomasse.

Kinshasa, Kisangani, Mbuji-Mayi sont les principales localités qui abritent la majorité des sociétés d'exploitation forestière. Ce sont donc les grands points chauds des résidus de biomasse en RDC. Les déchets de bois dans ces localités sont en quantités importantes et peuvent être exploités pour combler le déficit énergétique observé en RDC.

La combustion et la fermentation sont les principales technologies faciles à mettre en œuvre pour la production de bioénergie. La combustion utilisée dans les centrales à biomasse permet de produire de l'électricité et de l'injecter dans le réseau électrique. Le biogaz, le biocarburant et le compost issus de la fermentation des déchets de bois peuvent contribuer au développement de plusieurs activités en RDC.

1.3 La République du Congo

Ressources énergétiques

Le Congo dispose d'importantes ressources énergétiques en hydroélectricité, pétrole, gaz naturel et bois de chauffage. La fourniture totale d'énergie primaire au Congo est estimée à 2637 ktep, tandis que la consommation finale totale s'élève à 1769 ktep ¹

2.2.2.2. Biomasse

Le Congo est largement couvert par la forêt (60% du territoire national) qui représente 10% de l'ensemble des forêts tropicales humides. Elles sont divisées en trois grands massifs : le Mayombe (2 millions d'ha), le Challu (3 millions d'ha) et le Nord du Congo (15 millions d'ha). La productivité potentielle de la biomasse dans les forêts tropicales du Congo est parmi les plus élevées au monde. Le bois-énergie est le combustible par excellence des ménages (plus de 80 % de la consommation totale d'énergie). Les grands centres de consommation sont alimentés par des canaux informels. Le charbon de bois est produit à partir de meules traditionnelles à faible rendement (10-15%) (Ngoubou, 2013).

2.2.2.3. L'énergie hydraulique

La République du Congo dispose d'un réseau hydrographique dense qui s'organise autour de deux principaux bassins fluviaux : le bassin du fleuve Congo, qui occupe environ 72 % de la superficie totale du pays, et le bassin du Kouilou-Niari, qui couvre environ 16 %. À ces deux bassins, il faut ajouter des bassins côtiers plus petits : les bassins de la Loémé, du haut Nyanga, du haut Ogooué et du Chilango. Malgré l'importance du réseau hydrographique du Congo, le potentiel hydraulique pour la production d'électricité n'est pas encore pleinement exploité. Sur un potentiel hydroélectrique estimé à 14 000 MW, la capacité installée est de 209 MW. Seuls les sites hydroélectriques de Moukouloulou (74 MW) dans le département de la Bouenza, de Djoué (15 MW) à Brazzaville et d'Imboulou (120 MW) dans le département du Pool Nord sont opérationnels (Ngoubou, 2013).

2.2.2.4. Solaire

En termes bruts, l'ensoleillement moyen au Congo représente un potentiel de 4,5 kWh/m²/jour, contre seulement 3 kWh/m²/jour dans la zone tempérée européenne. Cet ensoleillement important et la perspective réelle de réduire les coûts de la technologie photovoltaïque conduisent à une contribution très importante de l'énergie solaire à l'accès des populations rurales à un service énergétique de base (Ngoubou, 2013).

2.2.2.5. Éolienne

Les seules mesures du vent disponibles proviennent des stations synoptiques de l'Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) (mesures à 10-12 m). Ces mesures indiquent que le potentiel n'est pas appréciable et que les vitesses du vent, de l'ordre de 2 m/s, ne sont pas constantes tout au long de l'année. A de telles vitesses du vent, l'énergie éolienne n'est actuellement pas viable.

¹ RAPPORT ANNUEL SIE-CONGO 2013

2.2.2.6. Pétrole et gaz

Selon l'EIA, qui cite le Journal of Oil and Gas comme source (janvier 2016), le Congo dispose de grandes réserves de pétrole allant jusqu'à 1,6 milliard de barils. En effet, les compagnies pétrolières les plus influentes opèrent dans le pays, dont le français Total, et l'italien Eni, présents au Congo depuis 1968. Le champ pétrolier offshore de Moho Bilondo, par exemple, entre fin 2008 et 2010, est la réserve de pétrole qui a le plus contribué à la production de pétrole. Un autre grand champ pétrolier offshore, entre le Congo et l'Angola, dont les deux pays ont accepté de partager les bénéfices, est celui de Lianzi, avec des réserves d'environ 70 millions de barils (Louvel et al. 2017)

Le gaz naturel est également présent en quantités considérables, mais l'absence de réseau de distribution ne permet pas une véritable exploitation commerciale. Pour ces raisons, une grande partie du gaz associé est réinjectée dans des puits de pétrole (About Energy, n.d.).

Le tableau ci-dessous présente la production et la consommation d'énergie au Congo.

Tableau 13 : Statistiques sur l'énergie totale de la République du Congo en kilotonnes d'équivalent pétrole (Ktep)
Congo / Congo

Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of charcoal	kt	147	171	200	206	210	213	217	221
Production de charbon du bois	kt	147	171	200	206	210	213	217	221
Production of crude oil, NLG and additives	kt	13 609	12 594	12 754	13 539	12 605	12 760	14 919	15 116
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	13 609	12 594	12 754	13 539	12 605	12 760	14 919	15 116
Production of natural gas	TJ	0	2 093	8 584	9 166	9 410	9 923	9 845	10 237
Production de gaz naturel	TJ	0	2 093	8 584	9 166	9 410	9 923	9 845	10 237
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from fossil fuels	GWh	1	73	543	788	806	794	817	843
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	1	73	543	788	806	794	817	843
Production of nuclear electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of hydro electricity	GWh	298	355	971	952	925	959	1 012	1 073
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	298	355	971	952	925	959	1 012	1 073
Production of geothermal electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Total production of electricity	GWh	299	428	1 514	1 740	1 731	1 753	1 829	1 916
Production électrique totale	GWh	299	428	1 514	1 740	1 731	1 753	1 829	1 916
Refinery output of oil products	kt	398	430	775	791	738	746	791	839
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	398	430	775	791	738	746	791	839
Final Consumption of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of oil	kt	157	252	673	728	739	722	748	777
Consommation finale de pétrole	kt	157	252	673	728	739	722	748	777
Final consumption of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Final consumption of electricity	GWh	254	344	802	798	807	805	825	847
Consommation finale d'électricité	GWh	254	344	802	798	807	805	825	847
Consumption of oil in industry	kt	1	7	32	56	60	58	59	61
Consommation industrielle de pétrole	kt	1	7	32	56	60	58	59	61
Consumption of natural gas in industry	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of electricity in industry	GWh	137	165	375	373	372	376	385	395
Consommation industrielle d'électricité	GWh	137	165	375	373	372	376	385	395
Consumption of Coal* in industry	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation industrielle de Charbon*	kt	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption of oil in transport	kt	134	227	601	634	650	637	661	687
Consommation de pétrole dans les transports	kt	134	227	601	634	650	637	661	687
Consumption of electricity in transport	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Net Imports of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations Nettes de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	-13 210	-12 042	-12 126	-12 342	-11 799	-11 944	-11 796	-11 650
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	-13 210	-12 042	-12 126	-12 342	-11 799	-11 944	-11 796	-11 650
Net imports of oil product	kt	-209	-209	-21	-11	40	16	16	16
Importations nettes de produits pétroliers	kt	-209	-209	-21	-11	40	16	16	16
Net imports of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Importations nettes de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Net imports of electricity	GWh	262	418	37	-4	-4	-4	-4	-4
Importations nettes d'électricité	GWh	262	418	37	-4	-4	-4	-4	-4

- Data not applicable / Données non applicables
 0 Data not available / Données indisponibles
 (P) : Projected / Projetées

Source : (AFREC, 2018)

2.2.3. Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées prévues (CNDP)

Comme mentionné dans la CNDP de la République du Congo, la gestion et le reboisement des forêts, la conservation des forêts, l'agriculture, le secteur minier et industriel, le secteur énergétique, les ménages et les transports ont un fort impact sur le climat et contribuent à la croissance économique du pays. Ces secteurs sont en même temps les plus vulnérables au changement climatique. Ainsi, le plan d'adaptation et d'atténuation

prévoit une augmentation de la demande énergétique pour un meilleur développement de ces secteurs d'activité.

Forêts

Demande d'énergie : Au Congo, la structure de la demande énergétique est composée de biomasse, d'hydroélectricité, de produits pétroliers et de gaz. Les principaux segments du marché de l'énergie sont le résidentiel (ménages), les industries - PME ; les transports, l'agriculture et le gouvernement. La biomasse est la source d'énergie la plus populaire du pays, représentant 81% de l'approvisionnement énergétique du Congo. Dans le sous-secteur du pétrole, malgré la forte intensité de l'activité pétrolière, les produits pétroliers ne représentent que 7 % de la demande énergétique. Les produits pétroliers sont principalement composés de carburants (essence, diesel et carburant) pour le transport (maritime et fluvial, routier et aérien) et de kérosène pour l'éclairage et la cuisson des ménages. Enfin, la demande de gaz naturel représente 11 % de la demande d'énergie (Constantine, n.d)

La consommation d'énergie comprend la consommation de BT (basse tension) et de HT/MT (haute/moyenne tension), respectivement, pour les ménages et les industries.

En considérant le scénario 1 avec un taux d'accès à l'énergie de 45% entre 2015 et 2025, une augmentation du nombre total de ménages selon le taux actuel de croissance de la population (2,6%), la demande totale d'énergie serait alors estimée à 4 604 944,72 MWh en 2020 pour atteindre 5 934 571,36 MWh en 2025 (Constantine, n.d).

Si l'on considère le scénario 2 avec un changement progressif de 45 à 60% entre 2015-2020 et 90% en 2025 du taux d'accès à l'électricité, la demande évoluera en deux (2) phases : entre 2015 et 2020, elle passera de 2.055.309 MWh à 3.073.604 MWh, soit une augmentation de 1.018.295 MWh (49,5%). De 2021 à 2025, la consommation passera de 3 332 091 MWh à 4 296 289 MWh, soit une augmentation de 964198 MWh (28,9 %) (Constantine, n.d).

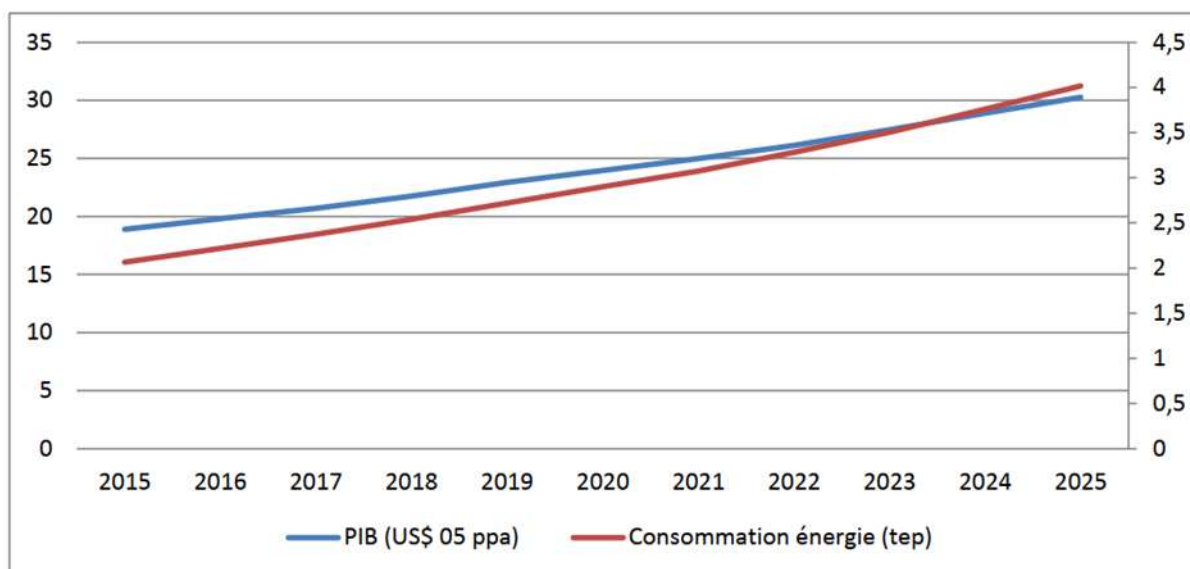
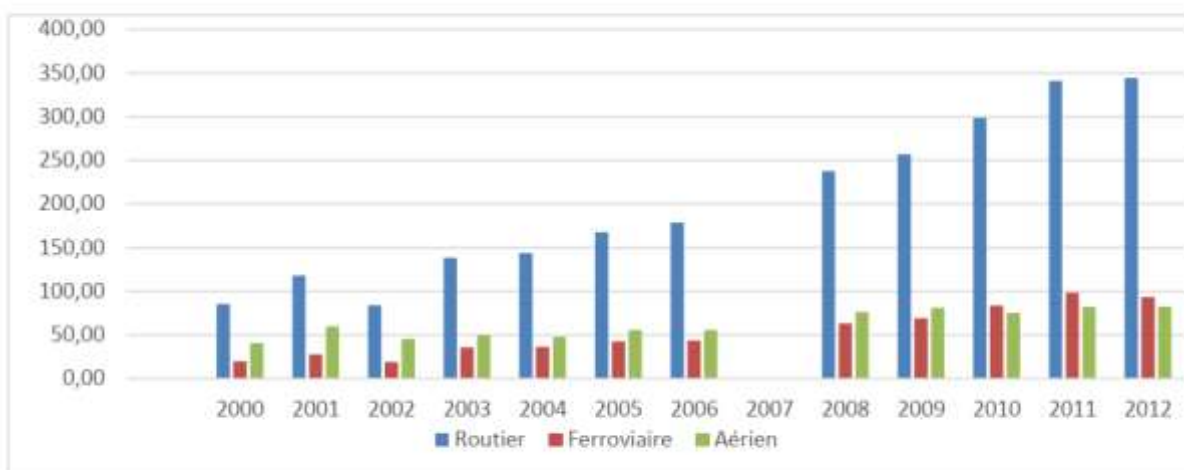


Figure 910: Évolution croisée du PIB et de la consommation d'énergie

Source : Bibliothèque de l'OCDE 2014

Evolution de la consommation par secteur



Source : INS-MHC-MEH

Figure 1011: Évolution de la consommation de produits pétroliers par secteur

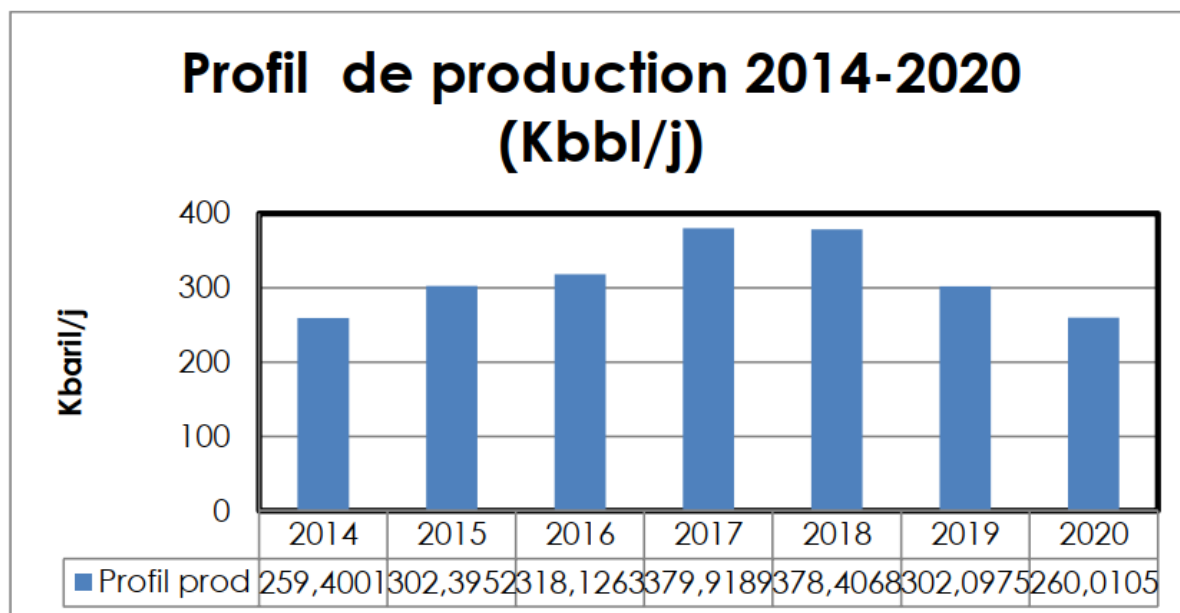


Figure 1112: Profil de production pour 2014 à 2020

Source : CMH, 2014

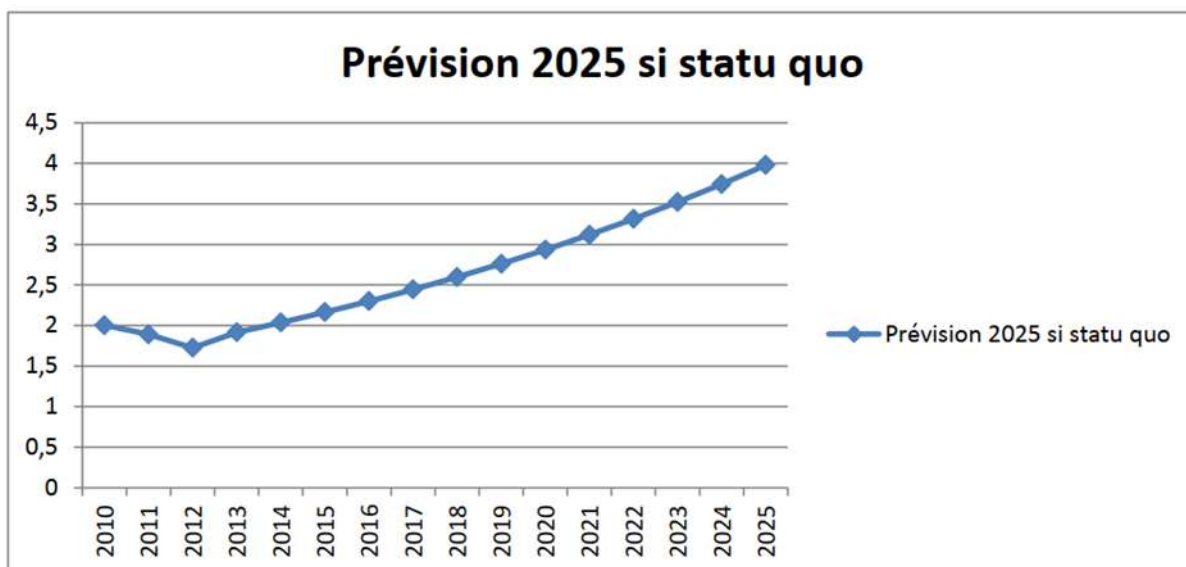


Figure 1243- Prévisions selon le statu quo

Source : (Constantine, n.d)

Pourcentage de la biomasse : La biomasse représente entre 4 et 10%. (Loemba, 2008) de l'approvisionnement énergétique du Congo. En 2008, la production de biomasse était de 0,72 Mtep, la consommation primaire de 0,72 Mtep et la consommation finale de 0,46 Mtep (ADEME, 2008). Les ressources sont constituées de forêts comprises dans la concession de la Compagnie Congolaise des Industries du Bois (CIB) à Pokola dans le département de la Sangha, au nord-ouest du pays. La cogénération n'est qu'une activité secondaire alimentée par la récupération des sous-produits des opérations de traitement des déchets de bois pour produire de l'électricité. La production d'électricité de cette cogénération est estimée à environ 4MW, dont 2MW sont autoconsommés et les autres 2MW sont distribués gratuitement à la population environnante dans le cadre de la responsabilité sociale des entreprises (RSE).

Contribution de la bioénergie forestière : les différents secteurs de la bioénergie qui font l'objet de recherche et de développement industriel peuvent conduire à des investissements industriels structurants dans de multiples secteurs.

- La bioélectricité et les bio-cogénérations font appel à des technologies variées (petites turbines à vapeur, moteur Sterling, turbine Rankine, gaz générateurs) qui peuvent s'adapter aux secteurs agro-industriels concernés (coton, riz, bois, palme, sucre)
- Les biocarburants proviennent de deux secteurs : l'éthanol-carburant, lié à la filière canne à sucre ; le biodiesel, issu de plantations pétrolières agro-industrielles ou paysannes. Tous deux se préparent à l'avènement des biocarburants de deuxième génération, qui progressent rapidement dans les pays industrialisés
- Les biocarburants industriels, produits à partir de plantations à croissance rapide autour des usines, peuvent alimenter des foyers industriels (cimenteries, par exemple), pour remplacer quelques pourcentages de combustible lourd ou de charbon
- Le biogaz industriel produit par méthanisation des déchets humides réduit le coût de leur traitement
- Les cultures énergétiques sur des périmètres agroforestiers à double usage alimentaire et énergétique peuvent augmenter les revenus des agriculteurs et leur permettre d'acquérir des intrants (Louvel & Gromard, 2017).

Conclusion et recommandations

La vaste zone forestière de la République du Congo, comme d'autres pays du bassin du Congo, contient d'importantes ressources naturelles. Leur exploitation a la capacité d'améliorer de manière significative

l'économie locale du pays. Parmi ces ressources naturelles, nombreuses sont celles qui permettent une production d'énergie durable. On note l'hydroélectricité, le solaire, la biomasse, le gaz, le pétrole et bien d'autres encore. L'énergie hydraulique et le gaz sont les principales sources d'approvisionnement du réseau électrique du Congo. La bioénergie est la source d'énergie la plus importante dans les zones rurales, mais l'utilisation de cette biomasse n'est pas contrôlée et contribue à la déforestation. Ainsi, le faible taux d'accès à l'énergie montre que l'offre d'énergie est bien inférieure à la demande.

Les régions de Bouenza, Ouessou, Pokala sont les zones où la production de biomasse est importante. La biomasse provient principalement des zones de Bouenza, Ouessou et Pokala. Comme mentionné dans la CNDP du Congo, la biomasse provient de sources d'énergie renouvelables. Son utilisation comme source alternative permettra une réduction des émissions de GES. Les quantités de cette biomasse sont suffisantes dans ces régions pour la production de bioénergie. Cette double énergie pourrait permettre de combler le déficit observé dans le secteur de l'électricité au Congo.

Comme dans d'autres pays, la fermentation et la combustion sont les principales technologies qui peuvent être mises en œuvre pour la production d'énergie. La combustion est la mieux exploitée dans les centrales à biomasse pour la production d'électricité ; le charbon écologique, les briquettes, les pellets (utilisés dans les ménages pour la cuisine et dans les chaudières, par exemple) peuvent également être obtenus à partir de la combustion de la biomasse. À la fin de la fermentation, on peut obtenir du biogaz, du biocarburant et du compost et les utiliser pour le développement de plusieurs secteurs d'activité.

1.4 Gabon

Ressources énergétiques

En termes de réserves pétrolières prouvées et récupérables, le pays est considéré comme l'un des plus riches de l'Afrique subsaharienne, se classant au 5e rang sur le continent. Il est également le troisième plus grand producteur de pétrole en Afrique subsaharienne, après le Nigeria et l'Angola. Les deux principales sources d'énergie du pays sont les combustibles fossiles et l'hydroélectricité. En 2015, 51,7 % d'électricité totale produite au Gabon provenait de l'hydroélectricité et 48,2 % des combustibles fossiles. Le Gabon dépend fortement du pétrole pour ses revenus d'exportation et sa production d'énergie nationale. L'autre grande source d'énergie est l'hydroélectricité, dont le gouvernement du pays vise à produire jusqu'à 1200 MW d'ici 2020 (World Bank, 2020; Nachmany, et al., 2015).

L'énergie hydraulique

Le Gabon a un fort potentiel de production hydroélectrique en raison de sa topographie et de ses fortes précipitations (PNUE 2017). Le Gabon dispose d'un réseau hydraulique extrêmement dense et étendu qui alimente deux grands fleuves : l'Ogooué et le Nyanga. Avec l'existence de puissants rapides sur ces fleuves, le pays dispose d'un potentiel hydroélectrique considérable. Certains sites sont d'un grand intérêt, comme ceux des portes de l'Okanda, où l'Ogooué est englouti dans une série de puissants rapides et dont la productivité a été estimée à 10 milliards de kilowatts par heure et par an. Selon le ministère de l'énergie, le potentiel hydroélectrique global s'estime entre 40 000 et 50 000 gigawatts par an. C'est un atout important pour son développement (Lawson, n.d.).

Pétrole et gaz

Au Gabon, l'énergie provient de deux sources principales, les combustibles fossiles et l'hydraulique. Le Gabon est également très dépendant du pétrole pour ses recettes d'exportation. En termes de réserves pétrolières, le pays est l'un des plus riches d'Afrique subsaharienne, se classant au 5^e rang après le Nigeria et l'Angola, entre autres. Bien que les réserves pétrolières prouvées du Gabon soient passées de 1 300 millions de barils en 1996 à 2 500 millions de barils en 2004, le gouvernement s'inquiète de l'épuisement des ressources à long terme. La production totale de pétrole brut est passée d'un pic de 371 000 barils par jour (59 000 m³/j) à environ 289 700 barils par jour (46 060 m³/j) en 2003 (Energypedia, 2019) (PNUE 2017)

La production totale d'électricité du Gabon en 2015 était de 199 kilotonnes d'équivalent pétrole (ktep), dont 51,7% provenaient de sources hydroélectriques et 48,2% de combustibles fossiles. La consommation finale d'électricité du pays était de 169 ktep.

Solaire, éolienne

Le Gabon connaît une moyenne de 300 jours d'ensoleillement par an, avec une insolation quotidienne moyenne d'environ 4 kWh/m². Pourtant, comme nous l'avons déjà mentionné, le pays est fortement boisé, ce qui empêche de relier les communautés isolées au réseau principal du pays. Par conséquent, avec de telles conditions solaires, des systèmes solaires autonomes seraient la solution idéale pour la production d'électricité pour ces communautés au Gabon.

Biomasse

Les forêts du Gabon couvrent une grande partie du territoire et fournissent une part tout aussi importante des besoins énergétiques du pays (AIE, 2016). La biomasse est la source d'énergie prédominante utilisée par 80 % du secteur domestique (REEEP, 2012). Le pays a mis en place des projets de collaboration aux niveaux international et régional pour la gestion durable des forêts et l'utilisation de l'énergie par le biais de l'Initiative forestière d'Afrique centrale et du Centre international pour la séquestration du carbone et l'énergie de la biomasse. À mesure que le secteur formel du bois se développe, il est également possible d'utiliser les déchets de l'industrie du bois pour produire de l'énergie (ONUE 2017).

Tableau ~~1414~~: Statistiques énergétiques totales pour le Gabon

Gabon / Gabon

Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of charcoal	kt	15	18	21	21	22	22	23	23
Production de charbon du bois	kt	15	18	21	21	22	22	23	23
Production of crude oil, NLG and additives	kt	13 797	13 477	11 608	11 607	11 147	9 993	10 014	10 137
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	13 797	13 477	11 608	11 607	11 147	9 993	10 014	10 137
Production of natural gas	TJ	3 134	3 917	11 755	56 334	20 750	20 900	20 778	21 022
Production de gaz naturel	TJ	3 134	3 917	11 755	56 334	20 750	20 900	20 778	21 022
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	7	7	10	10	11	12	13	14
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	7	7	10	10	11	12	13	14
Production of electricity from fossil fuels	GWh	331	559	1 320	2 409	2 503	2 148	2 168	2 191
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	331	559	1 320	2 409	2 503	2 148	2 168	2 191
Production of nuclear electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of hydro electricity	GWh	809	819	932	795	862	930	1 013	1 104
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	809	819	932	795	862	930	1 013	1 104
Production of geothermal electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	4	6	2	2	2	2
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	4	6	2	2	2	2
Total production of electricity	GWh	1 147	1 385	2 266	3 219	3 378	3 092	3 196	3 310
Production électrique totale	GWh	1 147	1 385	2 266	3 219	3 378	3 092	3 196	3 310
Refinery output of oil products	kt	599	706	797	774	762	826	886	951
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	599	706	797	774	762	826	886	951
Final Consumption of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of oil	kt	311	350	761	741	728	753	771	791
Consommation finale de pétrole	kt	311	350	761	741	728	753	771	791
Final consumption of natural gas	TJ	56	66	93	110	114	116	125	136
Consommation finale de gaz naturel	TJ	56	66	93	110	114	116	125	136
Final consumption of electricity	GWh	989	1 184	1 736	1 997	2 104	2 017	2 133	2 259
Consommation finale d'électricité	GWh	989	1 184	1 736	1 997	2 104	2 017	2 133	2 259
Consumption of oil in industry	kt	156	171	374	364	376	380	389	399
Consommation industrielle de pétrole	kt	156	171	374	364	376	380	389	399
Consumption of natural gas in industry	TJ	56	66	93	110	114	116	125	136
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	56	66	93	110	114	116	125	136
Consumption of electricity in industry	GWh	268	321	394	487	502	546	567	589
Consommation industrielle d'électricité	GWh	268	321	394	487	502	546	567	589
Consumption of Coal* in industry	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of oil in transport	kt	101	116	265	260	253	256	260	265
Consommation de pétrole dans les transports	kt	101	116	265	260	253	256	260	265
Consumption of electricity in transport	GWh	4	5	7	8	8	9	9	10
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	4	5	7	8	8	9	9	10
Net Imports of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations Nettes de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	-13 177	-12 643	-10 770	-11 096	-10 652	-9 446	-9 337	-9 229
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	-13 177	-12 643	-10 770	-11 096	-10 652	-9 446	-9 337	-9 229
Net imports of oil product	kt	808	20	315	256	253	255	258	261
Importations nettes de produits pétroliers	kt	808	20	315	256	253	255	258	261
Net imports of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Importations nettes de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Net imports of electricity	GWh	0	0	184	388	337	344	369	403
Importations nettes d'électricité	GWh	0	0	184	388	337	344	369	403

- Data not applicable / Données non applicables

0 Data not available / Données indisponibles

(P) : Projected / Projetées

Source: (AFREC, 2018)

Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées prévues (CNDP)

La CNDP de la République gabonaise (Government of Gabon, 2015) fait référence à plusieurs secteurs d'activité qui ont une influence significative sur le PIB du pays. Ces secteurs, bien que vulnérables au changement climatique, contribuent à l'augmentation de la concentration de GES dans l'atmosphère. Le fonctionnement de ces secteurs dépend principalement de l'accès à l'énergie dans le pays. Un meilleur développement de ces secteurs nécessite donc une augmentation de la demande en énergie.

Secteur forestier

Demande d'énergie : le Gabon, dans son schéma directeur des infrastructures nationales, prévoit de développer les infrastructures électriques pour répondre aux besoins supplémentaires du secteur forestier, d'environ 100 MW d'ici 2025 (Gouvernement du Gabon, 2013).

Pourcentage de bioénergie dans ce secteur : la biomasse forestière du Gabon est principalement représentée par les déchets issus de l'exploitation forestière. Cependant, l'énergie issue de la conversion de cette biomasse forestière est utilisée dans d'autres secteurs d'activité. La contribution de la bioénergie dans le secteur forestier est presque nulle.

Contribution de la bioénergie forestière : La valorisation des millions de tonnes de biomasse générées par les industries forestières peut permettre au Gabon de mettre en œuvre des technologies de cogénération, de centrales à biomasse, de production de biocarburants et de biogaz. Cette énergie fournie devra alimenter les entreprises forestières et les ménages qui sont proches des sites de production de grandes quantités de déchets. Le biogaz produit devrait permettre de cuisiner les aliments et de chauffer les maisons. Le biocarburant produit devra alimenter les engins de transport des produits forestiers.

Secteur industriel (industries du bois, agroalimentaire, industrie minière)

Demande d'énergie : la province de l'estuaire, qui abrite la capitale Libreville et la ZES (Zone Économique Spéciale), est la plus industrialisée du pays. Sa demande en énergie s'élève à elle seule à plus de 115 MW. Dans le document du plan stratégique émergent, le Gabon prévoit de répondre à cette demande par la construction de la centrale à gaz de 70 MW et du barrage de Ngoulmendjim (45 MW) ainsi que par l'extension et la modernisation du réseau électrique nord de Libreville.

Le pôle économique de Lastoursville-Koulamoutou, avec les infrastructures disponibles et les projets prévus, a besoin de plus de 90 MW pour son développement. Dans le plan stratégique émergent, le Gabon a prévu le barrage hydroélectrique de Ngoulmendjim pour répondre à cette demande. Environ 10,6 MW permettront de répondre à la demande de l'industrie du bois et de diverses activités agricoles et minières.

Le pôle économique de Port-Gentil, par ses infrastructures et ses projets, aura besoin d'une capacité d'environ 117 MW.

Au pôle Belinga où le Gabon prévoit d'exploiter le fer, le manganèse, le gotha, ses besoins énergétiques sont estimés à 240 MW.

Le pôle économique de Lambaréné pour le développement de ses activités dans la filière bois a besoin de 25,8 MW et les diverses activités agricoles, agro-industrielles et minières ont besoin de 25 MW pour la production de manganèse à Ndjolé.

Le développement de ce potentiel énergétique permettra de répondre aux besoins énergétiques du Gabon industriel. Le Gabon, avec l'appui de ses partenaires, mettra en place un parc de production d'une capacité de 1 200 MW en 2020 et de 3 000 MW en 2030. Cette offre sera composée à 80% d'énergie hydroélectrique et à 20% d'énergie thermique produite à partir du gaz (Government of Gabon, 2013).

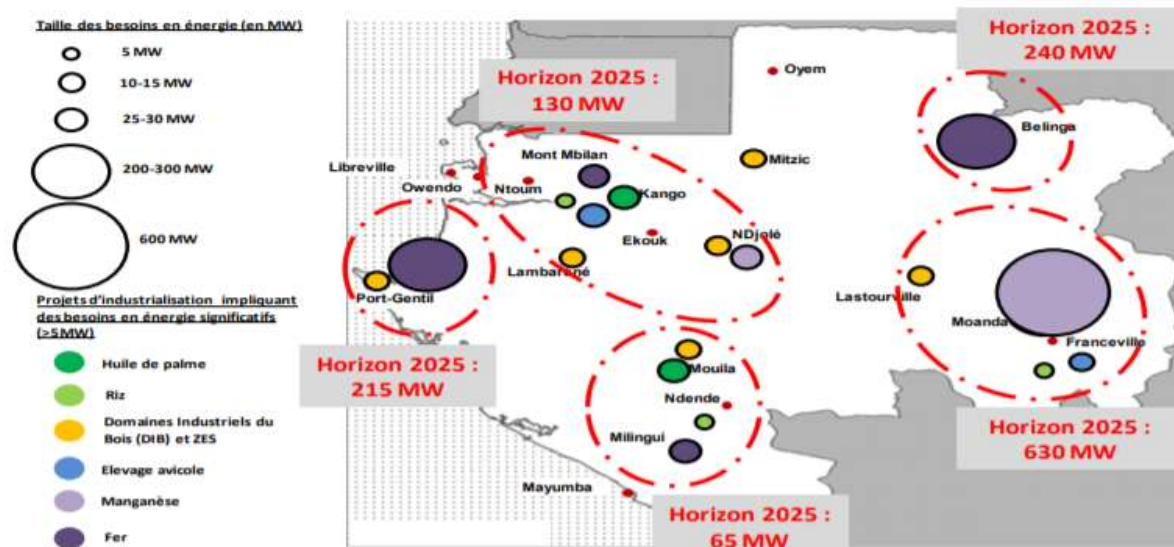


Figure 1314 : Cartes des besoins énergétiques par pipeline, par projet et par échéance (2016, 2020 et 2025)
Source : (Government of Gabon, 2013)

Pourcentage de la biomasse : le Gabon possède un sous-sol riche en hydrocarbures, ce qui explique son choix d'utiliser principalement des combustibles fossiles (60,1%) pour répondre aux besoins croissants de la population. Les sources renouvelables qui fournissent la part supplémentaire sont représentées à 98,7% par le secteur hydraulique et à 1,3% par la biomasse (EDF, 2013).

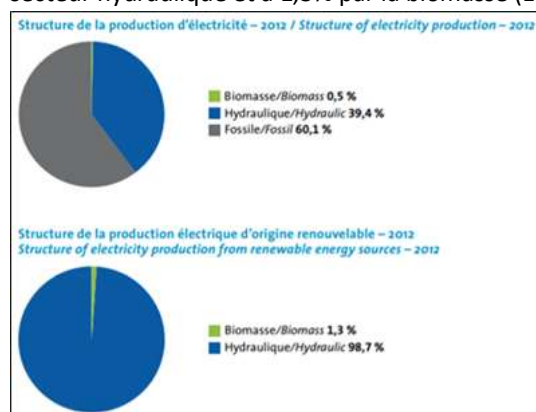


Figure 15 : Structure de la production d'énergie et de la production à partir de sources d'énergie renouvelables
Contribution de la bioénergie forestière : les différents secteurs de la bioénergie qui font l'objet de recherche et de développement industriel peuvent conduire à des investissements industriels structurants dans de multiples secteurs.

La bioélectricité et les bio-cogénérations font appel à des technologies variées (petites turbines à vapeur, moteur Sterling, turbine Rankine, gaz générateurs) qui peuvent s'adapter aux secteurs agro-industriels concernés (coton, riz,

bois, palme, sucre),

Les biocarburants proviennent de deux secteurs : l'éthanol-carburant, lié au secteur de la canne à sucre ; le biodiesel, produit à partir de plantations pétrolières agro-industrielles ou de petits exploitants. Tous deux se préparent à l'avènement des biocarburants de deuxième génération, qui progressent rapidement dans les pays industrialisés,

Les biocarburants industriels, produits à partir de plantations à croissance rapide autour des usines, peuvent alimenter les fours industriels (les cimenteries, par exemple), pour remplacer quelques parts de combustible lourd ou de charbon,

Le biogaz industriel produit par méthanisation des déchets humides réduit le coût de leur traitement,

Les cultures énergétiques sur des périmètres agroforestiers à double usage alimentaire et énergétique peuvent augmenter les revenus des agriculteurs et leur permettre d'acquérir des intrants (Louvel & Gromard, 2017).

Conclusion et recommandations

La République gabonaise, comme d'autres pays d'Afrique centrale, dispose d'un énorme potentiel en ressources naturelles (hydroélectricité, solaire, gaz, pétrole, mines, biomasse, etc.) offert d'une part par son importante superficie forestière qui couvre 85% de son territoire. L'exploitation de ces ressources permet de classer le

Gabon parmi les pays les plus électrifiés du continent africain avec un taux d'accès à l'énergie estimé à environ 97%. Cependant, l'accès à l'énergie n'est pas homogène à travers le pays. Les zones rurales, principalement isolées, connaissent encore des problèmes d'électrification. Cela se justifie par la priorité accordée aux zones urbaines qui abritent le secteur industriel, (à forte intensité énergétique) et les PME. En outre, le secteur résidentiel est très important dans les zones urbaines et leur demande énergétique est assez élevée. Les populations de ces zones rurales utilisent le bois de chauffage et le charbon de bois de manière incontrôlée pour satisfaire leurs besoins énergétiques de base. Comme mentionné dans sa CNDP, le Gabon veut, à travers de nombreuses actions, réduire ses émissions de gaz à effet de serre. La priorité de ses actions est axée sur la lutte contre la déforestation et l'utilisation des sources d'énergie renouvelables comme la biomasse.

La zone économique spécialisée de Nzok est la région qui abrite d'importantes entreprises forestières. C'est probablement la zone où l'on trouve des déchets forestiers en quantités importantes. Cependant, ces déchets ne sont pas écologiquement valorisés.

La production d'électricité par combustion dans une centrale à biomasse est l'une des technologies techniquement réalisables pour alimenter les zones rurales. Charbon de bois écologique, et les briquettes sont des produits qui peuvent être obtenus à partir de la combustion de déchets de bois. Outre la combustion, la fermentation permet la production de biocarburant, de biogaz, d'électricité et de compost. Ces produits peuvent être utilisés dans divers secteurs et industries.

1.5 La République du Tchad

Ressources énergétiques

Biomasse

En ce qui concerne la biomasse, notamment ligno-cellulosique, le pays abrite des sources importantes estimées dans les années 1970 à 312 millions d'hectares, mais aujourd'hui la superficie a diminué de 23 millions d'hectares. Cette diminution est due à son exploitation anarchique et abusive et à des sécheresses répétées (Richard, n.d).

L'énergie hydraulique

Les sites hydroélectriques pré-identifiés sont : le barrage d'Am sur Batha, Goré, Baibokoum, et les chutes de Gauthiot. Le potentiel hydroélectrique est inégalement réparti tout au long de l'année (Richard, n.d).

Solaire

Du nord au sud du pays, le soleil brille de 2 750 à 3 250 heures par an. Cela représente une moyenne de 4 à 6 kilowatts par heure et par mètre carré par jour (Xinhua, 2013).

Éolienne

L'énergie éolienne, basée sur les résultats des mesures satellitaires, montre que le Tchad possède un gisement très important dans les régions du nord (où il y a deux chaînes de montagnes), ainsi que dans les régions du centre et du sud (3 à 9 m/s) (Richard, n.d).

Pétrole et gaz

Le pays compte 7 bassins pétroliers, mais seul le bassin de Doba est en exploitation avec plusieurs champs en production : Miandoum et Komé (depuis octobre 2004), Bolobo (août 2004), Nya (juillet 2007) et Rônier et Mimosas (en avril 2011). La production de pétrole a commencé en 2003 et a atteint son pic en 2004 avec 8,7 Mt

(mégatonne/million de tonnes) (Republic of Chad, 2016; Constantine, n.d). Il a considérablement diminué depuis 2006 pour atteindre par exemple 5,7 Mt en 2011, malgré le démarrage de nouveaux champs. Cette baisse est due à des difficultés techniques et à des remontées d'eau qui ont entraîné l'arrêt de la production sur plusieurs champs. La production s'est stabilisée en 2010 avec 6,1 Mt. La raffinerie de Djermaya peut produire 700 000 t d'essence et de kérosène, 20 000 t de diesel et 60 000 t de GPL par an. En 2007, le Tchad et China National Petroleum ont signé un accord de partenariat 60/40 pour la construction et l'exploitation de la raffinerie. Jusqu'alors, le pays était totalement dépendant des importations en provenance des pays voisins, notamment le Cameroun, le Nigeria, la Libye et le Soudan (Republic of Chad, 2016). ²

Tableau 1515-: Statistiques énergétiques totales pour le Tchad

Total Energy Statistics / Statistique Energétique Total									
Chad / Tchad									
Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of charcoal	kt	311	355	434	446	457	468	468	486
Production de charbon du bois	kt	311	355	434	446	457	468	468	486
Production of crude oil, NLG and additives	kt	0	8 742	4 877	5 490	6 185	6 554	6 954	6 990
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	0	8 742	4 877	5 490	6 185	6 554	6 954	6 990
Production of natural gas	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from fossil fuels	GWh	92	100	269	286	290	294	299	303
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	92	100	269	286	290	294	299	303
Production of nuclear electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of hydro electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of geothermal electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Total production of electricity	GWh	92	100	269	286	290	294	299	303
Production électrique totale	GWh	92	100	269	286	290	294	299	303
Refinery output of oil products	kt	0	0	453	420	652	661	672	683
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	0	0	453	420	652	661	672	683
Final Consumption of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of oil	kt	47	72	231	410	391	398	406	415
Consommation finale de pétrole	kt	47	72	231	410	391	398	406	415
Final consumption of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Final consumption of electricity	GWh	57	62	167	177	178	184	191	198
Consommation finale d'électricité	GWh	57	62	167	177	178	184	191	198
Consumption of oil in industry	kt	5	11	32	31	30	31	31	32
Consommation industrielle de pétrole	kt	5	11	32	31	30	31	31	32
Consumption of natural gas in industry	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of electricity in industry	GWh	26	28	75	80	80	83	87	91
Consommation industrielle d'électricité	GWh	26	28	75	80	80	83	87	91
Consumption of Coal* in industry	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of oil in transport	kt	36	59	161	362	336	341	346	351
Consommation de pétrole dans les transports	kt	36	59	161	362	336	341	346	351
Consumption of electricity in transport	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Net Imports of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations Nettes de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	0	-8 787	-4 181	-4 719	-6 458	-6 142	-5 836	-5 544
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	0	-8 787	-4 181	-4 719	-6 458	-6 142	-5 836	-5 544
Net imports of oil product	kt	72	126	-23	-10	-5	-5	-5	-6
Importations nettes de produits pétroliers	kt	72	126	-23	-10	-5	-5	-5	-6
Net imports of natural gas	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations nettes de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations nettes d'électricité	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-

- Data not applicable / Données non applicables

0 Data not available / Données indisponibles

(P) : Projected / Projétées

Source : (AFREC, 2018)

² EnerdataJanvier, janvier 2013

Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées (NDC)

La CNDP de la République du Tchad mentionne les secteurs de l'agriculture, de l'énergie, de l'élevage et des déchets comme étant les plus vulnérables au changement climatique (Republic of Chad, 2015). Ces secteurs ont un fort impact sur le PIB du pays. Ainsi, l'amélioration de ses secteurs d'activité pour répondre aux besoins de la population en forte croissance, est conditionnée par l'accès à l'énergie. C'est pourquoi, depuis 2009, le gouvernement tchadien, par le biais de partenariats public-privé, a évalué les prévisions énergétiques qui sont bien détaillées dans son plan directeur pour le secteur de l'énergie. Comme indiqué dans le plan directeur de l'énergie, la biomasse forestière peut être utilisée pour le développement de plusieurs secteurs d'activités. Elle peut être exploitée collectivement dans le secteur résidentiel (50 000 à 100 000 habitants), dans le secteur agricole en utilisant la fermentation pour produire du biocarburant, du biogaz, de l'électricité ; industriellement en utilisant diverses technologies comme la combustion, la fermentation, etc. (EU, 2012).

5. Forêts

Demande d'énergie : Sur la base de l'enquête publique et des données fournies par l'END, la demande d'énergie au Tchad a été établie. Cette demande ne couvre pas le secteur industriel en raison de sa faible présence dans le pays et du fait qu'il n'est pas connecté au réseau urbain (EU, 2012).³

Nombre d'habitants	Demande quotidienne	Type de commune	Caractéristiques de la demande actuelle en énergie
100 habitants	10 kWh	a. Habitats dispersés et villages	Besoin principal en soirée pour l'éclairage Energie principalement sous forme primaire pour la cuisson. Mini groupes électrogènes individuels. Pas de petites industries
1.000 habitants	100 kWh	b. Villes petites et moyennes sans réseau électrique	Problème de l'approvisionnement en eau potable Groupes électrogènes individuels répandus Pas ou très peu de petites industries. Quelques bâtiments sociaux et publics équipés ou éclairage public.
10.000 habitants	1.000 kWh	c. Villes moyennes avec électrification limitée ou sans réseau	Réseau MT/BT avec distribution en matinée et en soirée Eventuel pompage de l'eau PME existantes mais groupe électrogènes nécessaires.
100.000 habitants	10.000 kWh	d. Villes principales avec électrification continue	Réseau MT/BT mais sous-dimensionnement, vétusté et délestage. Pompage de l'eau nécessaire et gourmand en énergie PME existantes mais groupe électrogènes nécessaires
1.000.000 habitants	> 100.000 kWh	e. N'djamena	Parc de production et réseau insuffisants Electricité chère et non fiable. Grosses entreprises non raccordées ou ayant leur propre groupe

Figure 1416: Schématisation de la demande énergétique au Tchad

Source : (EU, 2012)

³ Plan directeur de l'énergie du Tchad

Le ministère de l'énergie a réalisé en mars 2009 une prévision de la demande d'électricité au Tchad basée sur l'élasticité de la trajectoire du PIB du pays par rapport à la demande actuelle d'électricité (EU, 2012).

Tableau 1616-: Prévision de la demande d'électricité ⁴

Année	Population (million)	Demande en électricité (GWh)
2015	12,267	2.801
2020	13,989	4.095
2025	16,027	5.840
2030	18,409	8.193
2035	21,087	11.376
Source : Ministère du Pétrole et de l'Energie, Direction de l'Energie : „Analyse de la demande énergétique 2010-2035“, Rapport final, mars 2009, page 60		

Source : (EU, 2012)

La dernière étude sur la demande d'énergie a été réalisée en 2012 avec trois scénarios envisagés. Le scénario de base, le scénario haut et le scénario bas.

Scénario de base : La demande est basée sur l'évolution du nombre de consommateurs différents, l'évolution réaliste de la consommation spécifique et l'évolution réaliste du PIB. Les pertes techniques restent au même niveau qu'aujourd'hui, les programmes d'électrification seront réalisés comme prévu, la demande augmentera en fonction de l'accroissement de la population et de la taille des ménages dans différentes régions du Tchad ; et les résultats de l'enquête sont pris en compte.

Scénario principal : Par rapport au scénario de base, les changements suivants sont envisagés : Le nombre d'abonnés augmente plus fortement par rapport au scénario de base ; l'élasticité de la demande par rapport au PIB est plus forte que pour le scénario de base ; l'électrification du pays est réalisée de manière attendue ; la population croît plus rapidement que pour le scénario de base.

Scénario bas : Par rapport au scénario de base, les changements suivants sont envisagés : Le nombre d'abonnés augmente moins fortement que pour le scénario de base ; l'élasticité de la demande par rapport au PIB est moins forte que pour le scénario de base ; l'électrification du pays est réalisée de manière prévisionnelle ; la population croît moins rapidement que pour le scénario de base.

Le tableau suivant comprend la demande d'électricité et le taux d'augmentation de la demande d'électricité. Les données de ce tableau concernent la demande dans les 22 capitales régionales du Tchad (N'Djamena, Moundou, Sarh, Abeché, Bongor, Doba, Faya Largeau, Mongo, Oum Hadjer, Biltine, Am Timan, Ati, Mao, Bol, Moussoro, Fada, Bardai, Massakory, Koumra, Kélo, Pala, Lai)

Tableau 1717-: Prévision de la demande et du taux d'augmentation de la demande d'électricité

Prévision de la demande et du taux d'augmentation de la demande d'électricité										
	2011		2015		2020		2025		2030	
	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)
N'Djamena										
Scénario de base	118,8	-	153,33	29%	200,78	31%	252,6	26%	308,66	22%
Scénario principal	118,8	-	163,589	38%	226,31	38%	296,57	31%	374,34	26%

⁴ Le plan directeur de l'énergie du Tchad

Prévision de la demande et du taux d'augmentation de la demande d'électricité										
	2011		2015		2020		2025		2030	
	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)
Scénario bas	118,8	-	138,953	17%	167,85	21%	197,17	17%	230,23	17%
Moundou										
Scénario de base	6,697	-	8,782	31%	11,388	30%	13,995	23%	16,601	19%
Scénario principal	6,697	-	9,337	39%	12,637	35%	15,937	26%	19,237	21%
Scénario bas	6,697	-	8,225	23%	10,135	23%	12,045	19%	13,955	16%
Sarh										
Scénario de base	4,102	-	5,309	29%	6,819	28%	8,328	22%	9,837	18%
Scénario principal	4,102	-	5,65	38%	7,585	34%	9,52	26%	11,455	20%
Scénario bas	4,102	-	4,97	21%	6,055	22%	7,14	18%	8,225	15%
Abeché										
Scénario de base	3,543	-	4,751	34%	6,261	32%	7,771	24%	9,281	19%
Scénario principal	3,543	-	5,047	42%	6,927	37%	8,807	27%	10,687	21%
Scénario bas	3,543	-	4,455	26%	5,595	26%	6,735	20%	7,875	17%
Bongor										
Scénario de base	1,062	-	1,291	22%	1,577	22%	1,864	18%	2,151	15%
Scénario principal	1,062	-	1,382	30%	1,782	29%	2,182	22%	2,582	18%
Scénario bas	1,062	-	1,202	13%	1,377	15%	1,552	13%	1,727	11%
Doba										
Scénario de base	2,807	-	3,766	34%	4,963	32%	6,161	24%	7,359	19%
Scénario principal	2,807	-	3,999	42%	5,489	37%	6,979	27%	8,469	21%
Scénario bas	2,807	-	3,531	26%	4,436	26%	5,341	20%	6,246	17%
Faya										
Scénario de base	460	-	552	20%	666	21%	781	17%	895	15%
Scénario principal	460	-	588	28%	748	27%	908	21%	1,068	18%

Prévision de la demande et du taux d'augmentation de la demande d'électricité										
	2011		2015		2020		2025		2030	
	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)
Scénario bas	460	-	516	12%	586	14%	656	12%	726	11%
Mongo										
Scénario de base	2,105	-	2,564	22%	3,137	22%	3,71	18%	4,284	15%
Scénario principal	2,105	-	2,745	30%	3,545	29%	4,345	23%	5,145	18%
Scénario bas	2,105	-	2,385	13%	2,735	15%	3,085	13%	3,435	11%
Oum Hadjer										
Scénario de base	1,499	-	1,825	22%	2,233	22%	2,641	18%	3,049	15%
Scénario principal	1,499	-	1,954	30%	2,523	29%	3,093	23%	3,662	18%
Scénario bas	1,499	-	1,698	13%	1,947	15%	2,196	13%	2,445	11%
Biltine										
Scénario de base	856	-	1,043	22%	1,276	22%	1,509	18%	1,742	15%
Scénario principal	856	-	1,117	30%	1,442	29%	1,767	23%	2,093	18%
Scénario bas	856	-	970	13%	1,113	15%	1,255	13%	1,397	11%
Am Timan										
Scénario de base	2,105	-	2,564	22%	3,137	22%	3,71	18%	4,284	15%
Scénario principal	2,105	-	2,745	30%	3,545	29%	4,345	23%	5,145	18%
Scénario bas	2,105	-	2,385	13%	2,735	15%	3,085	13%	3,435	11%
Ati										
Scénario de base	1,872	-	2,29	22%	2,813	23%	3,335	19%	3,858	16%
Scénario principal	1,872	-	2,455	31%	3,185	30%	3,914	23%	4,644	19%
Scénario bas	1,872	-	2,127	14%	2,446	15%	2,765	13%	3,084	12%
Mao										
Scénario de base	1,203	-	1,472	22%	1,808	23%	2,144	19%	2,48	16%
Scénario principal	1,203	-	1,578	31%	2,047	30%	2,516	23%	2,985	19%
Scénario bas	1,203	-	1,367	14%	1,572	15%	1,777	13%	1,982	12%

Prévision de la demande et du taux d'augmentation de la demande d'électricité

	2011		2015		2020		2025		2030	
	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)
Bol										
Scénario de base	821	-	1,004	22%	1,234	23%	1,463	19%	1,692	16%
Scénario principal	821	-	1,077	31%	1,397	30%	1,717	23%	2,037	19%
Scénario bas	821	-	933	14%	1,073	15%	1,213	13%	1,353	12%
Moussoro										
Scénario de base	1,132	-	1,385	22%	1,701	23%	2,018	19%	2,334	16%
Scénario principal	1,132	-	1,485	31%	1,927	30%	2,368	23%	2,809	19%
Scénario bas	1,132	-	1,287	14%	1,48	15%	1,673	13%	1,866	12%
Fada										
Scénario de base	3,008	-	3,68	22%	4,519	23%	5,359	19%	6,199	16%
Scénario principal	3,008	-	3,945	31%	5,117	30%	6,289	23%	7,461	19%
Scénario bas	3,008	-	3,418	14%	3,931	15%	4,443	13%	4,956	12%
Bardai										
Scénario de base	106	-	130	22%	160	23%	189	19%	219	16%
Scénario principal	106	-	139	31%	181	30%	222	23%	263	19%
Scénario bas	106	-	121	14%	139	15%	157	13%	175	12%
Massakory										
Scénario de base	1,353	-	1,656	22%	2,034	23%	2,412	19%	2,789	16%
Scénario principal	1,353	-	1,775	31%	2,303	30%	2,83	23%	3,358	19%
Scénario bas	1,353	-	1,538	14%	1,769	15%	2	13%	2,23	12%
Koumra										
Scénario de base	2,557	-	3,128	22%	3,841	23%	4,555	19%	5,269	16%
Scénario principal	2,557	-	3,354	31%	4,35	30%	5,346	23%	6,342	19%
Scénario bas	2,557	-	2,905	14%	3,341	15%	3,777	13%	4,213	12%
Kélo										
Scénario de base	2,557	-	3,128	22%	3,841	23%	4,555	19%	5,269	16%

Prévision de la demande et du taux d'augmentation de la demande d'électricité										
	2011		2015		2020		2025		2030	
	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)	Demande de MW	Taux d'augmentation (%)
Scénario principal	2,557	-	3,354	31%	4,35	30%	5,346	23%	6,342	19%
Scénario bas	2,557	-	2,905	14%	3,341	15%	3,777	13%	4,213	12%
Pala										
Scénario de base	1,504	-	1,84	22%	2,26	23%	2,68	19%	3,099	16%
Scénario principal	1,504	-	1,973	31%	2,559	30%	3,145	23%	3,731	19%
Scénario bas	1,504	-	1,709	14%	1,965	15%	2,222	13%	2,478	12%
Lai										
Scénario de base	1,507	-	1,844	22%	2,265	23%	2,686	19%	3,107	16%
Scénario principal	1,507	-	1,977	31%	2,565	30%	3,152	23%	3,739	19%
Scénario bas	1,507	-	1,713	14%	1,97	15%	2,227	13%	2,484	12%

Source : (EU, 2012)

En termes de demande de bois-énergie, le tableau suivant donne les valeurs pour les 20 prochaines années en fonction de l'augmentation prévue de la population. Cette valeur est également exprimée en mètres cubes de bois et de surface nécessaire pour les produits avec un taux moyen de 0,9m³/ha correspondant à la production estimée des savanes arboricoles. ⁵

Tableau 1818-: Prévision de la demande de bois d'énergie ⁶

Tonnes	2011		2015		2020		2025		2030	
Scénario de base	5.776.000	-	6.612.000	14%	7.658.000	16%	8.703.000	14%	9.748.000	12%
Scénario principal	5.776.000	-	6.946.000	20%	8.233.000	19%	9.519.000	16%	10.805.000	14%
Scénario bas	5.776.000	-	6.317.000	9%	7.159.000	13%	8.002.000	12%	8.845.000	11%

Pourcentage de la biomasse utilisée : En 2002, le bois, le charbon de bois et les autres biomasses (principalement des ménages ruraux et urbains) représentaient 1 763 000 tonnes d'équivalent pétrole (96,5 %), soit environ 5 289 000 tonnes d'équivalent bois.

En 2010, sur la base des données de consommation de l'enquête de 2005, la consommation énergétique domestique théorique de N'Djamena serait de 137 000 t de bois, 93 000 t de charbon de bois et 3 000 t de gaz. Les 93 000 t de charbon de bois représentent en énergie primaire une quantité de 652 000 t, mais aussi une valeur d'usage de 240 000 t si l'on tient compte de la différence de pouvoir calorifique et de l'efficacité de la cuisson.

⁵ Plan directeur de l'énergie du Tchad

⁶ Plan directeur de l'énergie du Tchad

Tableau 1949: Consommation finale d'énergie par industrie et par type d'énergie

Consommation finale								
		1990	2000	2007	2008	2009	2010	2011
Total	Mtep	0,71	0,87	0,97	0,98	1	1	0,99
Par l'énergie								
Pétrole	%	4	5	6	6	6	6	6
Gaz	%	0	0	0	0	0	0	0
Charbon, lignite	%	0	0	0	0	0	0	0
Électricité	%	1	1	1	1	1	1	1
Chaleur	%	0	0	0	0	0	0	0
Biomasse	%	98	95	93	93	94	93	93
Par secteur								
Industrie	%	13	13	13	14	15	13	13
Transport	%	3	3	4	4	4	4	4
Résidence tertiaire	%	85	84	82	82	81	83	83
Utilisation non énergétique	%	0	0	0	0	0	0	0

Source : (Richard, n.d)

Contribution de la bioénergie forestière : Applications pour l'exploitation de la biomasse au Tchad:

- Incinération pour la cogénération (chaleur et électricité)
- Fermentation dans la production de biogaz pour la cuisson dans les ménages, et d'autres activités productives
- Biocarburants (avec ou sans transformation : éthanol, biodiesel et jatropha) pour le secteur du transport d'usage⁷

Conclusion et recommandations

La République du Tchad est très diversifiée en termes de ressources naturelles offertes de par sa grande superficie forestière. Elle contient des ressources en bois, en hydraulique, en énergie solaire, en pétrole et en gaz. Cependant, l'hydraulique, le gaz et le pétrole sont les principales sources qui alimentent le réseau électrique du Tchad. Une majorité de la population tchadienne n'a pas accès à l'électricité, surtout dans les zones rurales. Plusieurs études ont montré que 80% de l'énergie produite par le Tchad est utilisée pour alimenter la capitale N'Djaména. La demande d'énergie est plus élevée dans la partie sud de la capitale, où se trouvent la plupart des industries du pays. Si l'on exclut les industries, la demande d'énergie est également importante au niveau des ménages pour les besoins énergétiques de base. Le rapport entre l'offre et la demande est très faible, ce qui révèle un grand déficit dans le réseau électrique du pays. La CNDP du Tchad indique que le pays veut lutter contre le changement climatique en réduisant ses GES. L'utilisation de sources d'énergie renouvelables comme la biomasse est une action à mettre en œuvre.

Le sud du Tchad est la partie qui contient une grande quantité de déchets forestiers et agricoles. Ces déchets peuvent aujourd'hui être valorisés au Tchad. Cependant, l'utilisation durable de ces déchets permettra de combler le déficit observé dans le mix énergétique au Tchad.

La fermentation et la combustion de ces déchets sont des technologies facilement applicables pour produire de la bioénergie afin d'alimenter des zones hors réseau.

⁷ Chad's Energy Master Plan

1.6 Guinée équatoriale

Ressources énergétiques

La Guinée équatoriale dispose d'un vaste potentiel énergétique, dont la majeure partie est constituée de pétrole et de gaz naturel. En 2015, la consommation d'électricité en Guinée équatoriale était de 36 kilotonnes d'équivalent pétrole (ktep). L'énergie consommée est entièrement produite par le pays. En 2012, les énergies renouvelables représentaient 29,2% du mix énergétique final. La majeure partie de son énergie renouvelable provient des centrales hydroélectriques.

Les principales sources d'énergie de la Guinée équatoriale sont la biomasse (80%), les produits pétroliers (18%), et les ressources en eau (2%), malgré le fort potentiel hydroélectrique du pays. Le principal potentiel d'énergie renouvelable du pays réside dans la biomasse et les ressources en eau, suivies par l'énergie éolienne et solaire.

La biomasse, sous forme de bois de chauffage et de charbon, est la plus importante ressource en énergie renouvelable utilisée dans les ménages pour la cuisine. Dans les zones rurales et suburbaines, les ménages utilisent principalement le charbon ou le bois pour cuisiner. Selon les données disponibles pour 2012, près de 100 % des ménages ruraux utilisent exclusivement du bois de chauffage et 20 % des ménages urbains utilisent du bois de chauffage et/ou du charbon pour cuisiner (MEWF, 2019).

Biomasse

La Guinée équatoriale possède environ 1626 millions d'hectares de forêt tropicale dense, ce qui représente 58,0% de la superficie totale du pays. Il existe trois principaux types de végétation. Le premier type est composé de forêts humides de moyenne et basse altitude, avec des espèces de bois de grande valeur. L'exploitation forestière est un phénomène à grande échelle, alimenté par la demande internationale de bois. 61% de la population vivant dans des zones à prédominance rurale est confrontée à de graves problèmes d'énergie domestique (DGCE 2001). Un faible pourcentage des ménages (8 %), utilise le gaz pour cuisiner. Bien que la majeure partie du bois de chauffage soit récoltée dans les cultures de subsistance après le défrichage (environ 70 %), on observe une forte tendance à la mise en jachère et dans les forêts secondaires restantes (30 %). La consommation de biomasse est moins présente en Guinée équatoriale. La principale source d'énergie en Guinée équatoriale est le gaz naturel. Son potentiel en gaz naturel le place au cinquième rang en Afrique subsaharienne⁸.

Tableau 2020: Consommation de charbon de bois dans les pays de la CEEAC (en tonnes)

Pays	2005	2010	2011	2012
Angola	246,612	293,494	303,601	314,056
Burundi	60,000	60,000	60,000	60,000
Cameroun	381,393	429,319	438,493	447,862
RCA		192,223	195,742	199,325
Congo	3,194	3,930	4,082	4,239
RD Congo	1, 704,243	2, 025,055	2, 095,096	2, 167,561
Gabon	17,920	20,168	20,561	20,962
Guinée équatoriale	7,836	9,062	9,297	9,539
Sao Tomé et Principe	8,152	8,836	8,966	9,099
Tchad	355,052	402,534	412,871	423,473
Total CEEAC	2 805 402	3 444 621	3 548 709	3 656 116

Source: (ECCAS-CEMAC, 2014)

⁸ (Source : NDE (Ministère de l'agriculture, de l'élevage, Les forêts et l'environnement))

Tableau 2121: Consommation de bois dans les pays de la CEEAC (m³)

Pays	2005	2010	2011	2012
Angola	3, 573,764	4, 009,338	4, 100,538	4, 194,293
Burundi	8, 541,727	9, 259,292	9, 396,845	9, 536,440
Cameroun	9, 485,004	9, 905,983	9, 992,570	10, 080,710
RCA	2, 000,000	2, 000,000	2, 000,000	2, 000,000
Congo	1, 369,000	1, 335,790	1, 357,017	1, 378,601
RD Congo	71, 066,400	76, 602,030	77, 735,602	78, 894,151
Gabon	1, 070,000	1, 070,000	1, 070,000	1, 070,000
Guinée équatoriale	447,000	447,000	447,000	447,000
Sao Tomé et Principe	102,322	107,426	108,310	109,206
Tchad	6, 487,646	7, 070,029	7, 183,997	7, 300,182
Total CEEAC	104 144 868	111 808 898	113 393 890	115 012 595

Source : (ECCAS-CEMAC, 2014)

L'énergie hydraulique

L'hydroélectricité a un potentiel important pour répondre aux besoins de consommation énergétique du pays. Le barrage de Djibloho sur la rivière Wele est entré en service en octobre 2012 et a augmenté la capacité totale de production d'électricité de 120 mégawatts (MW). Le projet hydroélectrique de la rivière Sendje devrait également ajouter 200 MW de capacité à son achèvement en 2017 (EIA, 2017; UNDP, 2013). La capacité totale installée en 2014 a été estimée à 200 MW. La production d'électricité en 2014 a été estimée à 98 millions de Kwh L'électricité est fournie par la compagnie nationale d'électricité (CIA, 2020) Société d'électricité de Guinée équatoriale (SEGESA).

Solaire

La Guinée équatoriale dispose d'un potentiel important en matière d'énergie solaire. Ce potentiel a exigé du gouvernement qu'il réalise un projet à Annobon sur l'énergie solaire comme source d'énergie renouvelable, qui permettra aux habitants de l'île d'Annobon de disposer d'une énergie propre. Le complexe solaire sur lequel ce projet est basé a une capacité de 5MW, jusqu'à 10MW dans le futur. Le projet a été considéré comme le plus grand système de micro-réseau solaire autonome de tout le continent africain et est particulièrement optimal pour l'île d'Annobon, qui pourra produire suffisamment d'électricité pour alimenter, couvrir les besoins des habitants et les besoins futurs des activités touristiques, industrielles et commerciales (MMIE, 2014).

Éolienne

Des vents d'une vitesse moyenne de 6 m/s, à une hauteur de 80 m ont été mesurés dans la zone sud du continent. Mais il n'y a actuellement aucun projet d'énergie éolienne dans le pays (Campos, 2012; REEEP, 2012).

Pétrole et gaz

Les réserves pétrolières prouvées récupérables à la fin de 2011 étaient de 1 100 millions de barils et la production de pétrole à la fin de la même année était de 91 625 000 barils (WEC, 2013). Le pétrole est le principal produit d'exportation du pays, avec des exportations de pétrole brut s'élevant à 318 120 barils par jour (WEC, 2013). À la fin de 2011, les ressources prouvées de gaz naturel récupérables étaient de 36,8 milliards de m³ (1 299,6 milliards de pieds cubes) et la production de gaz naturel était de 36,8 milliards de m³ (WEC, 2013). Les réserves de gaz naturel sont situées au large de l'île de Bioko et se trouvent principalement dans les champs de pétrole et de gaz de Zafiro et d'Alba. Le champ d'Alba a été découvert en 1984 et Zafiro a commencé à produire en 1996.

La production de pétrole provient presque entièrement des champs de Zafiro, Ceiba et Okume. La production de condensat provient du champ d'Alba (WEC, 2013)..

Tableau : Statistiques énergétiques totales pour la Guinée équatoriale

Equatorial Guinea / Guinée Equatoriale

Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of charcoal	kt	7	8	10	10	10	11	11	11
Production de charbon du bois	kt	7	8	10	10	10	11	11	11
Production of crude oil, NLG and additives	kt	5 865	17 915	12 855	13 450	11 935	11 115	11 297	11 450
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	5 865	17 915	12 855	13 450	11 935	11 115	11 297	11 450
Production of natural gas	TJ	39	1 802	9 518	9 651	9 922	10 452	11 042	11 698
Production de gaz naturel	TJ	39	1 802	9 518	9 651	9 922	10 452	11 042	11 698
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from fossil fuels	GWh	40	78	396	396	403	411	419	429
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	40	78	396	396	403	411	419	429
Production of nuclear electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of hydro electricity	GWh	2	7	18	543	567	571	577	586
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	2	7	18	543	567	571	577	586
Production of geothermal electricity	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Total production of electricity	GWh	42	85	413	939	970	982	997	1 015
Production électrique totale	GWh	42	85	413	939	970	982	997	1 015
Refinery output of oil products	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final Consumption of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of oil	kt	21	14	84	84	84	88	92	97
Consommation finale de pétrole	kt	21	14	84	84	84	88	92	97
Final consumption of natural gas	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Final consumption of electricity	GWh	29	59	361	648	668	728	750	775
Consommation finale d'électricité	GWh	29	59	361	648	668	728	750	775
Consumption of oil in industry	kt	3	2	10	10	10	11	11	12
Consommation industrielle de pétrole	kt	3	2	10	10	10	11	11	12
Consumption of natural gas in industry	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption of electricity in industry	GWh	9	18	108	194	201	212	227	244
Consommation industrielle d'électricité	GWh	9	18	108	194	201	212	227	244
Consumption of Coal* in industry	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of oil in transport	kt	18	12	55	55	55	57	59	61
Consommation de pétrole dans les transports	kt	18	12	55	55	55	57	59	61
Consumption of electricity in transport	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Net Imports of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations Nettes de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	-5 703	-17 905	-12 849	-13 369	-12 652	-12 477	-12 305	-12 136
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	-5 703	-17 905	-12 849	-13 369	-12 652	-12 477	-12 305	-12 136
Net imports of oil product	kt	78	58	281	264	287	292	296	301
Importations nettes de produits pétroliers	kt	78	58	281	264	287	292	296	301
Net imports of natural gas	TJ	0	0	-198 351	-186 745	-	-	-	-
Importations nettes de gaz naturel	TJ	0	0	-198 351	-186 745	-	-	-	-
Net imports of electricity	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Importations nettes d'électricité	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0

- Data not applicable / Données non applicables
 0 Data not available / Données indisponibles
 (P) : Projected / Projetées

Source : (AFREC, 2018)

Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées (CND)

2.6.2.1. Forêts

Demande d'énergie : l'objectif principal du Plan d'électricité de la République de Guinée équatoriale en 2025 est d'établir des orientations générales pour le développement d'infrastructures électriques suffisantes pour répondre à la demande intérieure, permettant ainsi à tous les citoyens d'avoir accès aux services d'électricité, en favorisant l'utilisation d'équipements productifs et en intégrant l'électricité au niveau national dans la perspective de produire un surplus d'énergie pour l'exportation.

Selon les données de Cargo Dispatch, pour la région insulaire, la pointe de la demande est actuellement d'environ 8,2 MW. Actuellement, seules les installations des centrales hydroélectriques de Musola 1 et 2 et de Riaba, d'une capacité respective de 0,5 MW et 3,8 MW, sont sous-utilisées et hors service (Government of Equatorial Guinea, 2018).

Plus de 20 grands projets en Guinée équatoriale répondent à la demande d'énergie dans les domaines de la production, du transport, de la distribution et de la commercialisation :

- La centrale hydroélectrique de Djibloho d'une capacité de 120 MW
- Ligne de transmission et de traitement Djibloho
- Réseau de transport de 60 KV dans la ville de Malabo
- L'usine de turbo-gaz passe à 126 MW ISO
- Ligne 33 KV vers Basil Peak et les villages voisins
- Rénovation des installations électriques d'Ebibeyin et de Mongomo
- Adaptation de plusieurs réseaux électriques dans la région continentale
- Eclairage de la route de Ngolo - Port de Bata
- Batteries de générateurs de secours et d'assistance à Malabo et Bata
- Récupération des mini-centrales hydroélectriques de Riaba, Musola 1 et 2.

Le développement de ces projets devrait permettre d'atteindre une capacité installée qui sera supérieure à la demande nationale d'électricité.

Tableau 2222: Calendrier annuel et cumulé en 2025, 2030 et 2040

Économies annuelles en 2025, 2030 et 2040						
	Résidentiel		Professionnel		A l'extérieur	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Électricité (Gwh)	1,2	0,1	11	0,9	4,4	0,4
Facture d'électricité (en millions de dollars US)	0,3	0	2,4	0,2	1	0,1
Heures accumulées en 2030 et 2040						
	Résidentiel		Professionnel		A l'extérieur	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Électricité (Gwh)	15	19	130	170	53	69
Facture d'électricité (en millions de dollars US)	3,4	4,3	29	38	12	16

Source : U4E 2019

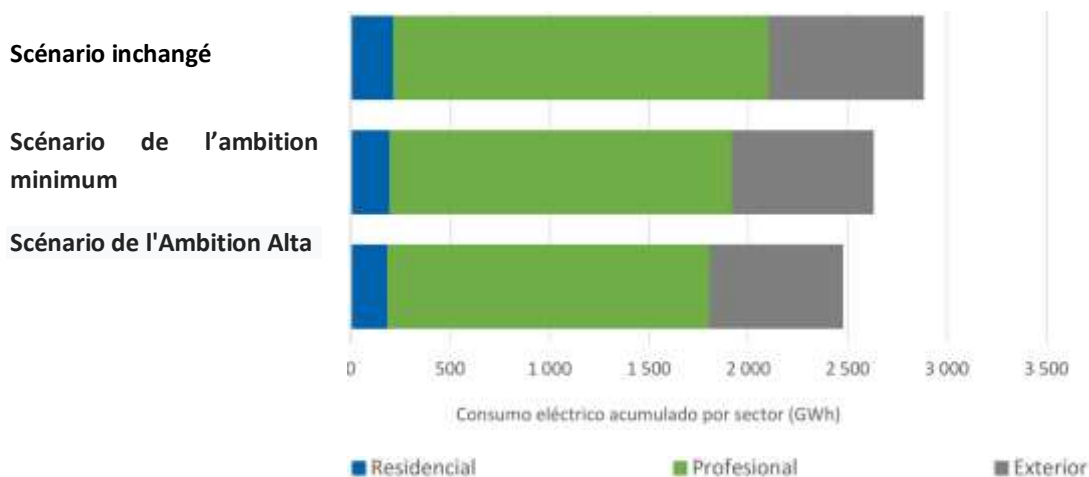


Figure 1517-: Consommation d'électricité cumulée par produit à partir de 2040

Source : U4E 2019

Pourcentage de la biomasse utilisée : le PANDER décrit la capacité installée dans le pays, exprimée en mégawatts et classée comme renouvelable ou non renouvelable. La capacité de production d'électricité est de 394 718 MW, dont 127 114 MW correspondent à la production d'énergie à partir de sources renouvelables traditionnelles (centrales hydroélectriques) et 267 604 MW à partir de sources non renouvelables (156 MW pour les centrales thermoélectriques au gaz naturel et 111 604 MW pour le diesel). La biomasse est principalement utilisée dans le secteur résidentiel. Le manque d'accès au réseau électrique dans les zones rurales oblige les ménages à utiliser la biomasse comme source d'énergie pour la production de chaleur et d'électricité (République de Guinée Equatoriale, 2019).

Contribution de la bioénergie forestière : L'énergie électrique peut être obtenue en transformant la biomasse des résidus agricoles, de la biomasse forestière et des résidus industriels agricoles. La technologie appliquée pour obtenir de l'énergie électrique dépend du type et de la quantité de biomasse disponible, ainsi que de leurs caractéristiques physico-chimiques. Les principales techniques développées pour la production d'électricité à partir de la biomasse comprennent le cycle de vapeur classique, basé sur la combustion directe de la biomasse pour la production de vapeur et l'entraînement des turbines, l'utilisation de gaz synthétiques issus de la gazéification de la biomasse appliquée aux turbines à gaz, et l'utilisation de moteurs à piston qui fonctionnent avec des gaz synthétiques ou du biogaz. La production de biomasse peut donner lieu à des systèmes de cogénération, où la vapeur et les gaz issus de la combustion de la biomasse sont utilisés pour produire de l'électricité par des cycles combinés, ou sont utilisés dans des processus industriels pour le chauffage ou le refroidissement. Le produit obtenu à partir de la biomasse est la vapeur ou le gaz de synthèse, qui est appliqué à une turbine à vapeur ou à un système de turbine ou de moteur à gaz pour la production d'électricité. Dans les deux cas, il est possible d'appliquer un système de cogénération d'énergie électrique et de chaleur.

La chaleur produite peut être utilisée dans les ménages pour la cuisine et le chauffage, l'électricité produite peut être utilisée à des fins de production, d'éclairage et de nombreux autres services (Republic of Equatorial Guinea, 2019).

Source : (INDEFOR, WRI 2016)

Figure 1618-: Répartition des forêts en République de Guinée équatoriale

Conclusion et recommandations

La Guinée équatoriale dispose d'une grande variété de ressources naturelles telles que des ressources minières, hydroélectriques, solaires, éoliennes, forestières, pétrolières et gazières. Comme le Gabon, l'exploitation des ressources de la Guinée équatoriale permet de classer la Guinée équatoriale parmi les pays ayant un taux élevé

d'accès à l'énergie. De plus, la Guinée équatoriale est le cinquième exportateur de pétrole en Afrique subsaharienne. Les zones rurales se caractérisent par leur faible accès à l'électricité. L'énergie produite par la Guinée équatoriale est principalement destinée au secteur industriel. La demande d'énergie du secteur résidentiel montre que c'est un secteur où la consommation d'énergie est importante. L'analyse de l'offre et de la demande montre qu'il existe un déficit énergétique. Depuis la Conférence de la COP 21, la Guinée équatoriale a montré sa volonté de lutter contre le changement climatique en élaborant sa CNDP. D'une part, la réduction des émissions de GES nécessite l'utilisation de sources d'énergie renouvelables qui contribuent moins aux émissions de GES.

Dans la région de Bata, il y a un nombre important d'entreprises engagées dans la transformation des produits forestiers. La région de Bata est l'une des régions où l'on trouve de grandes quantités de déchets de bois.

La transformation de ces déchets de bois en bioénergie pourrait permettre de combler le déficit observé dans le mix énergétique de la Guinée équatoriale. Les procédés de combustion et de fermentation sont ceux techniquement applicables et les produits qui en résultent (électricité, biogaz, biocarburant, charbon écologique, etc.) permettent le développement de plusieurs secteurs d'activité.

1.7 République centrafricaine

2.7.1. Ressources énergétiques

2.7.1.1. Biomasse

La République centrafricaine (RCA) est particulièrement riche en biomasse en raison de sa zone fortement boisée. La biomasse traditionnelle, répartie entre le bois de chauffage et le charbon de bois, est la principale ressource énergétique du pays. Environ 98% de l'énergie consommée sur le territoire provient de la biomasse traditionnelle. Cette source d'énergie est destinée au chauffage, à la cuisson des aliments et à l'éclairage (Nzango, 2019).

2.7.1.2. Energie hydraulique

La RCA possède un réseau hydrographique dense et un potentiel hydroélectrique estimé à 2000 MW. Des inventaires partiels ont révélé une quarantaine de sites hydroélectriques allant de 5 à 180 MW. Seuls deux sites ont été développés : le site de Boali sur la rivière Mbali, et le site de Mobaye sur la rivière Oubangui (Nzango, 2019).

2.7.1.3. Solaire, éolienne et géothermique

De par son type de climat et sa situation géographique, la République centrafricaine est propice au développement de l'électricité photovoltaïque. Son taux d'irradiation moyen est estimé à 5 kWh/m²/j. Mais l'exploitation de ces potentiels solaires est encore embryonnaire : pompage de l'eau dans les zones rurales, centres de santé, éclairage, etc. Par ailleurs, aucune étude n'a encore été réalisée pour valoriser l'énergie mécanique du vent en République centrafricaine, mais certains sites ont été identifiés comme favorables à l'exploitation géothermique (Nzango, 2019).

2.7.1.4. Pétrole et gaz

La RCA a un potentiel pétrolier qui est encore en cours de clarification. Le sous-sol centrafricain est riche en raison de sa diversité géologique mais n'a pas encore été systématiquement prospecté ou sérieusement étudié en raison de l'instabilité politique.

2.7.1.5. Energie nucléaire

L'énergie nucléaire produit de l'électricité dans des centrales nucléaires. La RCA possède un gisement d'uranium qui a été identifié dans le sud-est du pays au début des années 1960. Les réserves ont été estimées à plus de 23 000 tonnes. Son exploitation a commencé timidement en 1975, puis dans les années 2000 par AREVA, une entreprise française (Nzango, 2019).

2.7.1.6. Uranium

Le dépôt sédimentaire de phosphates de Bakouma (Préfecture de Mbomou) contient des réserves connues d'uranium (métal) s'élevant à environ 20 000 tonnes. Les procédés de production de concentré d'uranium commercial à partir du minerai de ce gisement ont été définis et les coûts de traitement établis (Komode, s.d.).

2.7.1.7. Lignite

L'existence d'un gisement de lignite a été reconnue dans la même région de Bakouma. L'importance de ce gisement est estimée à environ 2,9 millions de mètres cubes. Ce gisement est cependant insuffisamment évalué (Komode, s.d.).

Tableau 2323: Statistiques énergétiques totales pour la République centrafricaine

Central African Republic / République Centrafricaine

Category / Catégorie	Unit	2000	2005	2013	2014	2015	2016	2017 ^P	2018 ^P
Production of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of charcoal	kt	21	21	13	13	14	14	15	16
Production de charbon du bois	kt	21	21	13	13	14	14	15	16
Production of crude oil, NLG and additives	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production du pétrole brut, LGN et additives	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of natural gas	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of electricity from biofuels and waste	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité par les biocarburants, déchets	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from fossil fuels	GWh	23	28	1	1	1	1	1	1
Production d'électricité avec combustibles fossiles	GWh	23	28	1	1	1	1	1	1
Production of nuclear electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité d'origine nucléaire	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Production of hydro electricity	GWh	84	134	138	139	141	142	144	146
Production d'électricité d'origine hydraulique	GWh	84	134	138	139	141	142	144	146
Production of geothermal electricity	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité d'origine géothermique	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0
Production of electricity from solar, wind, Etc.	GWh	0	0	5	7	7	7	8	8
Production d'électricité d'origine solaire, éolienne, Etc.	GWh	0	0	5	7	7	7	8	8
Total production of electricity	GWh	107	162	144	147	149	151	153	155
Production électrique totale	GWh	107	162	144	147	149	151	153	155
Refinery output of oil products	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de produits pétroliers en raffineries	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final Consumption of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of oil	kt	40	41	34	40	40	42	43	44
Consommation finale de pétrole	kt	40	41	34	40	40	42	43	44
Final consumption of natural gas	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Final consumption of electricity	GWh	63	76	105	76	63	65	66	68
Consommation finale d'électricité	GWh	63	76	105	76	63	65	66	68
Consumption of oil in industry	kt	6	3	5	5	5	5	5	5
Consommation industrielle de pétrole	kt	6	3	5	5	5	5	5	5
Consumption of natural gas in industry	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of electricity in industry	GWh	14	20	17	15	0	0	0	0
Consommation industrielle d'électricité	GWh	14	20	17	15	0	0	0	0
Consumption of Coal* in industry	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumption of oil in transport	kt	27	29	27	33	33	34	35	36
Consommation de pétrole dans les transports	kt	27	29	27	33	33	34	35	36
Consumption of electricity in transport	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation d'électricité dans les transports	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Net Imports of Coal*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations Nettes de Charbon*	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of crude oil, NGL, Etc.	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations nettes de pétrole brut, Etc.	kt	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of oil product	kt	38	44	27	53	56	58	61	65
Importations nettes de produits pétroliers	kt	38	44	27	53	56	58	61	65
Net imports of natural gas	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations nettes de gaz naturel	TJ	-	-	-	-	-	-	-	-
Net imports of electricity	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Importations nettes d'électricité	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-

- Data not applicable / Données non applicables

0 Data not available / Données indisponibles

(P) : Projected / Projetées

Source : (AFREC, 2018)

2.7.2. Contributions Secteurs économiques clés selon les contributions nationales déterminées (NDC)

2.7.2.1. Industries

Cette section est un aperçu de la demande énergétique des principaux secteurs de consommation de la RCA. Ces secteurs sont l'industrie, le secteur domestique (résidentiel), l'agriculture et les transports. La RCA a un taux d'électrification national qui ne dépasse pas 4 %, alors que la demande moyenne d'électricité augmente de plus de 8 % par an en raison de la croissance urbaine. La demande d'énergie à Bangui aux heures de pointe varie de 50 à 80 MW, alors que l'approvisionnement total en électricité de l'ENERCA ne dépasse même pas 40 MW. Les centrales hydroélectriques de Boali ne fournissent qu'une capacité cumulée de 18,65 MW ; et la centrale thermique de Bangui fournit 22 MW, soit une production totale d'électricité de 40,65 MW. Alors que la demande actuelle d'énergie aux heures de pointe se situe entre 50 et 80 MW, les projections suggèrent qu'elle peut atteindre 403 MW d'ici 2030. Sur le total de l'électricité distribuée par l'ENERCA, 41 % sont consommés par les activités commerciales et les services publics, 35 % par les ménages et 24 % par les industries existantes. La consommation d'électricité par les services publics est dans la plupart des cas gratuite (Nzango, 2019).

Le système d'approvisionnement en énergie de la RCA pousse les industries à produire leur propre énergie à partir de sources non renouvelables. La plupart de ces entreprises utilisent des générateurs diesel. Seuls IFB Batalimo et la sucrerie de Ngakobo utilisent la biomasse (déchets de bois pour IFB et bagasse pour Ngakobo) pour produire de l'électricité. Le tableau ci-dessous présente la liste des entreprises qui produisent leur propre énergie (Komode, s.d.).

Tableau 2424: Liste des sociétés de production indépendantes

Entreprises	Secteur d'activité	Type de production technologique	Carburant utilisé	Capacité (MW)
Bossongo	Moulin à huile	Thermique	carburant diesel	0,4
Nzila	Cimenterie	Thermique	carburant diesel	4,00
SCAD	Scierie	Thermique	carburant diesel	0,6
IFB Batalimo	Scierie	Thermique	Déchets de bois	0,6
IFB Ngotto	Scierie	Thermique	Carburant diesel	0,2
SEFCA	Scierie	Thermique	Carburant diesel	0,64
TANRY	Scierie	Thermique	Carburant diesel	0,8
SOFOKAD	Scierie	Thermique	Carburant diesel	0,672
Nagkobo	Scierie	Thermique	Bagasse, coquille coton	1,6
Cellule Bambari	Égrenage de coton	Thermique	carburant diesel	0,4
Cellule Bossangoa	Égrenage de coton			0,4

Source : DGE

Demande d'énergie : la consommation finale d'énergie en 2011 est de 1120 Ktep. Selon le rapport annuel 2013 du SIE-RAC (Système d'information sur l'énergie de la République centrafricaine), par secteur d'activité, les ménages constituent la plus forte consommation d'énergie avec une part de 91 %. Viennent ensuite les secteurs des transports et du commerce et des services publics avec 4 % de consommation chacun. Le secteur industriel ne représente que 1 % de l'énergie finale consommée en 2011 (Komode, n.d). Il convient de noter que la quasi-totalité de l'énergie consommée par les ménages provient de la biomasse (bois de chauffage et charbon de bois).

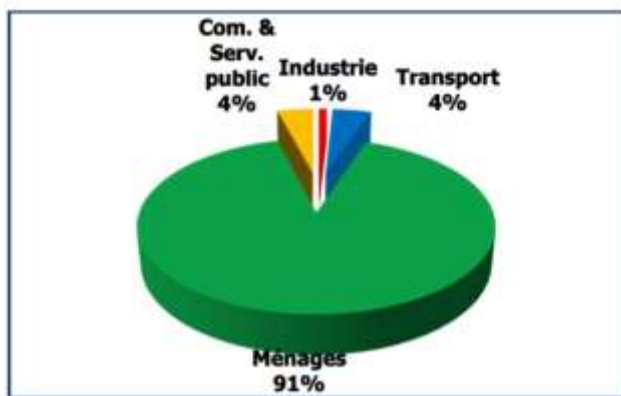


Figure 1719: Répartition sectorielle de la consommation totale d'énergie finale en 2011

Le rapport annuel 2013 du SIE - RCA, la consommation finale d'électricité est répartie entre trois catégories de secteurs : l'industrie, les ménages et le commerce, et le service public. Leur répartition pour les années 2009 à 2011 est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2525: Consommation finale d'électricité en MWh, par secteur en 2009, 2010 et 2011

Secteur /Année	2009	2010	2011
Industrie	15 131	16 843	18 622
Ménages	26 900	26 345	27 221
Commerce et services publics	30 702	31 350	32 248

Source : rapport annuel 2013 SIE-RCA

En RCA, les secteurs industriel et résidentiel sont classés en tête de liste des plus grands consommateurs d'énergie. Il peut donc y avoir un lien entre l'économie centrafricaine et la consommation d'énergie : la consommation d'énergie des ménages et le potentiel d'économies d'énergie.

Le tableau ci-dessous regroupe la consommation d'énergie dans le secteur industriel et domestique.

Tableau 2626: Consommation d'énergie dans le secteur industriel et des ménages (en tep)

Secteur /an	2007	2008	2009	2010	2011
Industrie	11 075	11 262	11 756	17 143	14 513
Ménage	926 301	952 289	968 478	990 772	1 012 216

Source : SIE-CAR

Tableau 2727: Stratégie énergétique et objectifs pertinents (accès, capacité, sécurité)

Indicateurs	2011	Objectif 2015	Objectif 2020	Objectif 2025	Objectif 2030
Proportion de localités électrifiées					
Proportion de ménages ayant accès à l'électricité	2,50%	10%	30%	40%	50%
Proportion des ménages ayant accès à des systèmes de cuisson modernes	0%	2%	5%	8%	10%
Proportion des énergies nouvelles et renouvelables dans le bilan énergétique national	0%	2%	5%	8%	10%

Source : (Komode, n.d.)

La cuisine au charbon de bois ne concerne qu'un petit nombre de ménages riches. Le charbon de bois est également utilisé dans de nombreux ménages pour le repassage. Le tableau 27 ci-dessous montre une évolution de la demande de bois-énergie, de 2008 à 2011.

Tableau 2828: Évolution de la demande de bois de chauffage, de 2008 à 2011

	2008		2009		2010		2011	
	Bois de chauffage	Charbon de bois	Bois de chauffage	Charbon de bois	Bois de chauffage	Charbon de bois	Bois de chauffage	Charbon de bois
Production (1000 t)	2 469	5,9	2 530	6,1	2 594	6,2	2 658	6,4
Quantité de bois utilisée pour la production de charbon de bois	40		41		41,8		43	
Consommation (1000 t)	2 429	5,9	2 489	6,1	2 552,2	6,2	2 615	6,4
Exportation (1000 t)								

Source : DGE

Pourcentage de la biomasse utilisée : En 2016, la production d'énergie a atteint environ 2,86 millions de tonnes d'équivalent pétrole. Le bois de chauffage représente la production, l'électricité du système interconnecté 1%, et le charbon de bois 1% (Bindo, 2017).

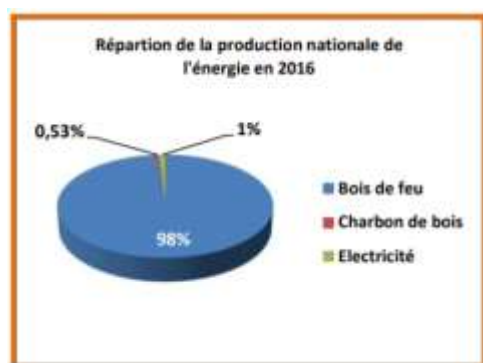


Figure 1829: Production d'énergie naturelle

Contribution de la bioénergie : Applications pour l'exploitation de la biomasse en RCA :

- Incinération pour la cogénération (chaleur et électricité) ;
 - Fermentation pour la production de biogaz pour la cuisine dans les ménages, activités d'utilisation productive
- Biocarburants (avec ou sans transformation : éthanol, biodiesel et jatropha) pour le développement du secteur des transports.

Conclusion et recommandations

La RCA est un pays dont les principales ressources naturelles sont fournies par la forêt. La RCA a un potentiel en matière d'énergie solaire, hydroélectrique, éolienne, thermique et de biomasse. La majorité du pétrole et du gaz utilisés en RCA est importée. Le secteur de l'électricité en RCA est caractérisé par une inadéquation entre l'offre et la demande. En effet, le taux d'accès à l'électricité est de 2,5% au niveau national, environ 20% à Bangui la capitale, 1% dans les centres secondaires électrifiés et presque nul en milieu rural. Cette situation est si précaire pour le développement économique et social du pays et s'explique par la faible capacité installée des infrastructures de production corrélée à l'utilisation de technologies inadaptées, le faible taux d'urbanisation des villes. A cela s'ajoutent le monopole du service public de l'électricité accordé à la société d'Etat ENERCA depuis l'indépendance et les ressources limitées de l'Etat pour financer les projets d'électrification.

Ouaka, Lobaye, Ngakobo abritent quelques entreprises forestières. Il s'agit de régions où les déchets forestiers sont importants. On y trouve également des déchets agricoles. La valorisation de ces déchets agricoles et forestiers peut contribuer à combler le déficit observé dans le réseau électrique de la RCA.

3.1. Burundi

3.1.1. Ressources énergétiques du pays

3.1.1.1. Biomasse

Les ménages sont les principaux consommateurs d'énergie dans le pays, représentant 94% de la consommation totale d'énergie. Cette consommation repose en grande partie sur la biomasse. Le bois représente 97% du combustible utilisé, d'où la forte pression sur les forêts limitées et fragiles du Burundi. Si l'on inclut l'industrie et les transports, 94% de la consommation totale d'énergie repose sur la biomasse, qui est composée d'environ 70% de bois de chauffage, 18% de résidus agricoles, 6% de charbon de bois et 1% de bagasse. La couverture forestière actuelle du pays est de 174 000 hectares, contre une consommation prévue de 180 000 hectares. (Energy Profile Burundi) ce qui signifie qu'il y a un déficit d'approvisionnement en bois. L'utilisation du bois de chauffage est la principale source d'énergie pour la plupart des activités artisanales ou industrielles et pour le combustible de cuisson pour la majorité de la population. L'approvisionnement total durable en biomasse de bois de chauffage, toutes sources confondues, était estimé à 6 400 000 m³ en 2007 (reeep.org/burundi-2012). L'un des principaux défis consiste à développer un approvisionnement durable en bois de chauffage. Il existe également plusieurs sources disponibles de biomasse résiduelle et de résidus agricoles sous différentes formes au Burundi, qui peuvent être récoltées de manière durable et transformées en sources d'énergie.

3.1.1.2. L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique fournit la majorité de l'électricité du pays. L'approvisionnement énergétique du Burundi dépend à 95 % de l'hydroélectricité provenant de 7 centrales hydroélectriques, qui ont une puissance installée combinée de 30,6 MW (International Business Publications, 2018) (IBP, 2018). Toutefois, il existe un potentiel de développement considérable, notamment en matière de micro, mini et petites centrales hydroélectriques. La capacité hydroélectrique théorique du Burundi est de 1 700 MW, cependant, environ 300 MW sont considérés comme économiquement viables, et seulement 52 MW ont été installés de manière fonctionnelle (International Business Publications, 2018). La politique énergétique est axée sur la réhabilitation des centrales (hydroélectriques) et des réseaux de distribution existants, ainsi que sur le développement de nouveaux sites hydroélectriques. En outre, un programme d'électrification rurale est prévu, principalement par l'extension du réseau, et en fournissant des informations sur les sources d'énergie alternatives abordables pour les ménages à faibles revenus. (Se4All, 2020).

La consommation moyenne d'électricité au Burundi est de 23 kWh/cap/an, ce qui est l'une des plus faibles au monde (Fortune of Africa, n.d) Le Burundi est l'un des pays les moins électrifiés au monde, avec 49 % de la population urbaine et seulement 1 % de la population rurale connectée à l'électricité. Le secteur de l'électricité

au Burundi est sous-développé et le taux d'électrification est de 11 % (Banque mondiale). Le tableau 1 montre l'état de l'électricité en 2013 selon le Rapport national sur l'énergie du Burundi, 2017. La situation énergétique est caractérisée par une offre électrique insuffisante pour répondre à la demande, empêchant le décollage économique.

Tableau 1. Situation de l'électrification au Burundi, 2013

Sans électricité	95 %
Avec l'électricité	5 %
Taux d'électrification urbaine	2.8 %
Taux d'électrification rurale	2 %

Source: (Karangwa, 2017) ⁹

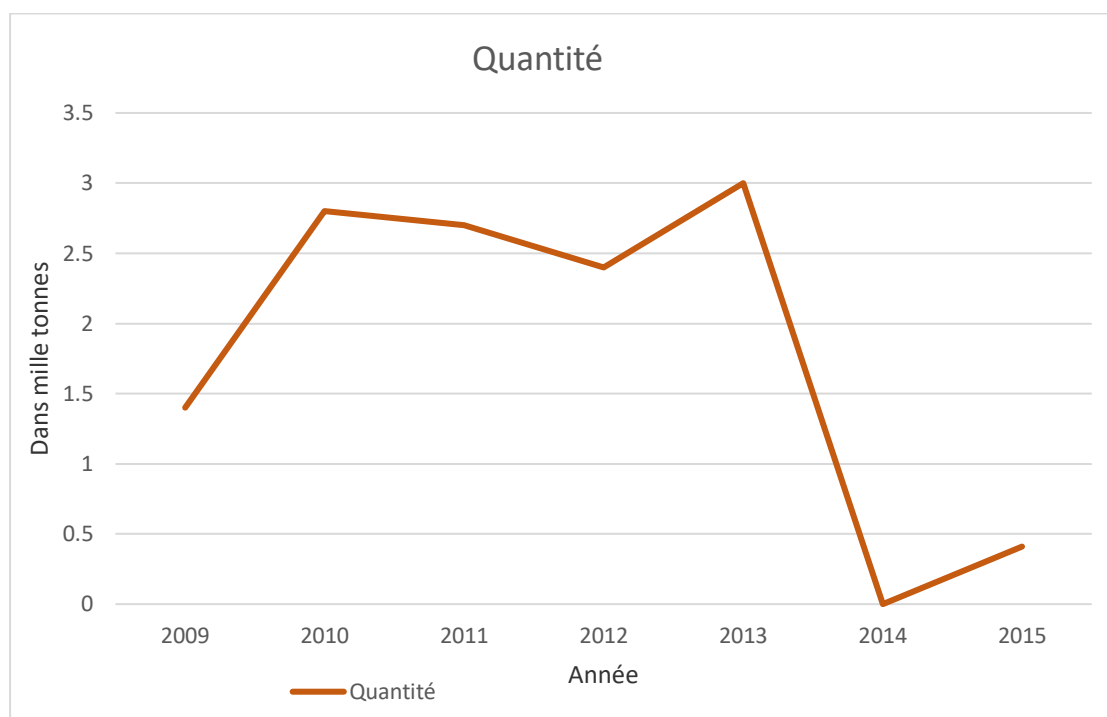
3.1.1.3. Pétrole et gaz

Pétrole : au cours de la période 2011-2015, 2,5% de la demande d'énergie du Burundi provenait du pétrole (Burundi National Energy Report, 2017). La plupart de ces sources de pétrole sont utilisées pour faire fonctionner les générateurs des ménages. Le Burundi n'a pas de réserves connues de combustibles fossiles, c'est pourquoi la petite quantité d'énergie thermique provient du pétrole importé. L'utilisation des énergies non renouvelables est prédominante au niveau des ménages. En 2017, seulement 9% de l'énergie du Burundi provenait de générateurs/groupe électrogènes diesel (Hafner, Tagliapietra, Falchetta, & Occhiali, 2019). Les 91 % restants proviennent de la production hydroélectrique, ce qui fait du Burundi un pays qui dépend principalement des énergies renouvelables. Sur les 35,5 mégawatts (MW) d'électricité produits au Burundi, environ 14 %, soit 4,97 MW, sont produits à partir de diesel. La majeure partie de ce diesel est importée du Kenya et de la Tanzanie (Bazex & Antoine, 2019). La consommation d'énergie par habitant est de 219 kilogrammes (kg) de pétrole par an, ce qui est le plus faible au monde.

Le gouvernement burundais loue depuis 10 ans une centrale électrique au gaz de 30 MW située à Bujumbura, la capitale. Ce bail vise à assurer une alimentation électrique d'urgence immédiate, mais cette solution aura un coût à la fois environnemental et financier : environ 160 000 litres de combustible seront consommés chaque jour et la REGIDESO devra payer environ 3,8 millions d'euros par mois. Le bail a été conclu avec Interpetrol, une société qui opère déjà au Burundi pour le quasi-monopole de l'importation de pétrole (Barba, 2018).

GPL et kérosène : l'utilisation du GPL et du kérosène comme sources de combustible de cuisson est entravée par le faible pouvoir d'achat des citoyens, la pauvre infrastructure de livraison et le coût élevé des importations et du transport du produit (ONUDI, n.d). La plupart des ménages qui utilisent du kérosène ou du GPL sont principalement situés à Bujumbura et ses environs. Il y a eu une augmentation du nombre de personnes utilisant le GPL et le kérosène comme solutions de rechange au bois de chauffage et au charbon de bois, mais leur nombre ne représente qu'un très faible pourcentage de la population totale.

⁹ Karangwa P. C., 2017. Rapport national sur l'énergie du Burundi. Présentation de l'atelier international : Favoriser la coopération en matière d'efficacité et d'accessibilité énergétiques en Afrique de l'Est, 13-14 mars 2017, Zanzibar, Tanzanie.



Source : (United Nations Statistic Division, 2018)

Figure 1921: Statistiques sur la consommation totale de kérosène en mille tonnes métriques

3.1.1.4. Le Biogaz

Le **biogaz** : Le biogaz est une forme d'énergie bien adaptée aux besoins du Burundi. Le plan actuel du gouvernement est de produire de l'énergie au moyen de digesteurs. Selon les indicateurs du développement dans le monde, il n'existe pas de données sur le biogaz ainsi que sur toutes les formes de combustibles de cuisson (gaz de pétrole liquéfié (GPL), gaz naturel) pour le Burundi. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas d'installations de biogaz au Burundi, mais que les statistiques sur les installations et les capacités ne sont pas disponibles.

L'industrie du biogaz au Burundi a prospéré dans les années 1980 et 1990, avec 320 à 1100 unités installées en 1993, mais les données après cette date restent rares. En 1992, il y avait 206 petites installations de biogaz et 84 installations institutionnelles avec des volumes de digesteurs de plus de 100m³ (Sacranie & Lausten, 2017). Depuis le début des années 2000, l'utilisation du biogaz n'a cessé de diminuer, même si les connaissances et les compétences relatives à l'utilisation de cette technologie sont largement répandues, ce qui a été facilité par des organisations internationales dans les années 80 et 90, telles que la Coopération technique allemande (alors GTZ, mais aujourd'hui GIZ), la Coopération technique française (FTC), la Coopération technique belge (CTB) et bien d'autres (UNIDO).

3.1.1.5. Solaire, éolienne et géothermique

L'**énergie solaire** : le Burundi dispose de conditions naturelles favorables à l'utilisation durable de l'énergie solaire. La puissance annuelle moyenne reçue est d'environ 2000 kWh/m² par an, ce qui équivaut aux meilleures régions européennes qui se trouvent au sud de la Méditerranée (Se4All, 2020). L'insolation solaire moyenne est de 4-5 kWh/ m2/jour (insérer réf). Il existe un grand potentiel de production d'électricité solaire photovoltaïque dans les zones rurales du Burundi, car la plupart des régions ne sont pas encore raccordées au réseau électrique

principal. L'énergie solaire est étudiée comme fournisseur potentiel d'électrification hors réseau dans les zones rurales. Des institutions telles que le Fonds d'éclairage solaire ont également investi dans de petits systèmes solaires pour les bâtiments publics, tels que les centres de santé.

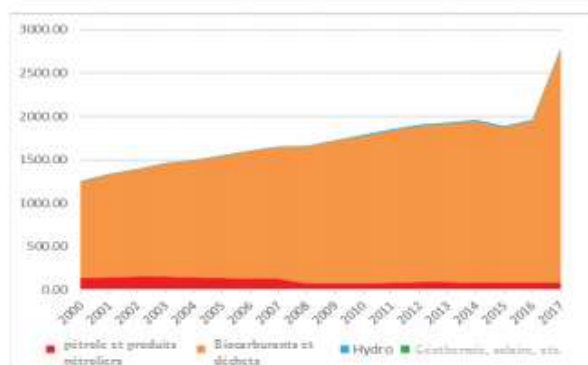
L'énergie éolienne : les données sur la configuration des vents ont été enregistrées par l'Institut des sciences agronomiques du Burundi (ISABU). Bien qu'elle soit principalement destinée à des fins agricoles, la vitesse moyenne du vent pour le pays oscille entre 4 et 6 m/s. D'autres sites potentiels existent probablement dans les zones de haute altitude. À ce jour, aucune étude de faisabilité sur l'énergie éolienne n'a été réalisée au Burundi.

L'énergie géothermique : des ressources géothermiques ont été identifiées dans la région de la vallée du Rift occidental, dans la République démocratique du Congo voisine à l'est. Plusieurs indicateurs géothermiques existent au Burundi, mais il y a peu de données disponibles pour vérifier leur viabilité commerciale.

Tourbe : les ressources en tourbe du Burundi s'élèvent à environ 323 km² (CME, 2013). Parmi les tourbières connues du pays, la plus étendue est située sous le complexe marécageux d'Akanyaru au nord, une zone d'environ 123 km² avec un volume de tourbe in situ estimé à 1,42 milliard de m³ (Joosten, 2010). La production de tourbe en 2008 était de 20 000 tonnes qui ont été entièrement consommées la même année. Cela constituait la totalité de la production et de la consommation totale pour toute l'Afrique (CME, 2013) (UNEP, 2017). En tant qu'alternative au bois, l'utilisation de la tourbe contribuerait à réduire la pression sur les forêts du Burundi. La commercialisation de cette ressource, destinée à l'agriculture et à l'industrie, est pilotée par l'Office national de la tourbe (ONATOUR). L'ONATOUR a été créé en 1977 et est, en Afrique, la seule installation qui produit du gazon en plaques ou de la tourbe séchée en utilisant des moyens mécaniques. Jusqu'à présent, seulement 0,5 % des 6 millions de tonnes de réserves de tourbe ont été traitées. La plus grande partie (90 %) a été utilisée par l'armée et les prisons. Avec la réhabilitation des installations de transformation, la production de tourbe devrait augmenter (CME, 2013).

3.1.2 Demande énergétique par secteurs économiques

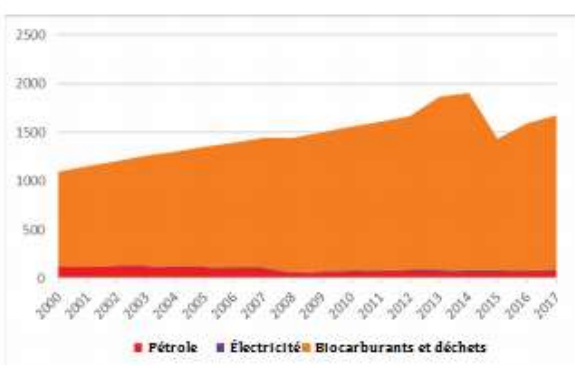
L'approvisionnement et la consommation d'énergie primaire au niveau des ménages au Burundi sont dominés par la biomasse (biocarburants et déchets) (figures 2a, 2b, 3a, 3b). L'essentiel de l'approvisionnement énergétique du Burundi provient de sources hydroélectriques. En 2017, l'électricité produite était supérieure à la quantité consommée. Ironiquement, une partie de l'énergie excédentaire fournie est importée de l'extérieur du pays.



a)

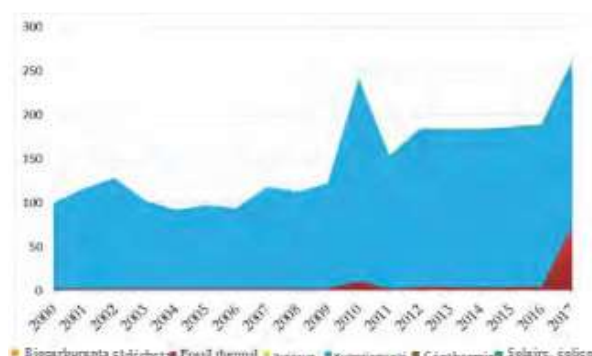
Figure 2022–: Approvisionnement total en énergie primaire en Ktep

Source : ?



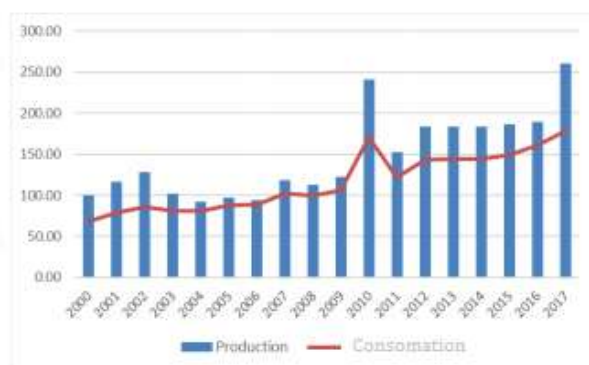
b)

Figure 2123–: Consommation totale d'énergie finale en Ktep



a)

Figure 2224: Production d'électricité par source (GWh)



b)

Figure 2325: Electricity Production and Consumption (GWh)

Source: ?

Le secteur énergétique du Burundi est sous-développé, ce qui signifie qu'il existe des opportunités considérables pour les investisseurs, en particulier dans le secteur de l'électricité qui est principalement géré par la société nationale d'eau et d'électricité REGIDESO. La REGIDESO a une capacité installée de 35,8 MW, dont 30,8 MW proviennent de centrales hydroélectriques et 5,5 MW d'unités thermiques. Ces deux sources représentent 97% de la capacité installée nationale selon les statistiques de 2012. La production nationale du Burundi est inférieure à la consommation, d'où le besoin croissant d'importer de l'énergie. Ce phénomène est une conséquence du sous-investissement dans le secteur de l'énergie au cours des 20 dernières années. Ainsi, il y a clairement un besoin d'augmenter la production nationale d'électricité.

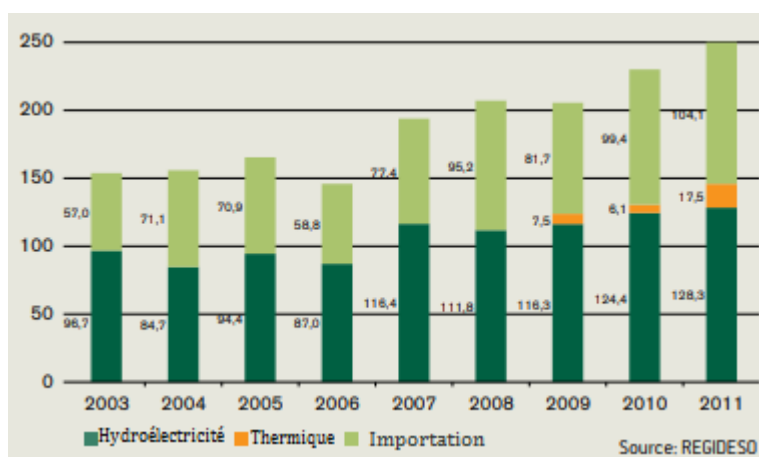


Figure 2426: Sources de production d'électricité selon REGIDESO (2003 à 2011)

Source : (Ministry of Energy and Mining, 2012)

Le [tableau 30](#) ci-dessous présente le bilan énergétique du Burundi. Il montre que la majeure partie de la consommation d'énergie dans le secteur de l'industrie et des transports provient des produits pétroliers. La plupart des ménages, cependant, dépendent de la biomasse. Le graphique montre également que les secteurs de l'agriculture et de la sylviculture ont une consommation d'énergie limitée, comme le montre leur chiffre nul.

Tableau 293030: Bilan énergétique du Burundi

Milliers de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep)										
	Pétrole brut ^a	Produits pétroliers ^a	Charbon ^a	Gaz naturel ^a	Nucléaire	Hydro	Solaire/ Géother./ Solaire	Biocarburant / Déchets	Electricité	Total
APPROVISIONNEMENT PRINCIPAL	2017									
	Production	0.00	-	0.00	0.00	0.00	15.95	0.09	2702.06	2718.10
	Imports	0.00	73.92	0.00	0.00	-	-	0.00	9.67	83.59
	Exports (-)	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	Int. Marine Bunkers (-)	-	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Int. Aviation Bunkers (-)	-	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Δ Stock (+ draw, - build)	0.00	3.86	0.00	0.00	-	-	-	-	3.86
	TPES³	0.00	77.78	0.00	0.00	0.00	15.95	0.09	2702.06	2805.55
	Transfers	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Différence statistique	0.00	-5.19	0.00	0.00	0.00	0.00	370.51	-0.01	365.31
TRANSFORMATION	Transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-15.95	-0.09	-723.88	22.39
	Producteurs d'électricité	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-15.95	-0.09	0.00	6.35
	Raffineries de pétrole	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Usine à charbon	-	-	-	-	-	-	-723.88	-	-723.88
	Gaz - à - Liquide	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00
	Gaz - à - Liquide	0.00	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00
	Hauts fourneaux	-	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00
	Autres transformations	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	-	0.00
	Usage propre	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	-0.25	-0.25
	Pertes	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	-16.51	-16.51
CONSOMMATION FINALE	TFC	0.00	72.59	0.00	0.00	-	-	2348.69	15.29	2436.57
	Industrie	0.00	22.14	0.00	0.00	-	-	0.00	2.99	25.13
	Transport	-	50.16	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	50.16
	Ménages	-	0.23	0.00	0.00	-	-	2046.22	8.34	2054.79
	Com. & Public	0.00	0.06	0.00	0.00	-	-	302.47	3.96	306.49
	Agriculture/sylviculture	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	Autres (non spécifiées)	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	Consommation non énergétique ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00

Source: ?

3.1.2. Les principaux secteurs économiques et leur demande énergétique

3.1.2.1. Secteur de l'agriculture

L'économie burundaise est dominée par le secteur agricole, qui représente près de la moitié de son produit intérieur brut (PIB) et près de 80 % de ses recettes d'exportation (République du Burundi, 2015). La structure économique actuelle, dominée par l'agriculture de subsistance, est très vulnérable et fragile en raison de sa dépendance aux conditions climatiques (Republic of Burundi, 2015). Il existe de nombreuses possibilités dans le secteur agricole qui pourraient bénéficier de sources d'énergie améliorées telles que la bioénergie.

Par exemple, les pêcheries du lac Tanganyika ont besoin de systèmes de refroidissement pour conserver le poisson. La production d'électricité photovoltaïque pourrait être une solution potentielle. Dans le secteur de l'agriculture, la transformation et la conservation des fruits, des légumes ou du lait dans les zones rurales est un moyen de parvenir au développement économique. L'installation de générateurs photovoltaïques pourrait être une solution aux problèmes énergétiques auxquels est confronté le secteur de la transformation des produits agricoles (Republic of Burundi, 2015).

3.1.2.2 Exploitation minière

L'ampleur du secteur minier burundais est mineure par rapport à ses voisins. On estime à 10 000 le nombre de mineurs artisanaux au Burundi. Deux tiers des mineurs artisanaux sont engagés dans l'extraction de l'or. En 2012, le secteur minier représentait moins de 1 % du produit intérieur brut (PIB) du pays, tandis que l'agriculture de subsistance en représentait plus de 40 %. Les recettes fiscales provenant du secteur minier ne représentent que 0,3 % des recettes fiscales nationales, bien que l'or soit la plus grande exportation nationale du Burundi. En 2013, 2,8 tonnes d'une valeur de plus de 100 millions de dollars ont été exportées, dont la majeure partie aboutit à Dubaï aux Émirats arabes unis –(Matthysen, 2015). De plus, l'extraction est souvent effectuée à l'aide de techniques et d'outils rudimentaires tels que pioches, marteaux, ciseaux, pelles et marmites. L'efficacité peut déjà être considérablement accrue grâce à l'introduction de techniques assez simples, telles que les pompes à eau, les compresseurs et les machines de broyage automatiques, dont certaines nécessitent de l'électricité. La Vision 2025 du Burundi vise à fournir de l'énergie en quantité suffisante pour les activités industrielles, artisanales et minières.

3.1.2.3 Forêts

La plupart des plantations de forêts d'État ont été créées dans les années 1980. Cependant, on ne sait pas exactement quelle quantité et quelles plantations forestières sont encore en place après la longue crise politique. Il est urgent de soutenir la mise à jour de l'inventaire forestier au Burundi, dont le dernier a été réalisé en 1976, et la collecte de statistiques forestières précises au Burundi. Par exemple, la superficie et le volume utilisable de bois de plusieurs espèces différentes restent inconnus au Burundi. Les statistiques sur les demandes énergétiques du secteur forestier ne sont pas disponibles, bien qu'il existe un certain nombre d'acteurs impliqués dans le secteur des entreprises de transformation du bois, principalement caractérisées par des hommes d'affaires individuels et des groupes informels. Cependant, la transformation à l'échelle industrielle est limitée et, par conséquent, les demandes énergétiques du secteur forestier sont faibles. À l'exception des grandes villes comme Bujumbura, où il y a peu de machines à travailler le bois, la transformation du bois est principalement effectuée avec des outils manuels. Parmi les grandes entreprises et les scieries impliquées dans la transformation primaire et secondaire dans certaines des grandes plantations forestières du Burundi, on trouve Wood perfect, Participatory Management Group (PMG), Coopérative INEZA des menuisiers du Marché de Mutanga Nord (INEZA), Coopérative des menuisiers - Marché de Mutanga Nord et différentes associations de menuisiers travaillant au centre de formation artisanale de Jabe (Centre de Formation Artisanal (CFA).

3.1.2.4 Industrie

Au Burundi, l'industrie et l'artisanat ne représentent que 17-18% du PIB. La brasserie BRARUDI est l'un des plus grands consommateurs d'électricité au Burundi. Elle aurait produit 2,8 % de sa propre consommation d'électricité en 2011 et s'intéresse aux possibilités d'investissement dans des solutions alternatives telles que l'autoproduction renouvelable. Selon des scénarios antérieurs de croissance économique, les besoins énergétiques en 2020, y compris la consommation industrielle, ont été estimés à 100 MW. Cependant, un certain nombre d'activités industrielles nécessitent une capacité supplémentaire qui est estimée à au moins 100 MW. En conséquence, la demande énergétique a été estimée à environ 250 MW en 2020, sans compter les besoins énergétiques des mines de nickel, qui nécessiteraient environ 280 MW en heures de pointe ([Figure 25figure 27](#)). Il existe également d'autres projets miniers, comme les projets de nickel MUSONGATI et MUREMERA, qui nécessitent de l'électricité. Le secteur commercial et artisanal a également un besoin considérable d'électricité (soudure, conservation du lait, etc.) (Fortune of Africa, n.d.).

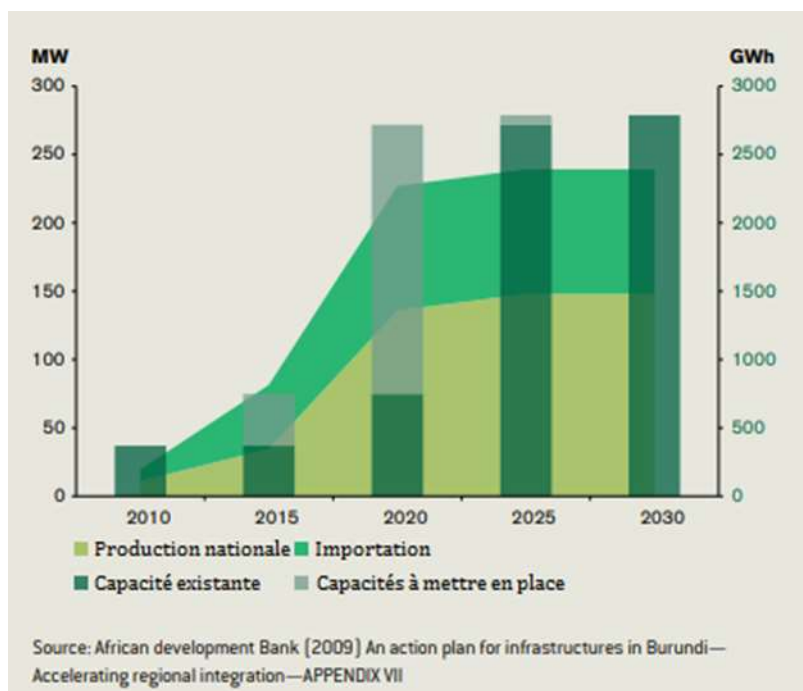


Figure 252726—: Puissance et consommation d'électricité

3.1.2.5 Transport

Le secteur des transports est l'un des secteurs les plus vitaux au Burundi, car d'autres secteurs en dépendent pour la circulation et la livraison de leurs marchandises. Le secteur au Burundi est en cours d'amélioration suite à la destruction des infrastructures suite aux guerres civiles. En raison de la nature enclavée du Burundi, la route est le mode de transport le plus dominant. Le système de transport routier au Burundi

comprend environ 14 480 kilomètres de réseau routier et seulement environ 7 % d'entre eux restent ouverts par tous les temps, le reste étant considéré comme des routes locales ou des pistes locales. Le secteur est affecté par les prix élevés du carburant puisqu'il importe la plupart des produits pétroliers. Le Burundi ne possède aucune infrastructure ferroviaire, bien qu'il existe des propositions visant à le relier aux pays voisins par voie ferrée. L'aéroport international de Bujumbura est le seul aéroport que les habitants du pays peuvent utiliser pour les voyages aériens internationaux. L'un des axes de la Vision 2025 du Burundi est l'amélioration et le développement des infrastructures de transport, de communication et d'énergie. En ce qui concerne les infrastructures de transport, la vision 2025 du Burundi prévoit de faire du Burundi un pays de transit et une plaque tournante majeure pour la sous-région des Grands Lacs, et de fonctionner comme une économie de services.

3.1.2.2. Secteur domestique/institutionnel

Les ménages sont les principaux consommateurs d'énergie dans le pays, représentant 94 % de la consommation totale. Leurs besoins sont presque exclusivement satisfaits par la biomasse traditionnelle (99 %). La Vision 2025 du Burundi a pour objectif principal de faire en sorte que d'ici 2025, les populations rurales et urbaines aient accès à des sources d'énergie fiables, propres et à des prix compétitifs. Étant donné la forte dépendance des ménages et des communautés du Burundi à l'égard du bois de chauffage et du charbon de bois, la consommation de bois de chauffage représentant 96 % de la consommation totale (76 % en milieu rural et 24 % en milieu urbain), il existe un grave déficit en bois de chauffage.

3.1.2.3. Autres secteurs

Les secteurs de la santé, de l'éducation et du tourisme au Burundi sont d'autres secteurs qui ont une demande considérable en énergie. 20 % des hôpitaux ruraux et 70 % des centres de santé n'ont pas accès à l'énergie. L'approvisionnement des hôpitaux et des centres de santé avec un niveau minimum d'énergie pour l'éclairage, la réfrigération et les services sanitaires représente un défi considérable pour la santé publique. La grande majorité des écoles des zones rurales n'ont pas l'électricité. Bien que de nombreux bâtiments aient été équipés de l'énergie solaire, une analyse des besoins et des ressources devrait être effectuée pour accroître l'accès et identifier la source d'énergie la plus appropriée. L'accès à l'énergie solaire ou à la petite hydroélectricité pour les destinations touristiques éloignées améliorerait la qualité de l'hébergement et favoriserait également le développement du tourisme écologique au Burundi (République du Burundi, 2012).

3.1.3. Les secteurs à fort potentiel de bioénergie

Industrie et secteurs miniers : Ces deux secteurs ont un potentiel élevé. La Vision 2025 exige que la population rurale et urbaine ait accès à des sources d'énergie fiables, propres et compétitives et fournisse une énergie suffisante pour les activités industrielles et minières. En raison du déficit énergétique existant au Burundi, les industries burundaises produisent actuellement leur propre énergie en interne, soit en utilisant des solutions coûteuses, soit des solutions qui représentent une menace pour l'environnement, telles que l'utilisation de bois de chauffage pour la transformation du thé. Ces industries ont intérêt à soutenir et à consommer des énergies renouvelables à la fois à des fins environnementales mais aussi pour réduire les coûts (Republic of Burundi, 2015) appelle à l'expansion des centrales hydroélectriques et à l'investissement dans les énergies renouvelables, à l'amélioration de la filière bois-énergie tout en préservant l'environnement, et à la promotion des énergies renouvelables (solaire, éthanol et éolienne). Actuellement, la recherche de nouvelles sources d'énergie renouvelables et l'utilisation des sources existantes, en particulier les combustibles d'origine biologique - la biomasse - s'est intensifiée dans le secteur énergétique mondial en raison de la hausse des prix des combustibles fossiles.

Secteur domestique / institutionnel : Ce secteur est très important car plus de 90 % de la population des villes et près de 100 % des centres urbains secondaires utilisent le charbon de bois ou le bois de chauffage comme source d'énergie, principalement pour la cuisson des aliments ((Ministry of Energy and Mining, 2012). Comme indiqué ci-dessus, la Vision 2025 du Burundi a pour objectif principal de garantir que d'ici 2025, les populations rurales et urbaines aient accès à des sources d'énergie fiables, propres et à des prix compétitifs, et la bioénergie offre une bonne occasion de réaliser cet objectif.

Conclusions et recommandations

Les possibilités et le potentiel de la bioénergie au Burundi sont nombreux et découlent de ce qui suit :

1. Un écart croissant entre l'offre et la demande d'électricité, notamment en raison d'une augmentation rapide de la demande d'électricité dans la capitale, Bujumbura, et (ii) une énorme ressource énergétique (notamment renouvelable, avec l'hydroélectricité, estimée à 1,7 GW, et le solaire, estimé à 2 000 kWh/m²/an).
2. Le Burundi est également très densément peuplé par rapport à d'autres pays voisins tels que la Tanzanie ou le Kenya. Le pays a une densité de population de 350 km² et est peuplé de 10 millions de personnes, un chiffre similaire à celui du Rwanda.
3. Elle a une énorme demande de projets énergétiques à petite et moyenne échelle qui peuvent correspondre à ses besoins agricoles (mécanisation et conservation des aliments), au bien-être global de la population locale (écoles et hôpitaux) et à l'extraction potentielle de minéraux dans la région.
4. Le Burundi possède d'importants gisements de tourbe de l'ordre de 50 millions de tonnes. Les besoins énergétiques des ménages pourraient être satisfaits en carbonisant la tourbe avec les déchets agricoles dans de petits foyers économiques et largement distribués (GIZ, 2011).

L'exploitation réussie des réserves de biomasse en République du Burundi permettra de résoudre en partie les problèmes énergétiques du pays. Outre la réduction de la consommation de diesel, l'utilisation de biogaz et de pyrogaz permettra d'améliorer l'efficacité thermodynamique et économique des générateurs diesel-électriques existants de la "REGIDESO". Une solution est l'utilisation de la pyrolyse sur la tourbe, les déchets de bois, la biomasse agricole, les déchets ménagers et industriels afin d'obtenir d'eux des ressources énergétiques secondaires - pyrolyse et biogaz, carburant diesel, coke, charbon de bois, huile de chauffage. Des études sur le traitement par pyrolyse de la tourbe et des déchets agricoles solides provenant du riz, du sorgho, des pois, des haricots, du maïs, ainsi que du biogaz provenant des déchets solides et liquides de la mini-usine de Kirekura-Muzazi dans la ville de Bujumbura pour la production d'huile de palme ont été réalisées en 2019.

Les principaux types de biomasse dont les résultats sont prometteurs s'ils sont valorisés à des fins commerciales sont la sciure de palme du Burundi, la tourbe locale, les pailles et les balles de riz et de café.

Ci-après quelques-unes des conclusions de cette étude :

- La pyrolyse rapide et à haute température permet de préserver la capacité énergétique du riz, de la paille et de la balle de café, ainsi que des palmiers burundais, et d'augmenter ainsi le rendement des gaz volatils pendant une plus longue période lors de la conversion à haute température.
- Le biogaz obtenu à partir d'un substrat liquide de palmier dans la mini-usine de Kirekura-Muzazi, dans la ville de Bujumbura, contient : CH₄ - plus de 70 % ; H₂S - environ 0,1 % ; CO₂ - environ 30 %. Cela indique que le biogaz qui en résulte, avec une teneur en méthane de plus de 70 %, pourrait bien être utilisé comme combustible pour produire de l'électricité dans des générateurs diesel, et à des fins domestiques.
- Compte tenu de la quantité de gaz produite chaque jour dans la mini-usine en activité qui traite 6,0 tonnes par jour de matières premières de palme, on peut conclure qu'avec une automatisation complète et une intensification du processus de cuisson, il devient possible d'augmenter la productivité de plusieurs fois et donc d'approcher la production de biogaz de l'usine industrielle existante en Europe, ce qui résoudra au moins partiellement le problème énergétique de la République du Burundi.
- Les résultats de la reconstruction des générateurs diesel du groupe industriel "REGIDESO" à l'utilisation du biométhane comme carburant augmenteront la durée de vie de leur moteur, ainsi que la consommation de carburant diesel de 55-60%, et réduiront ainsi le coût de l'électricité fournie de 2,0-2 5 fois (Manigomba, Chichirova, Gruzdev, Ndikumana, & Lyapin, 2019).

Au Burundi, les activités suivantes liées à la biomasse pourraient être explorées (Ministry of Energy and Mining, 2012):

- Production d'électricité à partir de déchets par combustion directe ou par méthanisation.
- L'utilisation des déchets ménagers et/ou industriels pour l'incinération et la méthanisation.
- Production d'électricité à base de tourbe. Le Burundi possède un potentiel de tourbe estimé à 600 millions de tonnes. Le potentiel exploitable serait d'environ 47 à 58 millions de tonnes. La gestion de la tourbe est sous la responsabilité de l'Office national de la tourbe (ONATOUR).
- L'utilisation des résidus de la canne à sucre (bagasse) pour produire de l'électricité. La première entreprise sucrière du pays, la Société Sucrière du Moso (SOSUMO), dispose d'une centrale à biomasse. Il s'agit d'une unité de cogénération de 2 x 2 MW alimentée par la bagasse (résidus de canne à sucre) et qui fonctionne pendant toute la saison sucrière. Malheureusement, cette turbine n'est reliée qu'à l'usine du SOSUMO et à ses bâtiments administratifs. L'excédent de production éventuel n'est pas injecté dans le réseau de la REGIDESO. L'absence de condensateur de vapeur empêche l'usine d'être productive en dehors de la saison sucrière, malgré les stocks de déchets de bagasse. La coopération française analyse actuellement comment aider le SOSUMO à se connecter au réseau national et à revendre ses excédents à la REGIDESO.
- L'utilisation de la tourbe en combinaison avec des résidus de biomasse forestière ou des déchets agricoles pour produire des briquettes.
- Gazéification des déchets de bois des industries du bois pour produire des pellets de bois et distribution de foyers améliorés.

3.2. Djibouti

3.2.1. Ressources énergétiques du pays

3.2.1.1. Biomasse

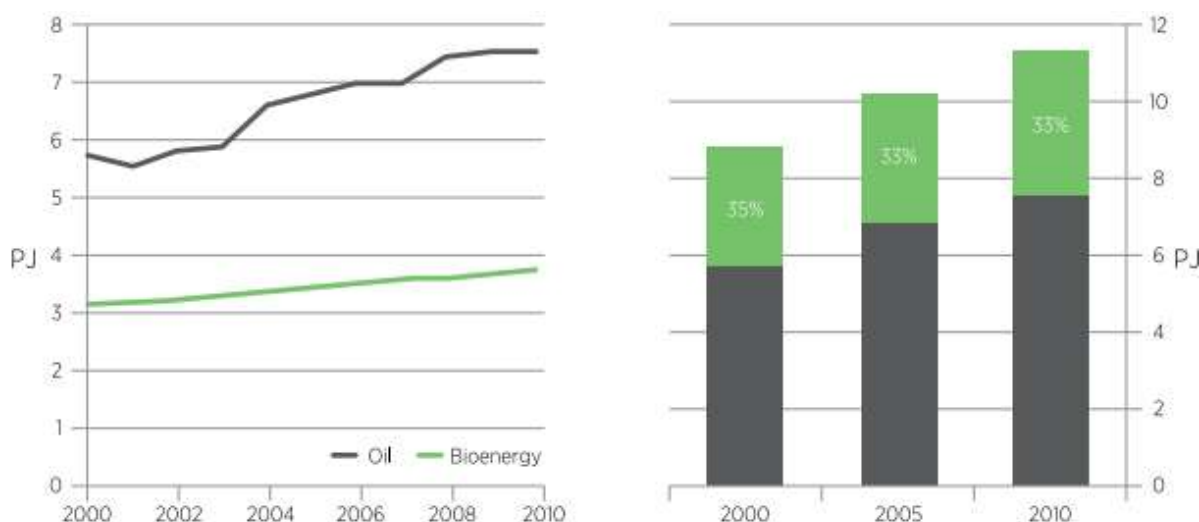
L'approvisionnement total en énergie primaire à Djibouti est dominé par la biomasse, qui représente environ 67%, la part restante provenant des produits pétroliers (Singh, Nouhou, & Sokona, 2015). La part de l'utilisation de la biomasse a progressivement diminué dans les zones urbaines par rapport au total. Le kérosène a remplacé la biomasse dans les foyers djiboutiens, et les énergies renouvelables représentent des quantités négligeables d'énergie consommée dans l'ensemble du pays. Toutefois, de meilleures données sont nécessaires pour améliorer l'évaluation de la contribution de la biomasse au bouquet énergétique global. La majorité du pays étant semi-désertique, le potentiel de Djibouti pour la production d'énergie à grande échelle à partir de la biomasse devrait être d'une faisabilité limitée puisque les déchets de bois et les résidus agricoles font défaut. Cependant, aucune évaluation formelle n'a encore été faite dans le pays. L'utilisation prédominante des ressources traditionnelles de la biomasse à des fins domestiques est inefficace et potentiellement nuisible, en particulier l'utilisation domestique du charbon de bois et du bois de chauffage. La Banque Mondiale a fait des recommandations au gouvernement de Djibouti pour promouvoir l'utilisation du GPL en bouteille comme alternative, ce qui améliorera également l'efficacité énergétique des foyers.

3.2.1.2. L'énergie hydraulique

Djibouti ne dispose pas de sources d'énergie hydroélectrique propres. Le pays importe son énergie de la production hydroélectrique de l'Ethiopie par le biais d'une ligne de transmission électrique de 150MW (Republic of Djibouti, 2015). Avant 2011, 100% de l'énergie de Djibouti était produite par des centrales thermiques au fuel lourd et au diesel. Depuis cette année, cependant, environ 65% de l'électricité de Djibouti est fournie par une ligne d'interconnexion de 150 MW en provenance d'Ethiopie. La production locale d'électricité, qui représente aujourd'hui environ 35% de l'approvisionnement énergétique, continue d'être assurée par des centrales thermiques locales au fuel lourd et au diesel, avec une capacité totale de production d'électricité de 126 MW, répartie entre quatre centrales : Boulaos (108,2 MW), Marabout (14,4 MW), Tadjoura (2,2 MW) et Obock (1,2 MW), selon une étude de marché de Djibouti pour 2013 réalisée par le Partenariat Afrique-UE pour l'énergie. La vision de Djibouti pour 2035, mentionne l'amélioration de l'accès à l'énergie et la sécurité énergétique comme un axe stratégique principal et envisage une transition du secteur de l'électricité de 100% d'énergie thermique fossile en 2010 à 100% d'énergie renouvelable en 2020. (Singh, Nouhou, & Sokona, 2015). La demande provient essentiellement de la ville de Djibouti et elle augmente à un rythme de 5 % par an. Selon les prévisions, la demande énergétique maximale pour 2025 sera de 810 GWh/an.

3.2.1.3. Pétrole et gaz

Djibouti n'a pas de réserves pétrolières ni de capacité de raffinage à ce jour. Djibouti dépend entièrement des importations de combustibles fossiles et d'électricité pour satisfaire ses besoins énergétiques et, par conséquent, reste exposé aux fluctuations des prix du pétrole. La **Error! Reference source not found.** figure 8 montre l'approvisionnement total en énergie primaire entre 2000-2010 du pétrole par rapport à la bioénergie.



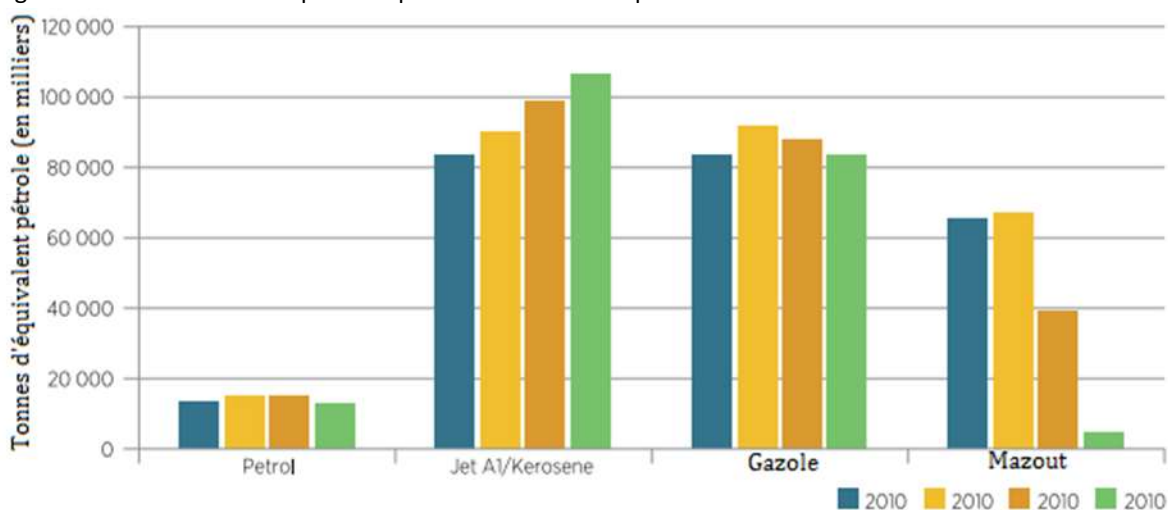
Source: IRENA, based on data from United Nations Statistics Division (excludes electricity trade)

Figure 272828: Approvisionnement total en énergie primaire de 2000 à 2010

Source : (Singh, Nouhou, & Sokona, 2015)

La consommation de produits pétroliers est en hausse depuis 2005, en particulier le diesel et le kérosène (**Error! Reference source not found.**figure-9). Cette hausse de la consommation est due à une demande accrue des secteurs des transports et des ménages. En 2012, Djibouti a importé près de 390 000 tonnes d'équivalent pétrole. La consommation de fuel a diminué depuis 2011 grâce à l'interconnexion avec l'Ethiopie.

Figure 8. Consommation de produits pétroliers dans le temps



Source: GoD SIDH (2014)

Figure 2930: Consommation de produits pétroliers dans le temps

Source : (Singh, Nouhou, & Sokona, 2015)

Il n'y a actuellement aucune donnée disponible sur le biogaz à Djibouti ou sur les industries qui utilisent cette ressource. Selon un rapport de Djibouti de 2015, la production d'électricité à partir des déchets ménagers a un potentiel de 10MW. Cependant, cette évaluation a été considérée comme non prioritaire par le gouvernement car aucun fonds n'était disponible pour financer les projets de biogaz et une étude plus approfondie était nécessaire pour évaluer la viabilité.

3.2.1.4. GPL et kérosène

Les combustibles propres pour la cuisine sont le Biogaz, le Gaz liquéfié, l'électricité et le gaz naturel (BLEN). Le kérosène continue d'être une source clé d'énergie thermique dans les ménages djiboutiens et a connu une tendance à la hausse par rapport à l'utilisation de la biomasse au cours des dernières années. Selon le classement de la Banque Mondiale de 2016, le kérosène (World Bank, 2020) En 2016, seuls 11,5 % de la population totale de Djibouti avaient accès à des combustibles de cuisson propres.

3.2.1.5. Solaire, éolienne et géothermique

Solaire : Djibouti a un potentiel élevé d'énergie solaire en raison de ses saisons de haute température qui fournissent un rayonnement horizontal global (RHG) de 4,5-7,3 kWh par mètre carré par jour (m²/j). Djibouti s'était fixé comme objectif d'atteindre une électrification de 30 % de la population rurale par le solaire photovoltaïque d'ici 2017. Un parc solaire d'une superficie de 5200 m² mis en place par le gouvernement japonais en 2012 a produit 508MWh pour l'année entière. Le site de la centrale solaire se trouve au *Centre d'Etudes et de Recherche de Djibouti (CERD)*. Le surplus d'énergie est alimenté à la Compagnie d'électricité de Djibouti (*Electricité de Djibouti -EdD*). Le parc solaire compte 1440 panneaux solaires (Hassan Daher, Gaillard, Ménéz, & Amara, 2015) qui ont une puissance combinée de 304 watts crête (Wp)(Ibid). Le watt crête est la puissance maximale d'un panneau solaire dans des conditions idéales. Le gouvernement prévoit également d'installer trois autres centrales solaires à Petit Bara, Ali Sabieh et Goubet. La mise en service de ces centrales devrait avoir lieu en 2025. Ces trois centrales solaires devraient fournir une production combinée de 250 MW d'électricité photovoltaïque (Republic of Djibouti, 2015). Le pays vise à mettre en place d'autres centrales solaires qui serviront à dessaler l'eau de mer pour un usage domestique et industriel.

Eolienne : des études menées dans les années 1980 ont indiqué que la vitesse moyenne du vent à travers Djibouti culmine à 4 m/s, ce qui indique un potentiel modéré pour l'énergie éolienne. Le potentiel d'énergie éolienne à Djibouti est de 390MW. Djibouti prévoit d'installer un parc éolien terrestre avec une production électrique de 60MW (Republic of Djibouti, 2015). Le site du parc éolien proposé sera à Goubet. Les centrales électriques devraient être mises en service en 2025 (Republic of Djibouti, 2015). D'autres endroits ont été identifiés pour la construction de parcs éoliens dans le pays :

- Ali Sabieh
- Bada wein
- Egralyta
- Djibouti ville

Géothermie : L'exploration géothermique des champs de Djibouti a commencé dans les années 1970 dans la zone du rift d'Assal (Singh, Nouhou, & Sokona, 2015). En raison de l'inefficacité des centrales thermiques du pays. Sur les 120MW installés, le pays ne produit que 67MW d'électricité (The World Bank, 2017; Republic of Djibouti, 2015). Le potentiel exploitable de l'énergie géothermique du pays est de 330 à 650 mégawatts d'électricité (MWe), c'est-à-dire la puissance électrique pouvant être produite par une centrale. Les sites ayant un potentiel géothermique à Djibouti et pour lesquels des forages exploratoires ont déjà été réalisés sont (Republic of Djibouti, 2015):

- Le lac Asal
- NorthGoubhet
- Lac Abhe
- Obock
- SakalolAlol
- Gaggadé
- Hanlé
- Artà

Aucun de ces sites géothermiques n'a été développé, mais la littérature disponible la plus récente indique qu'un financement de 24,73 millions de dollars pour le développement du site géothermique du lac Asal a été accordé au gouvernement de Djibouti en 2018 (Africa Energy Portal, 2020). En outre, le gouvernement prévoit de construire une centrale de 30 MW sur le lac Asal (UNEP, 2017).

3.2.1.6. Autres sources d'énergie

L'énergie marémotrice : Blue shark energy, une entreprise française, prévoit de construire une ferme marémotrice de 120MW au large des côtes de Djibouti. Cette ferme exploitera les raz de marée au large des côtes pour produire de l'électricité.

3.2.2. Demande d'énergie par secteurs économiques

Les données sur l'approvisionnement en énergie primaire de la Commission de l'énergie pour l'Afrique ne sont pas disponibles, mais les données sur la consommation totale d'énergie montrent que Djibouti dépend fortement du pétrole et de la biomasse (biocarburants et déchets) ([Error! Reference source not found. Figure 10](#)). Les secteurs économiques de Djibouti, en particulier le transport et les ménages, dépendent des produits pétroliers importés ([Error! Reference source not found. Figure 11](#)).

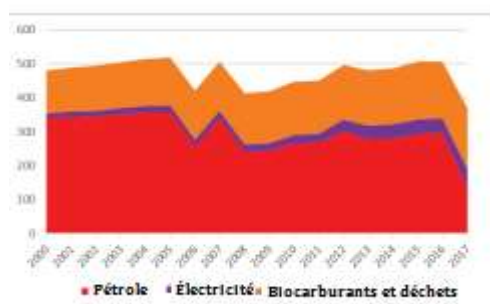


Figure 313032: Consommation totale d'énergie finale en Ktep

Source : ?

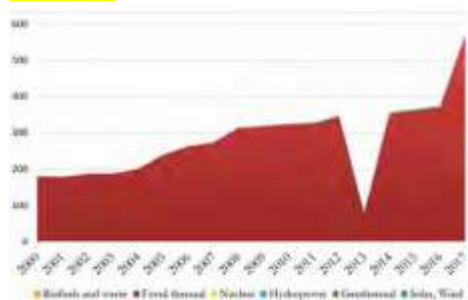


Figure 333134: Production et consommation d'électricité en GWh

Source : ?

Tableau 3131: Consommation d'énergie par source et par secteur en 2017

Milliers de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep)										
2017	Pétrole brut ^a	Produits pétroliers ^a	Charbon ^a	Gaz naturel ^a	Nucléaire	Hydro	Solaire/ Géother/ Solaire	Biocarburant / Déchet	Electricité	Total
APPROVISIONNEMENT PRINCIPAL	Production	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.02	249.85	-	249.87
	Imports	0.00	157.14	0.00	0.00	-	-	0.00	43.70	200.84
	Exports (-)	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	Int. Marin Bunkers (-)	-	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Int. Aviation Bunkers (-)	-	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	ΔStock (+dewe, - build)	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00
	TPES ^b	0.00	157.14	0.00	0.00	0.00	0.02	249.85	43.70	450.71
	Transferts	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Difference statistique	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.51	-47.68	37.64
	Transformation	0.00	-15.81	0.00	0.00	0.00	-0.02	-144.41	48.98	-111.26
TRANSFORMATION	Producteurs d'électricité	0.00	-15.81	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	48.98	33.15
	Raffineries de pétrole	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
	Usine à charbon	-	-	-	-	-	-	-144.41	-	-144.41
	Gaz - à - Liquide	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00
	Gaz - à - Liquide	0.00	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00
	Hauts fourneaux	-	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00
	Autres transformations	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	-	0.00
	Usage propre	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	Pertes	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	TFC	0.00	141.34	0.00	0.00	-	-	180.75	50.00	372.09
CONSOLIDATION FINALE	Industrie	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	10.35	10.35
	Transport	-	126.35	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	126.35
	Ménages	-	14.99	0.00	0.00	-	-	146.56	23.30	184.65
	Com. & Public	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	34.39	11.98	46.37
	Agriculture/sylviculture	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00
	Autres (non spécifiées)	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	4.39	4.39
	Consommation non énergétique	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00

Source : ?

3.2.3. Les principaux secteurs économiques et leurs demandes énergétiques

3.2.3.1. Secteur de l'agriculture

Le secteur primaire (agriculture et pêche) contribue à environ 3 % du PIB. Les estimations annuelles indiquent un taux de croissance de 7,7 % pour l'année 2020 (World Bank, 2019). Une pluviosité peu fiable et moins de 4 % de terres arables limitent la production agricole à de petites quantités de fruits et légumes, et la plupart des denrées alimentaires doivent être importées. La contribution de l'agriculture au PIB national devrait passer de 3,7 % en 2012 à 4,1 % en 2022 et à 5 % du PIB d'ici 2035, selon les plans du gouvernement énoncés dans le document stratégique "Djibouti Vision 2035". Le secteur est actuellement constitué de petites parcelles et de techniques d'agriculture de subsistance - ce qui n'est peut-être pas une surprise étant donné le climat aride. Le gouvernement espère augmenter la quantité de produits cultivés localement et de fruits de mer, mais aussi établir des unités de production agro-industrielles pour ajouter de la valeur à la production, en vue d'une exportation vers les pays du Golfe. En raison de la production agricole limitée, la demande énergétique du secteur agricole est donc faible.

3.2.3.2. Exploitation minière

Les principales ressources naturelles de Djibouti comprennent le sel, le pétrole, l'or, l'argile, le marbre, la pierre ponce, le gypse et la diatomite. Situé à 155 m sous le niveau de la mer, le lac Assal est censé posséder les plus grandes réserves de sel inexplorées au monde, totalisant environ 100 Mt. Une enquête nationale sur les ressources minérales du pays en 2015 a révélé de nouveaux gisements de grès, de calcaire et de pierres ornementales à Ali Sabieh, dans le sud ; de calcaire corallien, d'argile et de pierre ponce à Tadjourah ; et de sable d'ilménite, de calcaire corallien et de pierres ornementales à Obock, dans le nord. Ces minéraux et roches industriels sont nécessaires au développement de secteurs tels que la construction, les travaux publics, l'agriculture et l'industrie céramique. La première exploitation aurifère du pays, située près du port de Djibouti, a un potentiel énorme. Actuellement, l'exploitation minière représente entre 1 et 3 % du PIB de Djibouti, selon les estimations de la Banque Mondiale (BM) et de la Banque Africaine de Développement (BAD). Les efforts du gouvernement pour améliorer l'environnement des investissements miniers font partie d'un effort concentré pour diversifier l'économie et améliorer le climat d'investissement en général - un élément central de la stratégie Vision 2035 de Djibouti pour le développement économique et la croissance inclusive. L'exploitation minière a donc un énorme potentiel de demande d'énergie à Djibouti et les demandes d'évaluation énergétique permettraient de mieux comprendre l'ampleur de l'énergie nécessaire à cet important secteur.

3.2.3.3. Forêts

Djibouti possède très peu de ressources forestières. La superficie forestière de Djibouti ne représente que 0,3 % de la superficie totale du pays (Butler, 2016). La base de données statistiques sur l'alimentation et l'agriculture (FAOSTAT) estime à 56 km², la superficie totale des forêts du pays (FAO, 2019). Comme le pays ne possède pas de plantations industrielles et que les forêts naturelles ne sont pas destinées à l'exploitation, la demande énergétique en produits du bois doit être justifiée par d'autres sources.

3.2.3.4. Industrie

Le secteur industriel et manufacturier représente 17 % du PIB. Il y a actuellement un peu plus de 30 entreprises manufacturières formelles, à grande échelle et commerciales, qui opèrent dans le pays. Ces entreprises sont largement axées sur le marché intérieur plutôt que sur l'exportation, un certain nombre d'entre elles opérant dans les segments des matériaux de construction, des boissons et des eaux minérales, du gaz industriel et de la production de plastique et de papier. Un élément central de la stratégie de développement économique Vision 2035 du gouvernement de Djibouti consiste à faciliter la croissance industrielle dans le pays. La courbe de croissance de la demande énergétique du secteur industriel devrait augmenter dans un avenir proche, en particulier de la part des industries agroalimentaires, du transport maritime et de la transformation.

3.2.3.5. Transport

La structure de l'économie est dominée par le secteur des services - transports, communications, commerce et tourisme. Ceux-ci contribuent à plus de 80 % du PIB de Djibouti et emploient environ 60 % de la population active (FMI, 2013). Le transport et les services logistiques connexes restent l'épine dorsale de l'économie. Le gouvernement a lancé un programme visant à accroître l'activité portuaire en 2012 en construisant deux ports ainsi que des corridors routiers. Une grande partie de ce programme est destinée à répondre aux besoins de l'économie éthiopienne en pleine croissance. La construction du port de Doraleh, qui devrait porter la capacité annuelle de manutention de fret du port à 10 millions de tonnes d'ici 2022. La voie ferrée Addis-Abeba-Djibouti, longue de 759 km, premier système ferroviaire inter-pays entièrement électrique d'Afrique, achevée en 2017 et inaugurée en 2018, est une infrastructure de transport majeure à Djibouti. La capacité totale du chemin de fer est de 24,9 millions de tonnes de fret par an, bien que le transport actuel soit d'environ 5 millions de tonnes. Cependant, le transport devrait passer à 6 millions de tonnes d'ici 2023. En attendant, le développement du secteur aérien est également en cours. Le transporteur national, Air Djibouti, a été relancé en 2015 et il existe deux nouveaux aéroports, l'aéroport international Ahmed Dini Ahmed près de l'archipel de Sept-Frères, et l'aéroport international Hassan Gouled-Aptidon à Bicidley. Ces deux aéroports devraient permettre de multiplier

par huit la capacité de transport aérien du pays, qui est actuellement de 900 000 passagers. Les investissements dans les infrastructures portuaires ont contribué à l'augmentation enregistrée de l'activité commerciale à Djibouti en 2019, ce qui devrait accroître la demande en énergie du secteur industriel à Djibouti.

3.2.4. Secteur à fort potentiel de bioénergie

Comme le Burundi, les secteurs industriel et minier de Djibouti ont le plus grand potentiel d'utilisation de la bioénergie. La croissance de ces secteurs est actuellement stimulée par le développement des infrastructures. Le secteur industriel, par exemple, restera également fort à mesure que l'industrie manufacturière naissante de substitution aux importations (principalement la transformation des aliments et les matériaux de construction) se développera. Les estimations annuelles indiquent un taux de croissance de 7,7 % pour l'année 2020 (Banque Mondiale, 2019).

Conclusions et recommandations

Il n'y a pas de bioénergie qui puisse être dérivée de la biomasse forestière puisqu'il n'y a pas de forêts exploitées à des fins commerciales à Djibouti. Il n'y a pas non plus de déchets agricoles puisque la plupart des cultures sont destinées à la consommation, et que peu ou pas du tout sont cultivées comme matières premières pour la production de bioénergie. Cependant, il existe un potentiel d'utilisation de *Prosopis Juliflora*, une espèce envahissante pour la bioénergie qui peut être transformée en briquettes ou utilisée comme matière première pour la production d'électricité. L'arbre *Prosopis Juliflora* a été utilisé avec succès comme matière première dans des usines de production d'énergie en Inde et Cummins Cogeneration Kenya Ltd a tenté de faire de même au Kenya en 2014. Dans le cas du Kenya, cela n'a pas réussi parce que l'espèce *Prosopis* de la région avait beaucoup d'humidité et était donc incompatible avec la technologie de gazéification qui aurait été utilisée pour produire la biomasse.

Afrique de l'Ouest

4.1. Bénin

4.1.1. Ressources énergétiques

Le graphique ci-dessous montre clairement que le Bénin produit très peu d'énergie sur son sol. La production totale d'énergie primaire en 2017 est largement dominée par la biomasse, principalement le bois-énergie. Bien que produisant de l'hydroélectricité et disposant de centrales solaires photovoltaïques, la part de ces deux formes d'énergies renouvelables est marginale dans le bilan de la production totale d'énergie primaire.

Les données du graphique proviennent principalement du Système d'Information sur l'Energie (SIE) de la République du Bénin pour 2017. La seule information manquante dans le SIE concerne la production hydroélectrique sur le territoire national¹⁰ et a été tirée du bilan de l'AFREC (2019).¹¹ Cette production est très faible, puisqu'elle ne concerne que le barrage de Yéripao, avec 0,5 kW installé dans le pays.

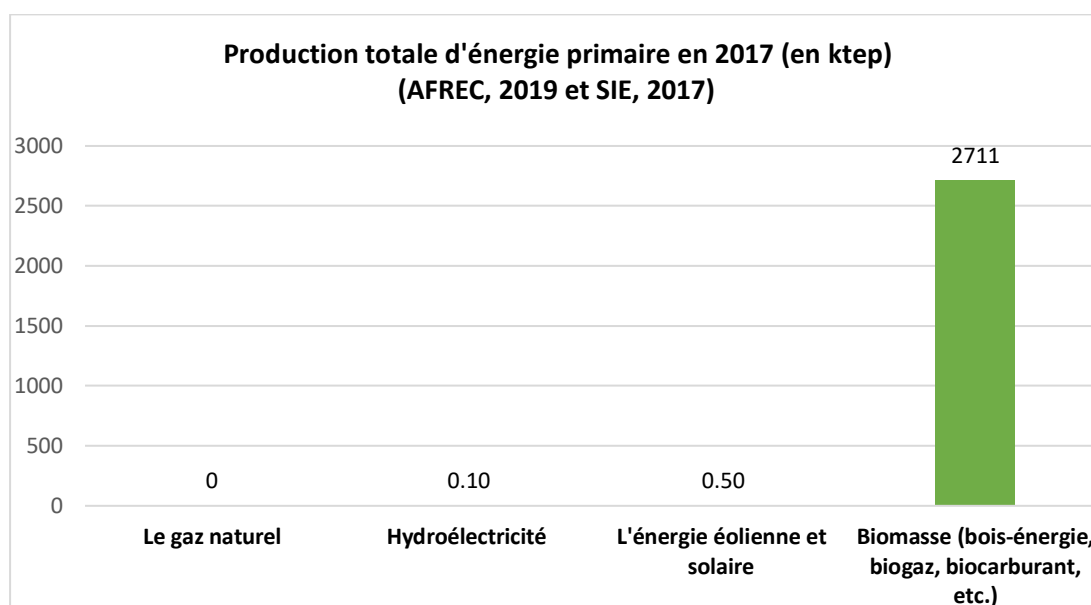


Figure 3532: Production totale d'énergie primaire en 2017 au Bénin (en ktep)

Source : (AFREC, 2019)

Les données du graphique ci-dessous proviennent à nouveau principalement de l'SIE 2017, avec l'ajout de la production d'hydroélectricité de l'AFREC (2019).

Selon ce graphique, le Bénin importe presque autant de produits pétroliers que de biomasse. Il montre également que le pays importe 87 ktep d'électricité. Tout le gaz naturel importé (50 ktep) ainsi que 40 ktep de produits pétroliers sont transformés en électricité. Ensemble, ces deux combustibles fossiles produisent 28 ktep d'électricité, soit 24 % du total (centrales électriques et autoproduiteurs, voir [Error! Reference source not found. figure 33](#)).

¹⁰ Puisque la production hydroélectrique donnée dans la DIE inclut la production du barrage de Nangbéto au Togo dans le cadre de la CEB (voir [Error! Reference source not found. 2-1-1-2](#)).

¹¹ Les données de ces deux rapports se chevauchent largement. Il y a cependant quelques différences : par exemple, le SIE fait état de 64 ktep de consommation d'énergie industrielle, l'AFREC de 45,88. Une erreur a également été constatée : L'AFREC a comptabilisé l'importation de gaz naturel comme production propre dans son bilan.

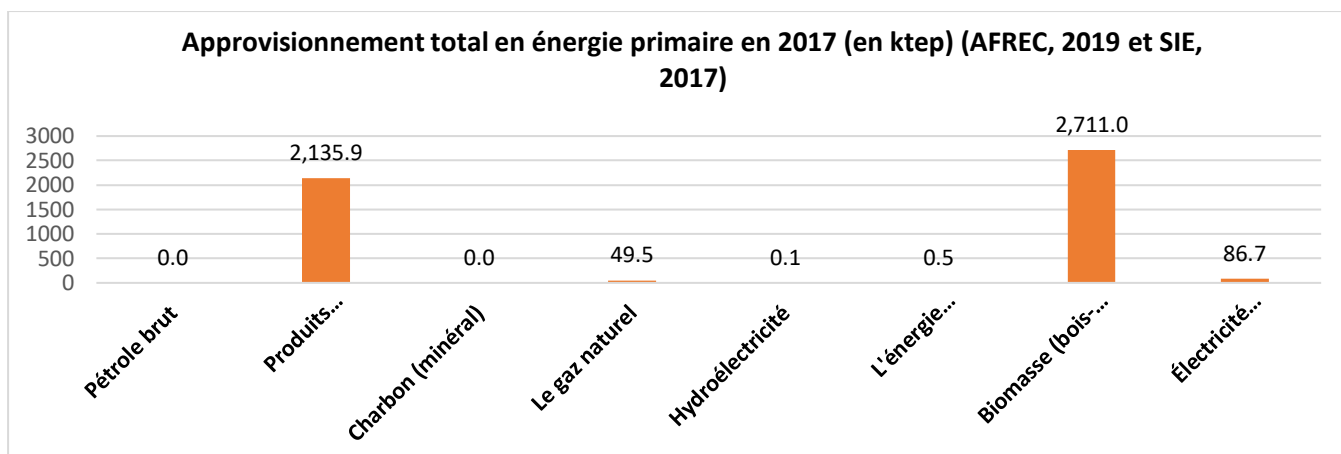


Figure 363337:- Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Bénin (en Ktep)

Source : (AFREC, 2019) (SIE Bénin, 2017)

Particularité du Bénin : Réseau électrique bi-étatique Bénin-Togo et forte dépendance extérieure

Avec le Togo, le Bénin forme la Communauté Électrique du Bénin (CEB), un organisme bi-étatique dont le siège est à Lomé (Togo). La CEB permet de mettre en commun les ressources énergétiques, à savoir le barrage hydroélectrique de Nangbéto au Togo et deux turbines à gaz de 20 MW chacune, l'une située au Bénin et l'autre au Togo. La production de ces installations est partagée à 50-50 entre le Togo et le Bénin. C'est également la CEB qui importe l'électricité pour les deux pays.

En 2017, 70% de l'électricité distribuée au Bénin était importée par la CEB (56% du Nigeria, 10% du Ghana et 4% de la Côte d'Ivoire). Depuis 2019 et l'inauguration de la centrale électrique Maria Gleta II, l'électricité importée est tombée à environ 50% de la consommation nationale. Cette électricité provient du Ghana, le Bénin ne s'approvisionnant plus en électricité au Nigeria (Benin Government, 2019).

16% de l'électricité est produite par des centrales thermiques, y compris les turbines à gaz de la CEB. Les 7 % d'hydroélectricité de la figure 1 sont produits presque exclusivement par le barrage de Nangbéto au Togo (65,6 MW). Le Bénin dispose d'un barrage à Yéripao, mais celui-ci n'a qu'une capacité installée de 0,5 MW¹². L'autoproduction est entièrement basée sur la production de produits pétroliers¹³.

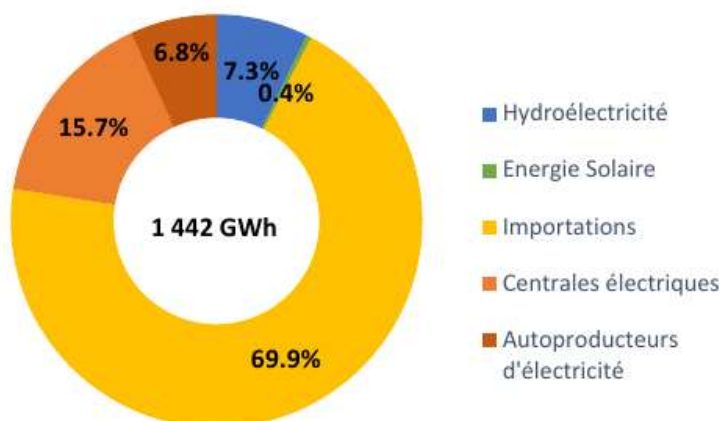


Figure 3834:- Structure de l'approvisionnement en électricité au Bénin en 2017. Source : (SIE Bénin, 2017)

4.1.1.1. Biomasse¹⁴

¹² Communication personnelle de l'auteur avec M. Salim CHITOU, responsable du SIE à la Direction Générale des Ressources Énergétiques du Bénin.

¹³ Ibid.

¹⁴ Cette partie est tirée du rapport du résultat 2 pour le Bénin de cette étude.

Une étude réalisée dans le cadre du projet Bois de Feu (phase II) (Bois de Feu II, 2007) a considéré que 90% de la production de biomasse au Bénin (hors plantations) est potentiellement utilisable comme bois de chauffage. La production annuelle de bois de chauffage en 2007 a été estimée à 5 700 000 tonnes (8 134 460 m³). Cette valeur n'est pas très éloignée de celle du rapport EIE 2015 de la Direction Générale de l'Energie de la République du Bénin. Ce rapport estime que la quantité totale de bois de chauffage récoltée dans la forêt s'élève à 7 125 996,4 tonnes (équivalent à 2 711 ktep). Cette productivité est déterminée sur la base de valeurs de 5 tonnes/ha pour les forêts denses, 1,2 tonnes/ha pour les forêts claires et les savanes boisées et 0,6 tonnes/ha pour les savanes boisées, pondérées par le pourcentage représenté par chaque type de formation forestière selon les estimations de la CENATEL des superficies de formation forestière en 1998 (ce qui donne une productivité forestière moyenne de 0,81 tonnes/ha).

La totalité du bois-énergie du Bénin est utilisée pour répondre aux besoins thermiques de la population (cuisson, chauffage de l'eau) et de la petite industrie. Certains industriels utilisent également la biomasse résiduelle, qu'ils produisent eux-mêmes ou qu'ils récupèrent auprès d'industriels tiers, pour répondre à leurs besoins en énergie thermique. Nous avons à notre disposition les informations suivantes :

- La cimenterie de Nocibé (il y a 4 cimenteries au Bénin) achète les résidus des agro-industries, notamment les coques de noix de cajou, pour alimenter ses foyers.
- Les usines pétrolières SHB et Fludor (huile de coton) utilisent une partie de leurs déchets à des fins énergétiques.
- Les usines de transformation des noix de cajou utilisent une partie (environ 15 %) de leurs coques de noix de cajou comme combustible pour leurs chaudières.

L'étude du PDEHR (2017) cite également les feuilles de palmier à huile, les tiges de coton et les balles de riz comme biomasse potentiellement génératrice d'énergie. La mobilisation de ces ressources soulève des questions. Alors que les balles de riz sont déjà fréquemment utilisées comme litière dans les élevages de volaille, les tiges de coton sont laissées sur le champ puis brûlées, tandis que les feuilles de palmier sont laissées au pied des palmiers dans le cas des plantations paysannes, et brûlées dans le cas des plantations industrielles. La collecte de cette biomasse doit être organisée afin d'envisager une valorisation de la biomasse.

Enfin, il existe des initiatives récentes visant à convertir la biomasse agricole résiduelle en électricité (pour les unités de transformation de la noix de cajou notamment). Toutefois, ces projets n'ont pas encore pris forme et se trouvent à différents stades de mise en œuvre.

4.1.1.2. L'énergie hydraulique

Potentiel théorique de l'hydroélectricité des fleuves au Bénin	
Pico/micro/mini PHE	5 MW
Petit PHE	90 MW
Moyen/grand PHE	239 MW
Aucun potentiel attractif	415 MW
Ensemble des cours d'eau du pays	749 MW
Potentiel théorique attrayant pour les pico/micro/mini, petits ou moyens/grands PHE	334 MW

Dans le cadre de la CEB, le pays bénéficie d'environ 50 % de l'électricité produite par le barrage hydroélectrique de Nangbéto au Togo. Il a une capacité installée de 65,6 MW. Le Bénin dispose d'une centrale hydroélectrique à Yéripao, mais celle-ci n'a qu'une capacité installée de 0,5 MW. En 2017, l'offre cumulée de ces deux barrages atteint 7% de la consommation finale d'électricité, soit 101 GWh (9 ktep, contre les 0,1 ktep que le barrage de Yéripao aurait produit à lui seul en 2017 selon l'AFREC). (AFREC, 2017).

Tableau 3232: Potentiel de production d'hydroélectricité

Le tableau suivant résume le potentiel de production d'hydroélectricité au Bénin, tel qu'il est estimé par le Plan directeur d'électrification hors réseau (PDEHR, 2017).Source : (PDEHR, 2017)

4.1.1.3. Solaire

Alors que la DIE pour 2015 ne mentionnait pas l'énergie solaire, la DIE pour 2017 fait état de 0,4 % de l'électricité produite par l'énergie solaire (6 GWh).

Le document du plan directeur d'électrification hors réseau (PDEHR, 2017) indique que l'énergie solaire photovoltaïque est au cœur des politiques d'électrification hors réseau (OGE). Il mentionne qu'en 2017, 35 % des localités du Bénin avaient fait l'objet d'un projet de DSE, dont une partie n'a fait qu'électrifier des centres communautaires (écoles, centres de santé, etc.), sans déployer le service aux populations". En détail :

- 2 % (83) des localités avaient des mini-réseaux et une centrale électrique 100 % PV.
- 3 % (101) des localités recevaient des kits PV individuels
- 1 % (30) des localités bénéficiaient de kits photovoltaïques communautaires.

77 microcentrales solaires (d'une capacité d'environ 50 kW chacune) ont été construites au Bénin pour alimenter des sites hors réseau. Seules 4 (financées par l'UEMOA) sont maintenant connectées, car les contrats de gestion des centrales n'ont pas encore été attribués pour les 73 autres (financées par le gouvernement). L'énergie solaire indiquée dans le DIE 2017 tient également compte des économies de consommation d'électricité pour l'éclairage public induites par l'installation de lampadaires solaires.

Le PDEHR (2017) estime le potentiel solaire pour la production d'électricité au Bénin en fonction des régions du pays :

- Nord : 1560 kWh/kWp installés par an
- Part centrale : 1460 kWh/kWp installés par an
- Sud : 1400 kWh/kWc installés par an dans les zones humides.

4.1.1.4. Pétrole et dérivés

Le Bénin importe 100% des hydrocarbures qu'il consomme. La situation du pays est marquée par l'importation informelle d'essence et de diesel du Nigeria, où les produits pétroliers, fortement subventionnés, sont beaucoup moins chers. En 2017, les importations non contrôlées ont été estimées à 56% de l'approvisionnement total en hydrocarbures (SIE, 2017).

75% de cet approvisionnement en hydrocarbures concerne l'essence et le diesel. Le reste est constitué de 14% de paraffine, 7% de fioul (gazole lourd) et 3% de gaz butane.

4.1.2. Les secteurs économiques clés selon le CND

Le secteur des transports est le principal consommateur d'énergie du pays (49 % du total), suivi par le secteur des ménages (40 %). Le secteur commercial et le secteur des services publics représentent 9 % du total. L'industrie représente 2 %. Seuls 0,3 % sont consommés par l'agriculture et la sylviculture.

La biomasse (4254 ktep/an au total) est principalement utilisée à des fins domestiques (1559 ktep/an ou 83% de ce total). 17% de la biomasse restante est consommée par le secteur commercial et les services publics (311 ktep/an). 1 % de la biomasse est consommée par le secteur industriel (32 ktep/an).

Les produits pétroliers sont principalement consommés dans le secteur des transports (2015 ktep/an). Ils sont consommés dans tous les autres secteurs, mais dans des proportions relativement négligeables : 32 ktep par l'industrie, 32 ktep par les ménages, 13 ktep par l'agriculture et la sylviculture et enfin 4 ktep par le commerce et les services publics.

La consommation d'électricité est très similaire à celle des secteurs du commerce et des services publics, des ménages et de l'industrie (43, 32 et 22 ktep respectivement). L'agriculture et la sylviculture consomment 1 ktep.

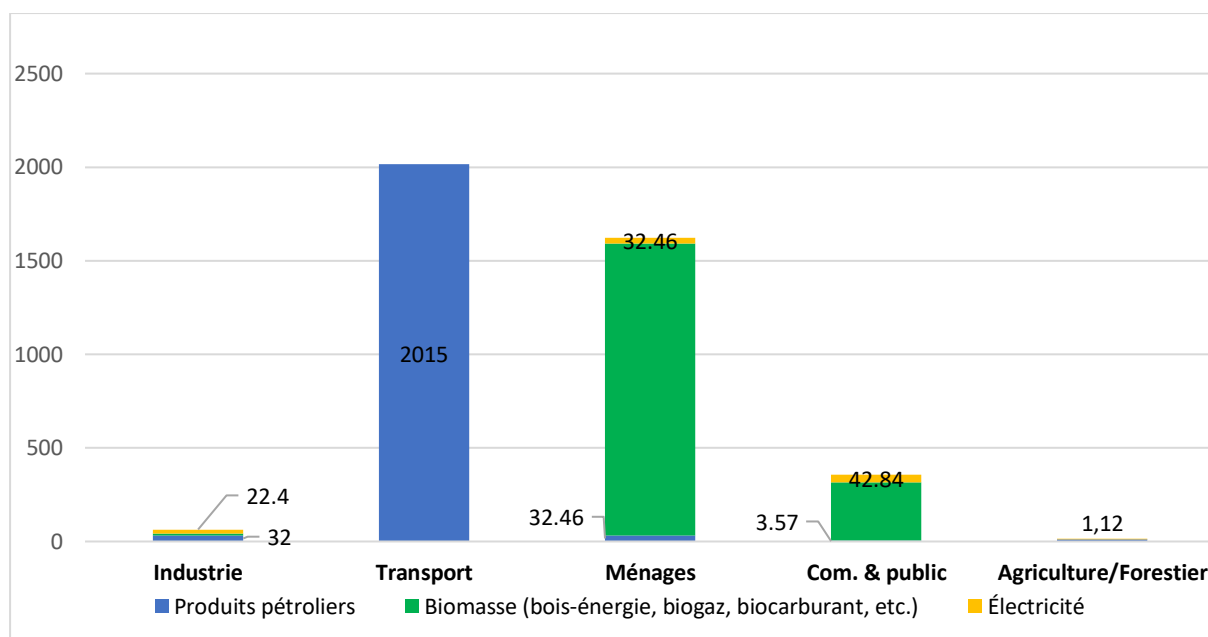


Figure 393640: Consommation finale par secteur en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.1.2.1. Industrie

Demande d'énergie : En 2017, la consommation d'énergie de l'industrie était de 64 ktep, soit moins de 2 % de la consommation finale totale, ce qui reflète la faiblesse du tissu industriel du pays.

Les deux formes d'énergie principalement consommées par l'industrie sont l'électricité (35%) et le coke de pétrole (32%, utilisé dans les industries du ciment). La part de l'énergie de la biomasse dans la consommation industrielle est également très importante, représentant près de 15% de la consommation totale d'énergie finale ([Error! Reference source not found. figure 36](#), voir section [Error! Reference source not found. 2.1.2](#) ci-dessus).

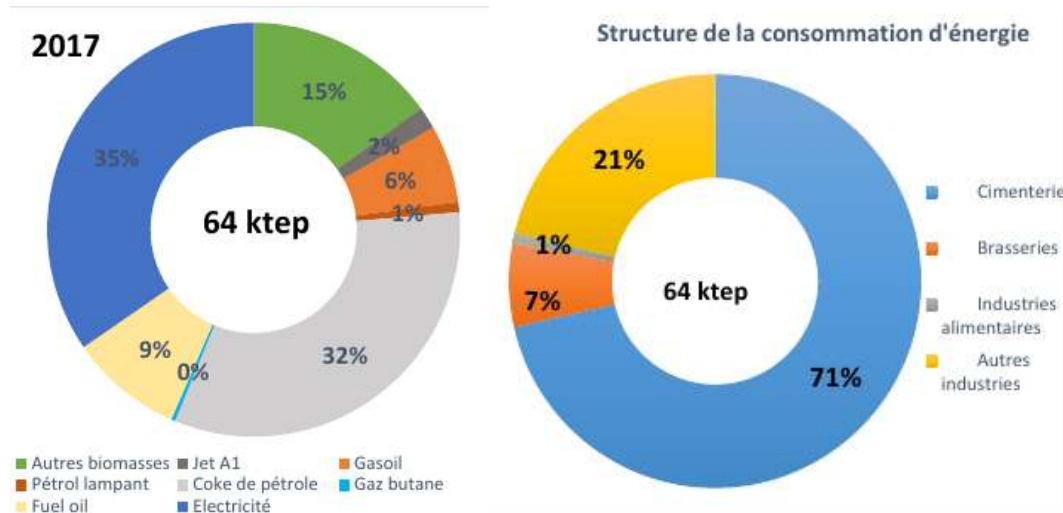


Figure 4137: Structure de la consommation d'énergie dans le secteur industriel en 2017 (SIE Bénin, 2017)

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : Comme indiqué, le coke de pétrole (charbon minéral) est principalement utilisé à des fins thermiques. Mais les résidus agricoles peuvent également être utilisés. C'est notamment le cas des coques de noix de cajou. Certains transformateurs de noix de cajou au Bénin vendent déjà leurs noix de cajou (pour des sommes très modestes) aux cimenteries.

D'autres industries de transformation ont des besoins thermiques : les moulins à huile de coton et les transformateurs de noix de cajou notamment. Les huileries et les transformateurs de noix de cajou utilisent déjà leurs déchets pour satisfaire leurs besoins en énergie thermique ([Error! Reference source not found,figure-6](#)). La part des déchets agro-industriels valorisés pourrait être augmentée par la promotion de technologies appropriées ([Error! Reference source not found,figure-4](#)).

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Les cimenteries du Bénin (il y en a 4 en 2020), ont consommé 71% de l'énergie totale en 2017. Cette énergie se présente sous forme d'électricité et de chaleur. En tant qu'activité consommatrice d'énergie, les cimenteries produisant du clinker ont des besoins importants en chaleur dans leurs foyers. Cela peut expliquer la part de 15 % de l'utilisation de la biomasse. En effet, ces cimenteries sont alimentées en biomasse solide provenant de différentes sources : tiges de maïs, coques de noix de cajou, coques d'arachides, etc., afin d'alimenter leur processus avec une énergie moins coûteuse (par rapport au coke de pétrole ou au fioul, qui seraient les alternatives).

4.1.2.2. Transport

Demande d'énergie : le transport a mobilisé 2015 ktep de produits pétroliers en 2017, à raison de 64% d'essence et 36% de diesel¹⁵. Depuis la fin du transport ferroviaire en 2018, la totalité de cette consommation est destinée au transport routier.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : il n'existe pas aujourd'hui de scénario réaliste permettant d'envisager une contribution de la biomasse forestière au secteur des transports. Cependant, le CNSL (Cashew Nutshell Liquid), l'huile contenue dans les coques de noix de cajou, a été considéré comme une source naturelle de carburant pour l'aviation (similitudes avec la paraffine). Après distillation, on obtient le cardanol, qui est utilisé dans l'industrie chimique comme matière première pour divers polymères et composites.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Il n'y a pas de biocarburants consommés au Bénin.

4.1.2.3. Résidentiel (ménages)

Demande d'énergie : comme ailleurs dans la sous-région ouest-africaine, la grande majorité de la consommation énergétique des ménages béninois se fait sous forme de bois-énergie (figure 3). De manière générale, dans les zones rurales, c'est principalement le bois de chauffage qui est consommé, puisque la ressource est facilement accessible, alors que plus la ville est grande et plus la population est éloignée des zones rurales, plus la consommation de charbon de bois est importante.

D'après les chiffres de l'EIE 2017 présentés à la figure 3, la part relative de la consommation du charbon semble sous-évalué alors que celui du bois de chauffage semble surévalué. En effet, ces données sont basées sur une étude de 2012 (SIEP, 2012). La population des centres urbains a augmenté au cours des 10 dernières années en faveur des zones rurales, et la part du charbon de bois devrait être aujourd'hui plus importante. Si l'on prend les proportions indiquées par l'étude SIEP de 2017, l'énergie fournie par le bois de chauffage au niveau national était environ 4 fois l'équivalent énergétique du charbon de bois. Ensemble, l'énergie provenant du bois représente 93 % de la consommation totale d'énergie finale des ménages. Il faut y ajouter 3 % correspondant à diverses biomasses telles que les coques de noix de coco ou les tiges de maïs qui sont occasionnellement utilisées comme combustible ; et 1 % supplémentaire pour compter la contribution du gaz butane (GPL) au bouquet énergétique des ménages. Au total, 97 % de la consommation d'énergie domestique répond aux besoins en énergie thermique des ménages. Seuls 3 % seraient utilisés pour l'éclairage et d'autres usages divers : par le biais de la paraffine et de l'électricité. La faible participation de la composante électrique dans le bilan énergétique

¹⁵ La paraffine n'est pas comptabilisée dans la consommation intérieure du secteur des transports, car ce produit est consommé par les avions dont la destination est hors des frontières du Bénin. Elle est prise en compte dans la rubrique "soutes aériennes internationales".

des familles est un signe du faible accès à l'électricité dans ce secteur (taux d'électrification national de 29% en 2018).

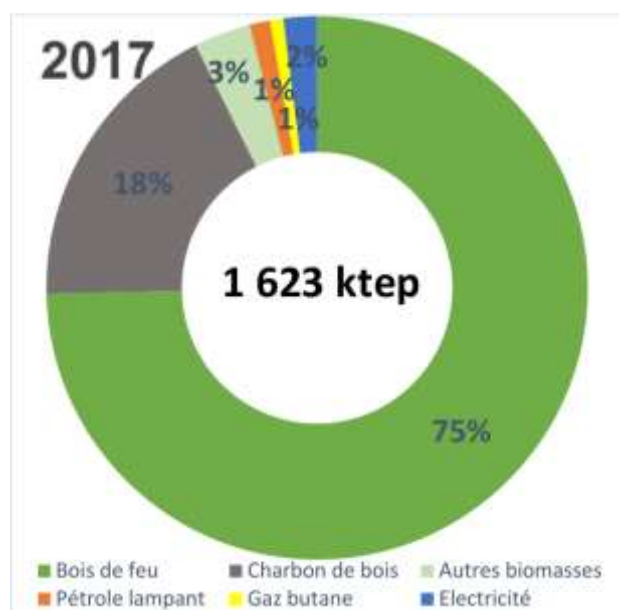


Figure 4238— Consommation d'énergie des ménages en 2017

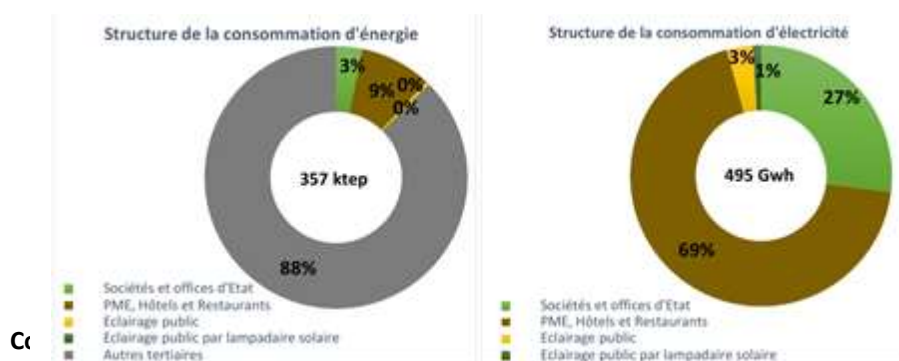
Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Les briquettes de charbon vert (ou charbon propre), produites à partir de la carbonisation des résidus agricoles, pourraient remplacer une partie de la consommation de charbon commercial. Dans le cas de la biomasse forestière, les briquettes peuvent par exemple être produites à partir de coques de noix de cajou carbonisées. D'autres ressources peuvent être utilisées de manière plus systématique, comme les tiges de maïs, par exemple

4.1.2.4. Entreprises et services publics

Demande d'énergie : en 2017, la consommation d'énergie dans le secteur commercial et les services

publics a atteint 357 ktep, dont 68 % de bois de chauffage, 16 % de charbon de bois, 12 % d'électricité, 3 % d'autres biomasses et 1 % de gaz butane (figure 4). La majeure partie de cette énergie est consommée par de petites unités telles que les magasins, les supermarchés, les boulangeries et les petites unités de transformation alimentaire ("autre secteur tertiaire" dans le graphique).

Les restaurants, les cantines scolaires et les boulangeries, par exemple, utilisent le bois de chauffage en raison des grandes quantités d'énergie thermique qu'ils nécessitent. Certains secteurs ont un besoin particulier en charbon, comme la quincaillerie, la teinture ou le nettoyage à sec (fers à repasser). (Espace_réservé29).



produites à partir de la carbonisation des résidus agricoles, pourraient remplacer une partie de la consommation de charbon commercial. Dans le cas de la biomasse forestière, les briquettes peuvent par exemple être produites à partir de coques de noix de cajou carbonisées. D'autres ressources peuvent être utilisées, comme les tiges de maïs, par exemple.

4.1.2.5. Agriculture/Forestier

Demande d'énergie : la consommation dans le secteur agricole et forestier ne représente qu'une partie marginale de la consommation totale d'énergie finale : 14 ktep en 2017, soit 0,3 % du total. 88% de cette énergie est sous forme de diesel, 8% sous forme d'électricité et 4% sous forme de paraffine.

Il convient de noter que à partir de 2017, la consommation des usines d'égrenage de coton a été transférée au secteur agricole, afin de se conformer à la nomenclature INSAE, qui classe désormais ces industries dans ce secteur, puisqu'elles font partie intégrante du processus agricole" (DEI, 2017). Les usines d'égrenage auraient une consommation marginale de diesel par rapport à la consommation du secteur (0,62 ktep pour un total de

13), mais seraient les principaux consommateurs d'électricité parmi les consommateurs répertoriés dans ce bilan (1,02 ktep sur un total de 1,04).

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Le secteur agricole et forestier peut contribuer à rendre le secteur du bois-énergie plus durable grâce à des programmes de reboisement d'espèces à croissance rapide pour le bois-énergie. Jusqu'à présent, les politiques de reforestation au Bénin ont principalement porté sur les espèces utilisées pour le bois d'œuvre (teck et mélina). Cependant, certaines espèces reboisées peuvent également être exploitées pour le bois de chauffage (Eucalyptus, Acacia et Khaya). L'espèce Khaya est une espèce indigène utilisée pour le bois d'énergie.

Conclusions et recommandations

Comme indiqué dans le résultat 2.1, la principale biomasse forestière résiduelle mobilisable au Bénin est celle des coques de noix de cajou, un déchet des usines de transformation. Ce potentiel a été estimé à 17 640 tonnes de noix de cajou (correspondant aux volumes transformés en 2018), soit 1 270 GWh par an, qui pourraient être converties en divers produits énergétiques.

En effet, les coques peuvent être valorisées de la manière suivante :

- Énergie thermique pour alimenter les chaudières sur site (combustion directe avec lavage des gaz ou utilisation de foyers à pyrolyse H2CP développés par Nitidæ¹⁶) ou pour les besoins d'autres industries (cimenteries par exemple, comme cela se fait déjà aujourd'hui).
- Énergie électrique avec les systèmes {unité de gazéification + turbines à gaz/moteurs} ou {chaudière + turbines à vapeur}. La première option est plus rentable pour les unités de moins de 5 MW et est promue par Nitidæ. Un premier projet d'installation d'un système de production d'électricité avec gazéification est en cours au Bénin (projet GAZEL). Un deuxième projet de conversion des résidus de coques en électricité a récemment été développé dans le pays, mais sa mise en œuvre n'a pas encore commencé.
- Charbon : après carbonisation des coques, obtenu soit comme sous-produit d'une opération de pyrolyse ou de gazéification à des fins énergétiques, soit dans un four de carbonisation dédié.

L'énergie thermique et électrique résultant de la valorisation des coques de noix de cajou alimenterait le secteur industriel, et le charbon de bois des coques pourrait être utilisé par les ménages comme substitut au charbon de bois.

Recommandations

Comme indiqué dans le rapport sur le résultat 2.1, en termes d'accès à l'énergie de la biomasse résiduelle, les secteurs les plus prometteurs seraient les noix de cajou et le beurre de karité.

En ce qui concerne les noix de cajou, pour les usines ayant une capacité de traitement suffisante (> 5000 tonnes de noix traitées par an), l'autoproduction d'électricité à partir des coques de noix de cajou peut être une opération très intéressante. Le projet GAZEL dans lequel Nitidæ est impliqué en consortium avec le groupe IED et le CIRAD devrait démontrer sa pertinence. Le pays dispose de deux unités industrielles qui répondent aux exigences minimales de capacité.

Pour les usines de faible capacité (< 5000 tonnes de noix traitées par an), les foyers à pyrolyse H2CP sont indiqués pour réduire la pollution liée à la combustion des coques et améliorer les conditions de travail des ouvriers. Les deux options peuvent être combinées avec la commercialisation de briquettes de biocarburants à partir de charbon résiduel de coques de noix de cajou. Des foyers spécifiquement conçus pour la carbonisation des coques de cajou pourraient également être envisagés, le principal produit recherché serait alors le charbon (avec un rendement de 20 à 25% contre 15% pour les foyers H2CP et 10% pour les unités de gazéification). Des combustibles alternatifs au charbon de bois pourraient alors être mis sur le marché local.

¹⁶ Les foyers H2CP (High Calorific Cashew Pyrolyser), dégradent les coquilles en gaz. C'est alors le gaz et non la noix de cajou brute qui est brûlé dans le four de la chaudière. Cela permet d'éliminer une grande partie de la pollution liée à la combustion directe des coques dans les usines de traitement des noix de cajou. Environ 15% de la masse initiale des coques est récupérée sous forme de charbon.

Dans le cas du karité, le tourteau produit à la fin du processus a un potentiel énergétique intéressant. Il est d'ailleurs couramment utilisé par les transformateurs artisanaux eux-mêmes comme source de combustible. Le principal obstacle à son utilisation par un public plus large est la nature non centralisée de ce déchet. Des solutions adaptées à l'échelle de production de ces déchets pourraient être mises en place, afin de rendre cette biomasse plus accessible aux acheteurs potentiels (ménages, petites entreprises, industrie). En effet, le karité peut être conditionné sous forme de billes ou même de bûches et possède des caractéristiques de combustible très proches du bois.

4.2. Burkina Faso

4.2.1. Ressources énergétiques

Les ressources énergétiques du pays

Le Burkina Faso est un pays enclavé dont les ressources énergétiques sont très limitées. Le pays ne produit ni pétrole et gaz, ni charbon et uranium. Sa principale source d'énergie naturelle est le soleil. En effet, comme la plupart des pays sahéliens, le Burkina Faso bénéficie d'un ensoleillement quotidien moyen de 5,5 kWh/m², ce qui est très favorable au fonctionnement des systèmes solaires (Burkina Faso Government, 2016). Cependant, comme ses voisins, le Burkina Faso, la biomasse est la ressource énergétique la plus utilisée dans le pays. Pendant longtemps, l'hydroélectricité a été la ressource renouvelable la plus exploitée pour produire de l'électricité. Ce n'est que récemment que l'électricité solaire photovoltaïque a dépassé la contribution de l'hydroélectricité. En 2017, l'énergie solaire photovoltaïque avait produit 62 ktep, alors que l'hydroélectricité domestique ne contribuait qu'à hauteur de 11 ktep (**Error! Reference source not found.**figure-9).

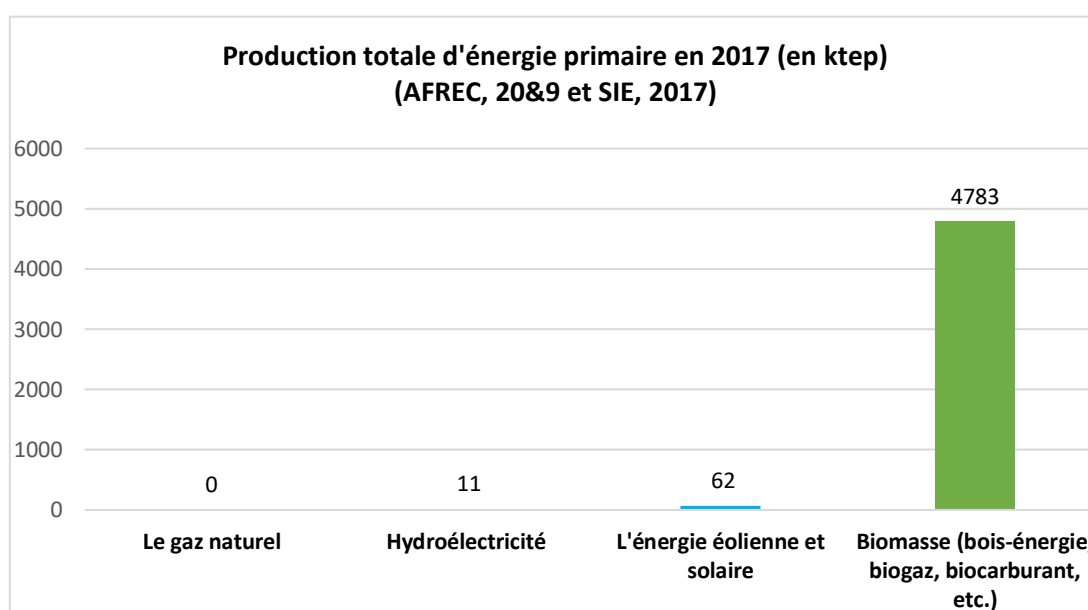


Figure 4440: Production totale d'énergie primaire en 2017 au Burkina Faso (en Ktep)

Source : (AFREC, 2019)

Tableau 3333: Production de ressources énergétiques du Burkina Faso entre 2000 et 2019.

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Production de charbon de bois (kt)	196	404	795	490	884	410	932	984
Production de gaz naturel (TJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité à partir de biocarburants, de déchets (GWh)	6	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité à partir de combustibles fossiles (GWh)	302	390	722	1710	1801	1448	1542	1643
Production d'hydroélectricité (GWh)	98	99	64	93	102	124	136	149
Production d'électricité à partir de l'énergie solaire, éolienne, etc. (GWh)	0	0	5	0	0	725	755	814
Production totale d'électricité (GWh)	406	489	791	1804	1903	2297	2433	2606

Importations de produits pétroliers (ktep)	313	507	889	1046	1110	1549	1656	1170
---	-----	-----	-----	------	------	------	------	------

Source : (AFREC 2019) *projection

Malgré tout, le Burkina Faso est loin d'être un pays souverain en matière d'énergie, et importe une grande partie de son énergie primaire. La [Figure 10](#) montre l'approvisionnement total en énergie primaire, où le Burkina Faso doit se procurer 1328 ktep de produits pétroliers et 56 ktep d'électricité (auprès de ses voisins, la Côte d'Ivoire et le Ghana).

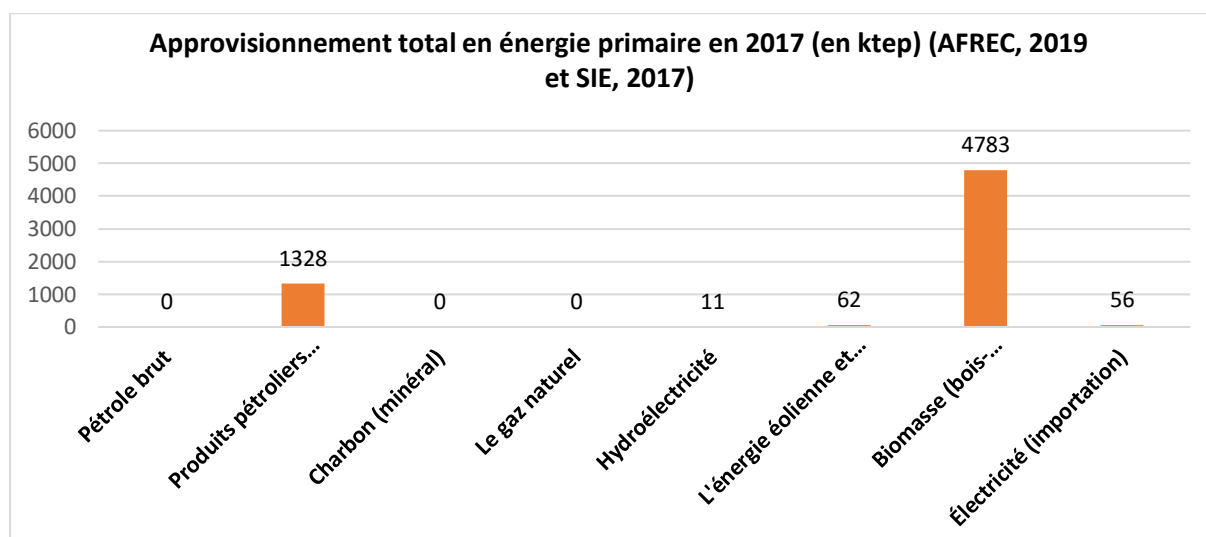


Figure 4541: Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Burkina Faso (en ktep) Source : (AFREC, 2019)

4.2.1.1. Biomasse

La biomasse forestière, qui est une ressource limitée, est principalement utilisée pour la filière bois-énergie. En revanche, la biomasse, notamment agricole, est abondante et fait l'objet d'un intérêt énergétique dans certains domaines. Toutefois, le niveau actuel de valorisation reste modeste compte tenu de la quantité de résidus potentiellement exploitables.

Si le bois et le charbon de bois sont principalement utilisés dans les ménages, les résidus agricoles tels que les balles de riz et la bagasse, les tiges de coton sont également une source intéressante d'énergie potentiellement précieuse. Outre ces résidus, d'autres sont actuellement intéressants pour l'industrie en tant que source d'énergie importante. C'est le cas de la bagasse de la canne à sucre, des noix de cajou ou des coques des graines de coton, qui peuvent être utilisées pour produire de la chaleur ou même de l'électricité. C'est le cas des grandes agro-industries, qui produisent leur énergie électrique pour l'autoconsommation. Une seule unité de cogénération de biomasse est connectée au réseau, l'usine de biogaz du Faso à Ouagadougou. Elle produit du biogaz à partir des déchets de l'abattoir frigorifique de la capitale du Burkina Faso. Le gaz fait tourner un générateur électrique qui exporte vers le réseau, et le circuit de réfrigération retire la chaleur qui est ensuite récupérée par la brasserie voisine.

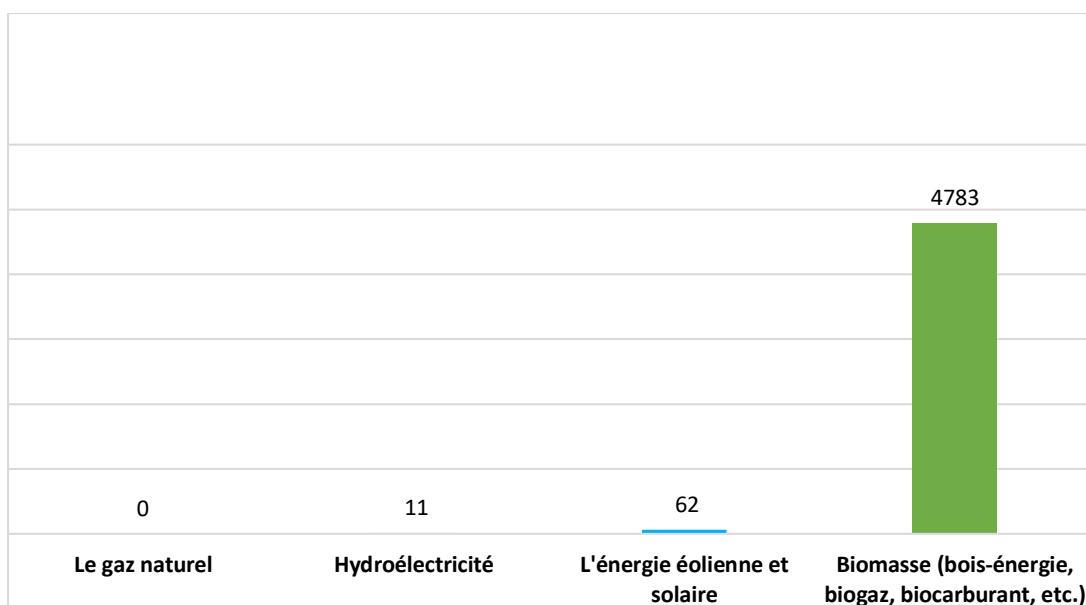


Figure 4642-: Production totale d'énergie primaire en 2017 (en ktep) Source : (SIE, 2017 ; AFREC, 2019)

4.2.1.2. L'énergie hydraulique

La puissance des fleuves du Burkina Faso est exploitée pour la production d'électricité dans les centrales de Bagré (16 MW), Kompienga (14 MW), Niofila (1,5 MW), Tourni (0,5 MW) et Samandéni (2,56 MW).

La puissance hydroélectrique totale (34,56 MW) représente 10 % de la capacité totale installée et la contribution de la production hydroélectrique du réseau national interconnecté (RNI) s'élève en moyenne à 100 GWh par an. Malheureusement, la capacité hydroélectrique garantie pendant la période de pointe ne représente que 38 % de la capacité totale installée.

Tableau 3434-: Production de ressources énergétiques du Burkina Faso entre 2000 et 2019.

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Production de charbon de bois (kt)	196	404	795	490	884	410	932	984
Production de gaz naturel (TJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité à partir de biocarburants, de déchets (GWh)	6	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité à partir de combustibles fossiles (GWh)	302	390	722	1710	1801	1448	1542	1643
Production d'hydroélectricité (GWh)	98	99	64	93	102	124	136	149
Production d'électricité à partir de l'énergie solaire, éolienne, etc. (GWh)	0	0	5	0	0	725	755	814
Production totale d'électricité (GWh)	406	489	791	1804	1903	2297	2433	2606
Importations de produits pétroliers (ktep)	313	507	889	1046	1110	1549	1656	1170

*projection

Source : ((AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.2.1.3. Solaire

Le Burkina Faso dispose d'un important potentiel d'énergie solaire. Le gisement solaire, bien que réparti uniformément dans tout le pays, fournit un ensoleillement quotidien moyen de 5,5 kWh/m², pour 3 000 à 3 500 heures/an. Cependant, cette ressource reste très peu ou pas assez exploitée. La politique incitative d'exonération des droits de douane et de la TVA sur les équipements solaires vise à changer cette tendance et à rendre cette ressource plus attractive économiquement. Néanmoins, il existe un nombre croissant d'installations de kits solaires (individuels ou collectifs), de petites centrales photovoltaïques ou hybrides (couplage photovoltaïque et générateurs).

En 2015, les systèmes solaires autonomes étaient les plus répandus avec une capacité installée d'environ 4 MWp. A partir de 2019, la centrale de Zagtoui sera la première centrale solaire connectée au réseau avec 50 MWc. Depuis lors, plusieurs autres projets de centrales sont en cours de développement et, avec l'inauguration récente d'une usine de fabrication de panneaux solaires, démontrent l'engagement du pays à se transformer en énergie solaire.

4.2.1.4. Pétrole et dérivés

Le Burkina Faso ne dispose ni de gisements ni d'installations de raffinage. Et pour cela, le pays est totalement dépendant des importations. Trois types d'acteurs sont impliqués dans l'importation, le stockage et la distribution des produits pétroliers : l'État qui joue son rôle régalien dans la régulation et la réglementation par le biais des ministères concernés, les organismes publics spécialisés qui soutiennent la mise en œuvre de la politique gouvernementale et les opérateurs privés impliqués dans la commercialisation. Le volume des importations a triplé entre 2005 et 2017.

Tableau 3535-: Production de ressources énergétiques du Burkina Faso entre 2000 et 2019.

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Production de charbon de bois (kt)	196	404	795	490	884	410	932	984
Production de gaz naturel (TJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité à partir de biocarburants, de déchets (GWh)	6	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité à partir de combustibles fossiles (GWh)	302	390	722	1710	1801	1448	1542	1643
Production d'hydroélectricité (GWh)	98	99	64	93	102	124	136	149
Production d'électricité à partir de l'énergie solaire, éolienne, etc. (GWh)	0	0	5	0	0	725	755	814
Production totale d'électricité (GWh)	406	489	791	1804	1903	2297	2433	2606
Importations de produits pétroliers (ktep)	313	507	889	1046	1110	1549	1656	1170

*projection Source : ((AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.2.2. Les secteurs économiques clés selon les CND

Le pays ne consomme ni charbon ni gaz naturel. En revanche, bien qu'il ne produise pas de pétrole, il en consomme. Cette consommation est principalement due au secteur des transports et, dans une moindre

mesure, à la production d'électricité et au secteur industriel, comme le montre la [Error! Reference source not found.figure 12.](#)

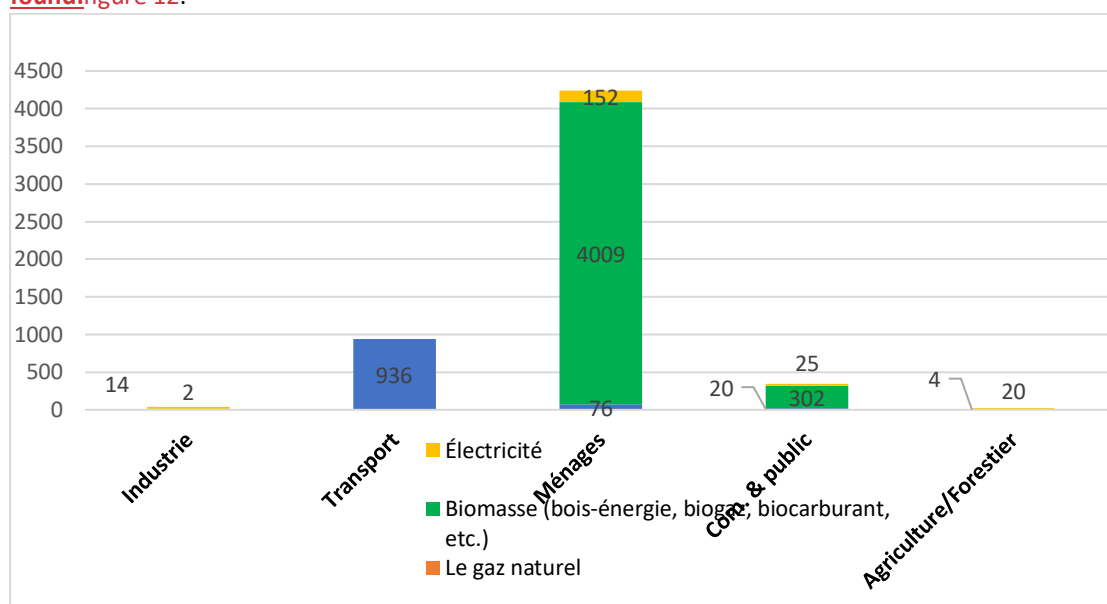


Figure 4743-: Consommation totale d'énergie finale par secteur en 2017 au Burkina Faso (en ktep)
Source : (AFREC, 2019)

4.2.2.1. Industrie

Demande d'énergie : Le [Error! Reference source not found.tableau 5](#) suivant présente la consommation d'énergie dans l'industrie au Burkina Faso.

Tableau 3636-: Évolution de la consommation d'énergie dans le secteur de l'industrie de 2000 à 2019

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Consommation industrielle de pétrole (ktep)	2	4	6	11	11	14	17	20
Consommation industrielle d'électricité (ktep)	12	17	61	38	39	23	24	24

*projection

Source : ((AFREC, 2019)

L'analyse de ce tableau montre que la consommation de pétrole a été multipliée par dix en 15 ans (entre 2005 et 2019). En effet, à partir de 2014, le Burkina Faso commencera à exporter l'or de ses mines industrielles. C'est ce secteur émergent qui est le moteur de la croissance de la consommation de pétrole et de ses dérivés. En produisant leur propre électricité à partir de leurs propres générateurs, les premières mines qui dépendaient initialement (2014) du réseau électrique national ont progressivement acquis leur indépendance vis-à-vis du réseau peu fiable et sous pression. Cependant, la consommation globale de ressources énergétiques reste très faible par rapport à la consommation totale de produits pétroliers du pays (1050 ktep en 2017 contre 14 ktep de consommation industrielle, soit 1,3 % de la consommation finale).

En revanche, la consommation d'électricité dans l'industrie a augmenté de manière significative entre 2005 et 2014 avant de diminuer à partir de 2015. C'est en partie le phénomène que nous venons d'évoquer : le secteur minier a consommé de l'électricité du réseau à ses débuts, et plus récemment, il a décidé de s'approvisionner par ses propres moyens.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : face au problème national de déficit énergétique, le secteur industriel, très dépendant de l'énergie, commence à explorer, voire à exploiter d'autres sources d'énergie. La bioénergie sous forme de résidus agro-industriels attire de plus en plus les industries, en particulier

celles de l'industrie agro-alimentaire, qui peuvent accéder à cette ressource rapidement et à moindre coût. En effet, pour certaines unités industrielles installées dans des zones à fort potentiel agricole ou celles qui transforment des produits agricoles en produits commerciaux, les résidus agricoles représentent des sources d'énergie précieuses. Certaines industries telles que SN SOSUCO et SN CITEC sont déjà actives dans la production de chaleur et d'électricité combinées (cogénération) à partir de l'utilisation quotidienne d'environ 1 200 tonnes de bagasse de canne à sucre et de tourteaux de coton respectivement.

D'autres résidus tels que les coques de noix de cajou ou les tourteaux de karité sont de véritables sources d'énergie qui sont exploitées intensivement dans le secteur industriel, mais uniquement à des fins thermiques pour le moment.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : la biomasse forestière, considérée comme un déchet de la filière bois-énergie, ne peut pas contribuer à ce secteur. Le pays lui-même n'est pas boisé et l'exploitation du bois à des fins énergétiques est largement dominée par la consommation domestique. Bien que l'utilisation du bois par les petites et moyennes industries soit observée sur le terrain, de telles utilisations devraient être interdites ou du moins accompagnées de mesures d'efficacité énergétique afin de minimiser la contribution de ce combustible, actuellement surexploité dans le pays.

D'autre part, la biomasse forestière issue des produits forestiers non ligneux actuellement exploitée au Burkina Faso a un réel potentiel pour contribuer à cette réduction, voire à la disparition de l'utilisation du bois énergie dans la filière. Les deux principaux produits forestiers transformés par l'industrie sont la noix de cajou et le beurre de karité. On estime que le potentiel actuel de déchets de coques de noix de cajou est de 17 200 tonnes/an à l'heure actuelle, avec une prévision d'environ 50 000 tonnes/an d'ici 2030. L'industrie du karité offre également un potentiel intéressant (environ 30 000 tonnes de tourteaux potentiellement récupérables). Toutefois, pour ces derniers, des négociations préalables seront nécessaires pour éliminer ce tourteau, dont une grande quantité est envoyée au Ghana.

La coque de la noix de cajou apparaît comme une source inexploitée de biomasse, largement disponible dans les centres industriels. Certains liens commencent à se développer entre les usines de transformation des noix de cajou et les consommateurs de ces coques à des fins énergétiques (principalement les petites et moyennes industries). Il serait intéressant de s'appuyer sur cette dynamique pour amorcer une véritable transition vers la conversion complète de la coque de la noix de cajou, qui profiterait au secteur industriel en étant une source d'énergie renouvelable.

4.2.2.2. Transport

Demande énergétique du secteur : le tableau suivant montre la consommation d'énergie dans le secteur des transports au Burkina Faso.

Tableau 3737- : Évolution de la consommation d'énergie dans le secteur des transports de 2000 à 2019

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Consommation de pétrole dans les transports (kt)	142	230	403	685	705	992	1027	1067
Consommation d'électricité dans les transports (GWh)	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : ((AFREC, 2019)*projections

Le tableau montre que la consommation d'énergie dans les transports est entièrement dominée par le pétrole. Le pays n'est donc pas encore à l'ère des véhicules électriques.

Le secteur ferroviaire ne fonctionne pas non plus à l'électricité, mais aux combustibles fossiles. Les énergies conventionnelles dominent donc entièrement ce secteur.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : aucune contribution de l'énergie de la biomasse au secteur des transports n'a été identifiée.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : la bioénergie peut contribuer à réduire la dépendance à l'égard des énergies conventionnelles. À cette fin, la voie de la bioénergie qui peut être explorée est celle des biocarburants. En effet, dans le cadre de l'initiative "Énergie durable pour tous" (SE4ALL), deux options ont été retenues dans le plan d'action sur les biocarburants : la production de bioéthanol permettant l'utilisation de carburant E10 (10% d'incorporation dans l'essence) et la production d'huile végétale à incorporer dans le diesel jusqu'à 30%. (Gouvernement Burkina Faso, 2015).

4.2.2.3. Résidentiel (ménages)

Demande énergétique du secteur : la consommation énergétique des ménages au Burkina Faso, comme dans la plupart des pays subsahariens, est encore dominée par le bois-énergie. Environ 90% des ménages utilisent le bois comme principale source d'énergie selon un rapport de 2015. Selon ce rapport, les données statistiques validées existantes remontent à 2002 avec une consommation estimée à 4.280.941 tonnes de bois de chauffage et 217.137 tonnes de charbon de bois. Toutefois, le rapport indique qu'une extrapolation du taux de croissance de la consommation de charbon de bois (5,4 %/an) a donné les valeurs suivantes en 2012 : 7.243.448 tonnes de bois de chauffage et 367.401 tonnes de charbon de bois. La consommation de charbon de bois représente donc 2 296 254 tonnes de bois en 2012, en tenant compte des rendements moyens de carbonisation estimés à 16 %, soit environ 6 kg de bois pour 1 kg de charbon de bois.

Mais comme le montre le **Error! Reference source not found.** tableau 37, la tendance générale de la production de charbon de bois est à la hausse.

Depuis 2009, un important programme de construction de biodigesteurs a été mis en œuvre par le Programme national de biodigesteurs avec un objectif de 100 000 unités d'ici 2030. Selon ce programme, 13 000 biodigesteurs ont été construits pour les ménages dans tout le pays. Les bénéficiaires de ce programme sont les familles ayant un à plusieurs têtes de bétail. Un scénario réaliste de 38.000 unités de biodigesteurs d'ici 2030 aurait été adopté (PNB, 2020).

Cependant, la promotion du gaz butane (GPL) est une action prioritaire dans la promotion des combustibles alternatifs modernes pour la cuisine. Le gaz butane, dont la consommation totale reste marginale, est néanmoins en constante augmentation. En 2002, le gaz butane représentait moins de 1 % du bilan énergétique du pays. (MEPRED, 2008). Mais avec les dérogations de l'État pour encourager son utilisation, ce taux est passé à 1,4 %. Ce sont les ménages urbains qui utilisent le plus cette ressource.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : la biomasse représente 96 % de l'énergie finale consommée dans le secteur résidentiel. Il s'agit principalement de bois de chauffage, de charbon de bois et, dans une moindre mesure, d'autres biomasses (bouse de vache, coques d'arachide, balles de riz, etc.), principalement utilisées pour la cuisson.

Bien que peu répandu au niveau national, il convient de noter que le biogaz, produit à partir de bouses de vache ou de déchets d'abattoirs, fournit également de l'énergie pour la cuisine à quelques milliers de ménages (biodigesteurs domestiques produits dans le cadre du Programme national de biogaz), ainsi que de l'électricité à l'usine de biogaz du Faso.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : il a été constaté lors des travaux menés dans le cadre du résultat 2.1 que l'exploitation de la biomasse forestière au sens strict ne laisse que peu de résidus à partir desquels une chaîne de valeur aurait un sens. Ainsi, la principale possibilité pour l'utilisation énergétique durable de la biomasse forestière, y compris les résidus de produits forestiers non ligneux, serait la création de programmes visant à les intégrer dans l'offre commerciale de biocarburants (frais ou carbonisés).

La biomasse agricole (non forestière) doit également être prise en compte car le potentiel est encore inexploité.

4.2.2.4. Entreprises et services publics

Demande énergétique du secteur : la consommation dans le secteur commercial au Burkina Faso est dominée par le bois-énergie, notamment pour le chauffage et la cuisson. Dans les services publics, la consommation d'électricité reste prédominante avec l'utilisation de l'éclairage, de la climatisation, des ascenseurs et la fourniture d'équipements électroniques.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : la biomasse contribue à 87 % de l'énergie finale consommée dans ce secteur. Il s'agit principalement de bois de chauffage et de charbon de bois utilisés dans les nombreux restaurants et hôtels du pays. Les utilisations professionnelles (repassage, teinture, métallurgie traditionnelle, poterie) ont également besoin de biomasse, ainsi que les activités de transformation agroalimentaire à petite échelle, qui sont souvent confondues avec le secteur des services et donc le groupe commercial (fumage de poisson, fabrication de beurre de karité...).

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Avec un profil de consommation d'énergie assez similaire à celui des ménages, les conclusions qui peuvent être appliquées sont les mêmes que dans la section 2.3 ci-dessus.

4.2.2.5. Agriculture

Demande énergétique du secteur : au Burkina Faso, l'agriculture est encore traditionnelle. Les techniques et les outils de production restent rudimentaires. La mécanisation existe dans certains endroits, mais les équipements motorisés utilisent principalement le pétrole.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : aucune biomasse n'a été identifiée comme étant utilisée dans ce secteur.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : la biomasse n'est pas une source d'énergie qui peut remplacer les ressources énergétiques actuellement utilisées en agriculture : l'électricité et les combustibles fossiles, car ces derniers fournissent le plus souvent de l'énergie mécanique (tracteurs, pompage, etc.).

D'autre part, c'est le secteur qui produit la plus grande quantité de biomasse (tiges de céréales, coques, épis, tombolas, etc.). Cette biomasse issue des résidus agricoles constitue un important potentiel bioénergétique non exploité.

Conclusions et recommandations

De ce qui précède, on peut constater que le pays manque de ressources énergétiques conventionnelles (pétrole, gaz, charbon, etc.). En revanche, il dispose d'une biomasse abondante provenant de l'agriculture et de l'industrie agroalimentaire (coques de noix de cajou, karité, mangue, coton, déchets de riz, etc.) Aujourd'hui, certaines industries fonctionnent à 100 % avec leur propre biomasse pour leurs besoins énergétiques, ce qui est déjà louable. Mais des efforts restent à faire pour encourager toutes les industries à s'orienter dans cette direction. Et pour ce faire, une meilleure organisation des acteurs pourrait faciliter l'approvisionnement en biomasse de ceux qui n'en disposent pas localement, afin que le secteur industriel soit autosuffisant en énergie, ne serait-ce que pour la production de vapeur. Car actuellement, l'industrie consomme encore du bois de chauffage (bien que cette ressource n'ait pas été identifiée), alors que dans la plupart des cas, ce bois peut être remplacé par des déchets de biomasse agro-industrielle.

Comme mentionné ci-dessus, le secteur agricole a un potentiel élevé de résidus pouvant être utilisés pour la bioénergie. Le véritable problème est la dispersion de cette biomasse sur le terrain et souvent loin des zones d'utilisation comme les villes. Aussi, le problème du stockage de cette biomasse potentiellement précieuse reste un défi, auquel il faut ajouter la mentalité des populations qui pensent immédiatement à la vendre dès que leurs résidus deviennent une source de convoitise.

Comme indiqué dans le rapport sur le résultat 2.1, en termes d'accès à l'énergie de la biomasse résiduelle, les secteurs les plus prometteurs seraient les noix de cajou et le beurre de karité.

En ce qui concerne les noix de cajou, pour les usines ayant une capacité de transformation suffisante (> 5000 tonnes de noix transformées par an), l'autoproduction d'électricité à partir des coques de noix de cajou peut

être envisagée. Le pays dispose d'au moins une unité industrielle qui répond aux exigences minimales de capacité et qui est intéressée par cette option en vue de devenir une usine pleinement durable.

Compte tenu de la proximité relative des différentes unités de transformation de la noix de cajou au Burkina Faso (la plupart sont situées le long d'un axe de 100 km de long), il serait envisageable de mettre en place un système de centralisation des coques de noix de cajou sur un seul site, pour leur transformation énergétique. La méthode de conversion peut prendre plusieurs formes :

- Extraction de l'huile de la coque puis valorisation des deux matériaux (huile et ferraille) séparément.
- Récupération d'énergie sans séparation,
- Comme combustible direct dans les utilisations industrielles (et en utilisant le foyer à pyrolyse h2cp).
- Dans la carbonisation puis le briquetage, pour être utilisé dans le secteur résidentiel et commercial.

Il est intéressant de noter que le Burkina Faso est un pionnier dans la transformation de la coque de la noix de cajou au moyen de foyers à pyrolyse, et il a été démontré que plusieurs secteurs industriels autres que celui de la noix de cajou peuvent bénéficier de cette technologie et ainsi éliminer la consommation de combustibles traditionnels ou de bois de chauffage. C'est le cas de plusieurs usines d'huile de coton, qui utilisent des coques de noix de cajou, ou des unités de séchage de mangues.

4.3. Côte d'Ivoire

4.3.1. Ressources énergétiques

La Côte d'Ivoire, un pays d'Afrique de l'Ouest riche en ressources, connaît depuis 2010 des années de croissance économique remarquable. Sur le plan énergétique, le gouvernement s'est fixé comme objectif d'atteindre une électrification nationale de 95% d'ici 2020 et de 98% d'ici 2030, avec une part d'énergies renouvelables dans le mix de production de 42% de l'énergie électrique d'ici 2030 (dont 26% d'hydroélectricité), et 57% de la capacité installée du parc.

La production totale d'énergie primaire en Côte d'Ivoire était d'environ 11 000 ktep en 2017. 65% de cette énergie est constituée de biomasse, notamment de bois énergie (bois de chauffage et charbon de bois). La Côte d'Ivoire est un pays producteur de pétrole et de gaz naturel, avec *respectivement 1648 et 1881 ktep (16 et 18 % de l'offre totale)*. Le pays produit également de l'hydroélectricité (2050 GWh, soit 1,7 %).

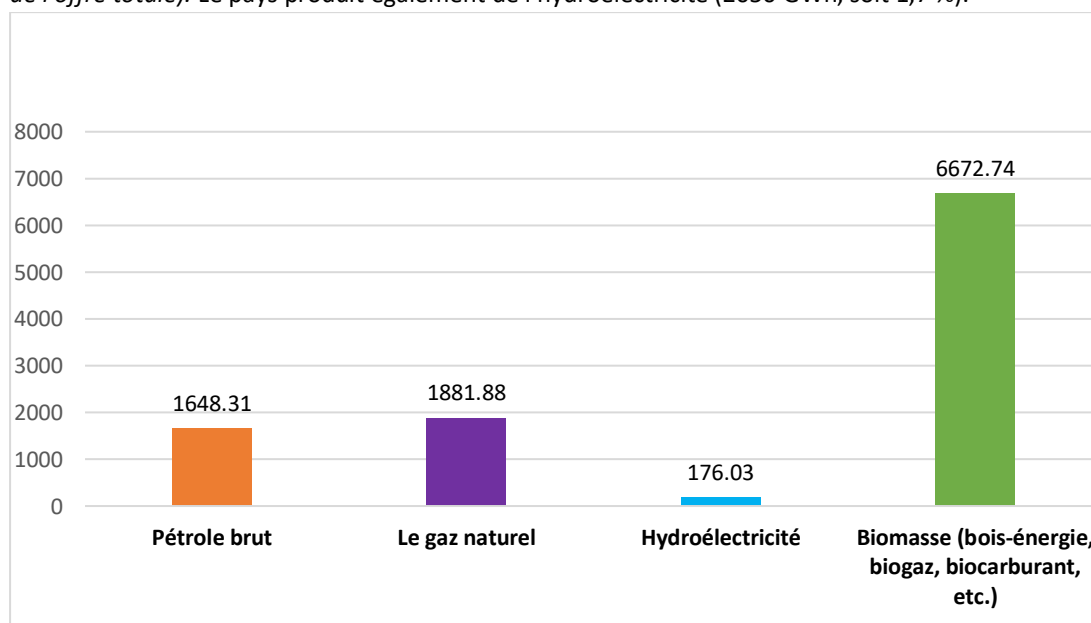


Figure 4844- Production totale d'énergie primaire en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.3.1.1. Biomasse

En 2017, le pays a produit 19.000 kt de bois de chauffage contre 1.500 kt de charbon de bois. Les résidus agricoles et agro-industriels représentent l'autre gisement de biomasse du pays, un gisement particulièrement intéressant pour le secteur industriel et la production d'électricité. Le Plan d'action national pour les énergies renouvelables ((CEDEAO / République Côte d'Ivoire, 2016) estime le potentiel national de biomasse à plus de 12.000.000 t/an. Selon le rapport du BEFS-RA (FAO, 2018) qui annonce des volumes du même ordre de grandeur, les déchets végétaux¹⁷ entrent dans les catégories suivantes :

- Résidus agricoles potentiellement disponibles auprès des industries de transformation : environ 2 000 000 de tonnes
- Résidus agricoles dans les champs : environ 11 500 000 tonnes (dont environ 1 500 000 t/an de déchets de cacao)
- Résidus d'exploitation forestière dans les parcelles d'exploitation : environ 400 000 t/an
- Résidus de la transformation du bois (sciure, dalles et copeaux) : environ 130 000 t/an

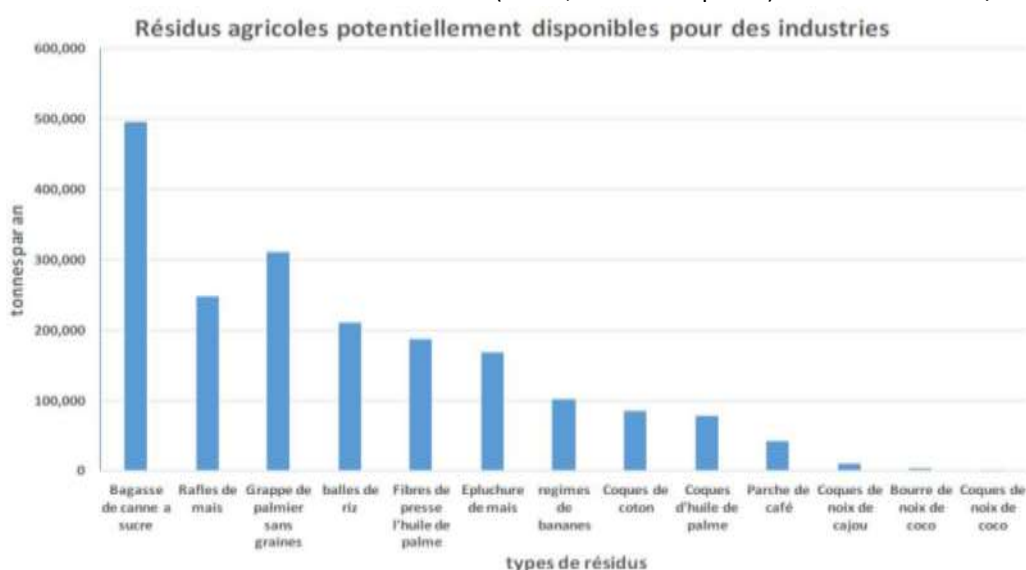


Figure 4945—: Répartition des résidus agricoles potentiellement disponibles auprès des unités de transformation locales.

Source : (FAO, 2016)

¹⁷ Excluant donc les déchets produits par les secteurs de l'élevage, également répertoriés dans le BAFS-RA.

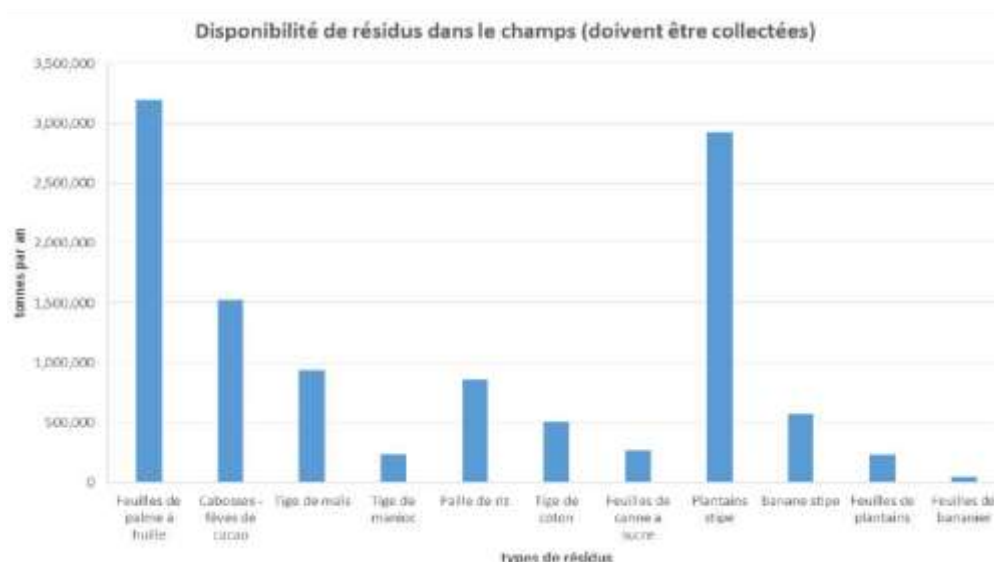


Figure 5046-: Répartition des résidus agricoles potentiellement disponibles dans les parcelles de production agricole.

Source : (FAO, 2016)

Il existe plusieurs centrales de production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) à partir de la biomasse. Il s'agit des usines Sucrivoire (bagasse) et Sania (huile de palme). Ces centrales sont gérées pour l'autoconsommation par les industriels, qui utilisent leurs déchets. En 2017, 46 ktep de biomasse étaient utilisés pour la production d'électricité.

Au moins cinq autres projets sont en cours de réalisation, tous visant à être connectés au réseau électrique. Les puissances varient de 1 à 123 MW, ce qui porte le total prévu à 241 MW. Toutes ces centrales seront mises en service au plus tôt en 2023. Toutes les centrales électriques sont basées sur les ressources en biomasse des principaux secteurs agricoles de la Côte d'Ivoire : cacao, caoutchouc, palmier, coton et noix de cajou (les trois premières pouvant être considérées comme des ressources forestières).

La stratégie énergétique de la Côte d'Ivoire est ambitieuse en ce qui concerne l'utilisation de la bioénergie comme source d'électricité. Elle a été annoncée en 2016 (PANER, 2016) : 225 MW de capacité installée de biomasse pour 2020, une capacité pouvant atteindre 485 MW jusqu'en 2030. La capacité installée sur le réseau en biomasse devrait donc légèrement dépasser la capacité en solaire photovoltaïque.

4.3.1.2. Hydroélectricité

L'hydroélectricité est une priorité en Côte d'Ivoire dans la promotion des énergies renouvelables. Le pays entend porter la part de la moyenne et grande hydraulique à 26% du mix énergétique d'ici 2030. L'objectif est que la petite hydroélectricité atteigne 16% du mix énergétique à la même date. Le potentiel national de production hydroélectrique est estimé à 1680 MW (PANER, 2016). Pour l'instant, en 2017, l'hydroélectricité a contribué à 9,5% des ressources investies dans la production d'électricité du pays.

4.3.1.3. Solaire

La durée d'ensoleillement varie entre 2 000 et 2 700 heures par an selon les régions du pays (le nord du pays est plus ensoleillé que le sud, qui a un climat humide). L'ensoleillement annuel moyen sur un plan horizontal est estimé à 5,25 kWh/m²/jour. (PANER, 2016).

Cependant, le solaire n'est pas la ressource renouvelable privilégiée pour l'accès à l'électricité étant donné son caractère intermittent, et l'inadéquation entre le profil d'irradiation solaire et le profil de charge de la Côte d'Ivoire (qui a une charge de pointe le soir) ne favorise pas un développement massif du solaire PV. Cependant, le PANRE note que la biomasse et le solaire photovoltaïque ont l'avantage de pouvoir être déployés de manière

décentralisée, notamment dans le nord du pays, et permettront ainsi de répondre à la demande d'électricité au niveau local et d'éviter des pertes importantes sur le réseau de transport. En effet, 6 projets IPP dans le domaine du photovoltaïque solaire ont été approuvés à ce jour, pour une mise en œuvre dans la moitié nord du pays. Là encore, les objectifs du NAPER 2016 sont légèrement en retard, car le pays prévoyait une capacité installée de 25 MW en 2020 et une augmentation à 424 MWp d'ici 2030. Cependant, la première centrale solaire connectée au réseau, 37,5 MW, est attendue en 2021 ((PANER, 2016).

4.3.1.4. Le gaz naturel

Le pays consomme la totalité de sa production de gaz naturel pour la production d'électricité. La production d'électricité à partir de gaz naturel a atteint 515 ktep en 2017. Le rendement est donc de 32%. La Côte d'Ivoire n'importe pas de gaz naturel.

4.3.1.5. Pétrole

La Côte d'Ivoire est un producteur de pétrole, avec une production de 1648 ktep en 2017. Cependant, en 2017, le pays a exporté pratiquement la même quantité (1500 ktep) et importé deux fois plus (3000 ktep). Cela perpétue sa dépendance à l'égard des prix du pétrole.

Seuls 2,30 ktep de produits pétroliers sont brûlés dans les centrales thermiques. Les 3150 ktep restants sont raffinés pour l'exportation (1240 ktep) et pour la consommation intérieure, à l'exclusion de la production d'électricité. 335 ktep de produits pétroliers raffinés sont également importés pour les besoins de la même consommation nationale hors production d'électricité.

4.3.2. Les secteurs économiques clés selon les CND

Une petite partie des produits pétroliers sortant des raffineries ivoiriennes, correspondant à 157 ktep de produits pétroliers, est consommée dans divers secteurs pour des usages non énergétiques, tels que le secteur manufacturier (peintures, revêtements de surface, polymères, cosmétiques...).

La source d'énergie prédominante dans la consommation totale d'énergie finale en 2017 (7069 ktep/an) est la biomasse, qui représente 60 % du total. Elle est suivie par la consommation de produits pétroliers, qui représente 31 %. Viennent ensuite l'électricité et le gaz naturel, qui représentent respectivement 8 % et 1 % de la consommation totale. Il est à noter que l'approvisionnement en gaz naturel a été entièrement transformé en électricité : 515 ktep, qui s'ajoutent aux 176 ktep de l'hydroélectricité. Le total de 570 ktep d'électricité est obtenu après soustraction de 180 ktep de pertes.

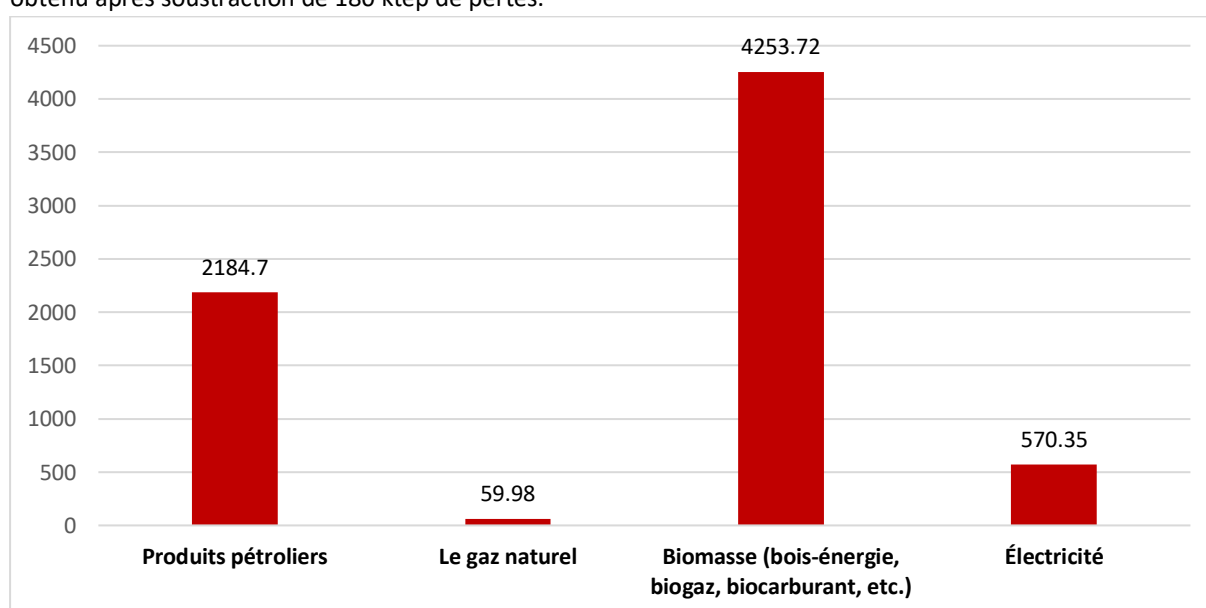


Figure 5147: Consommation totale d'énergie finale en 2017 en Côte d'Ivoire (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)
(AFREC, 2019)

Comme le montre la **Error! Reference source not found.** figure 17 ci-dessous, le secteur des ménages est le principal pôle de consommation d'énergie du pays (60 % du total), suivi par les transports (23 %). Le secteur du commerce et des services publics représente 11 % du total. L'industrie représente 4 %. Enfin, 2 % sont consommés à des fins non énergétiques.

La biomasse (4254 ktep/an au total) est principalement utilisée à des fins domestiques (3754 ktep/an, soit 88% de ce total). Le reste de la biomasse (12 %) est consommé par le secteur commercial et les services publics (790 ktep/an).

Les produits pétroliers sont principalement consommés dans le secteur des transports (1623 ktep/an), dans une moindre mesure par les ménages (294 ktep/an). 157 ktep sont consommés pour des usages non énergétiques, 90 ktep pour le commerce et les services publics et 20 ktep dans l'industrie.

Le gaz naturel, en revanche, est utilisé presque exclusivement dans le secteur industriel (60 ktep/an). Il faut rappeler que la majeure partie du gaz naturel en Côte d'Ivoire est transformée en électricité.

La consommation d'électricité est répartie presque également entre le secteur commercial et le service public, les ménages et l'industrie (respectivement 194, 191 et 183 ktep).

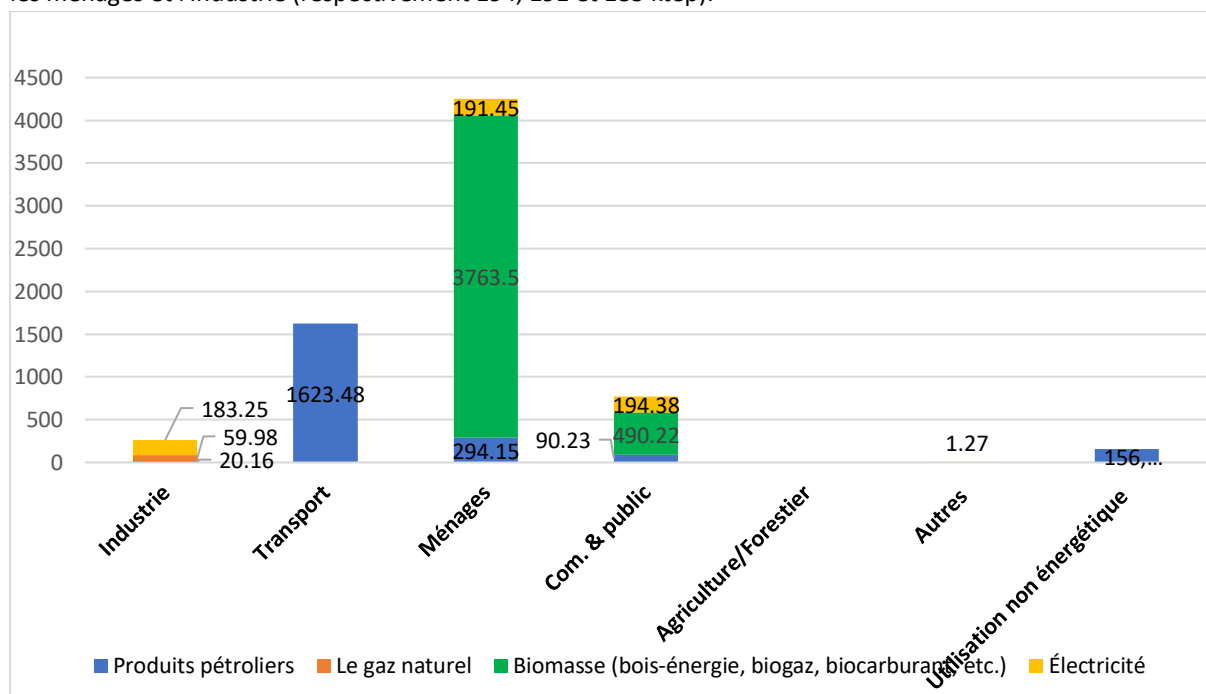


Figure 5248: Consommation finale par secteur en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.3.2.1. Industrie

Demande d'énergie : l'industrie est le quatrième secteur le plus consommateur d'énergie dans le pays, représentant 4 % de la consommation finale d'énergie du pays. Le secteur industriel ivoirien est très centré sur les biens de consommation et plus particulièrement sur l'industrie agroalimentaire : production et raffinage de l'huile de palme (la Côte d'Ivoire est le premier producteur d'Afrique de l'Ouest), broyage et production de pâte de cacao (premier producteur mondial), transformation de la noix de cajou (premier producteur mondial de noix de cajou, et capacités croissantes de transformation). Sans oublier les produits non alimentaires : fabrication de tissus, industrie des matériaux et des polymères, cosmétiques.

Il existe également un secteur minier, mais sa part dans le bilan énergétique n'est pas la plus importante.

Les grandes industries ont des besoins thermiques importants et consomment donc du gaz naturel. C'est le seul secteur du pays à utiliser cette ressource, qui est produite sur place et est également convertie en électricité (comme mentionné ci-dessus). Le reste de la consommation du secteur se ferait sous forme d'électricité.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : La biomasse semble avoir été négligée dans ce bilan, car le secteur industriel utilise la biomasse pour ses propres besoins énergétiques. De plus en plus d'usines adoptent la biomasse pour alimenter leurs chaudières. Cette biomasse provient des restes de cultures, qu'elles soient pérennes ou annuelles : hvéa, palmier, cacao, noix de cajou sont les principales cultures.

Les quelques usines qui produisent leur propre électricité ont été mentionnées dans le bilan au niveau de la ligne de transformation de l'électricité, c'est-à-dire en amont de l'utilisation industrielle, de sorte que la biomasse n'a pas été considérée comme une ressource énergétique finale.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : La tendance est amorcée, mais l'utilisation de la biomasse à des fins industrielles n'est pas encore systématique. La biomasse résiduelle devrait d'abord bénéficier à chacun des secteurs dont elle provient. A commencer par l'industrie du bois, où il serait possible de convertir les déchets générés par les plus grandes scieries en électricité, qui serait autoconsommée pour alimenter les équipements de transformation. Ensuite, les autres secteurs (non seulement le cacao, le palmier, les noix de cajou, mais aussi les brasseries et autres productions non alimentaires) pourraient bénéficier plus systématiquement de ces déchets, principalement à des fins thermiques, en adaptant les chaudières et foyers existants pour utiliser la biomasse, en remplacement du gaz naturel ou des dérivés du pétrole. Certaines usines pourraient également produire leur propre électricité, dans les cas où le gisement de biomasse disponible est suffisamment important (et où la situation actuelle d'accès au réseau est plutôt défavorable).

4.3.2.2. Transport

Demande d'énergie : le transport a mobilisé 1623 ktep de produits pétroliers en 2017. À l'heure actuelle, la bioénergie ne contribue pas à l'approvisionnement énergétique du secteur des transports au niveau national.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : il n'existe pas aujourd'hui de scénario réaliste permettant d'envisager une contribution de la biomasse forestière au secteur des transports. Cependant, le CNSL (liquide de coque de noix de cajou), l'huile contenue dans les coquilles de noix de cajou, a été considéré comme une source naturelle de carburant pour l'aviation (similitudes avec la paraffine). Après distillation, on obtient du cardanol, qui est utilisé comme solvant dans l'industrie chimique.

4.3.2.3. Résidentiel (ménages)

Demande d'énergie : comme ailleurs dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, la grande majorité de la consommation d'énergie des ménages ivoiriens se fait sous forme de bois-énergie (88% de la consommation). 7% des produits pétroliers et 5% de l'électricité complètent la consommation énergétique des ménages ivoiriens. Le pays vise à atteindre un accès à 100% à l'énergie de cuisson moderne d'ici 2030, par la promotion du charbon produit avec des techniques efficaces (16% du charbon produit dans le pays d'ici 2030), et la promotion de foyers améliorés, mais surtout la promotion du gaz butane comme source d'énergie (atteignant 90% de la population d'ici 2030, selon le PNAE). Plusieurs actions de sensibilisation à l'utilisation des foyers améliorés et du gaz butane (GPL) ont été entreprises depuis plusieurs années et continueront à être menées en Côte d'Ivoire.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Comme indiqué ci-dessus, le pays envisage que 16 % du charbon sera finalement produit à l'aide de techniques efficaces, et cela inclut le biochar (ou charbon vert, provenant de la biomasse ou des déchets agricoles). La production de charbon vert et de biogaz figure dans les objectifs du Plan d'action national pour les énergies renouvelables (PANER, 2016). Le charbon vert peut en effet être produit à partir de résidus de l'agriculture dans les forêts, comme ceux des champs de cacao. Les déchets de cacao, qui sont abondants et sous-exploités sous forme de cosse et de vieilles plantes, pourraient contribuer au bilan énergétique sous forme carbonisée et fraîche.

4.3.2.4. Entreprises et services publics

Demande d'énergie : en 2017, la consommation d'énergie dans le secteur du commerce et des services publics a atteint 775 ktep, dont 63 % de biomasse, 25 % d'électricité et 12 % de produits pétroliers. La majeure partie de l'énergie de la biomasse est consommée par les petits et grands magasins, les restaurants, les hôtels, les teintureries, les supermarchés, les boulangeries et les petites unités de transformation alimentaire (production de gari et d'attiéké, fumage de poisson, transformation du beurre de karité, etc.)

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : les mesures proposées pour le secteur des ménages (point [Error! Reference source not found.2-3-2-3](#)) s'appliquent.

4.3.2.5. Agriculture/Foresterie

Demande d'énergie : la demande énergétique du secteur agricole et forestier n'est pas donnée dans les rapports de l'AFREC. Le secteur agricole et forestier, lui-même, a besoin de sources d'énergie pouvant répondre aux besoins de travaux mécaniques (coupe, labourage, pompage de l'eau, transport des intrants et des produits) mais aussi thermiques (chambres froides, séchage pour la conservation). Le fait que ces consommations n'aient pas été enregistrées dans les bilans énergétiques nationaux montre la faible part qu'elles représentent dans le total national. Le deuxième handicap de ce secteur en ce qui concerne la quantification des activités consommatrices d'énergie est son degré d'informalité assez répandu, du moins du côté des producteurs. Ainsi, la consommation d'énergie des acteurs organisés (coopératives, unités d'emballage, unités de sciage, etc.) a été classée dans le secteur industriel.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : sans données disponibles, la part de la bioénergie dans ce secteur n'a pas pu être déterminée. Le cas de la Côte d'Ivoire pourrait être extrapolé à partir de celui du Ghana voisin, qui présente un profil agricole et climatique similaire. Plus des deux tiers de l'énergie finale en Côte d'Ivoire sont dérivés des produits pétroliers, le reste provenant principalement de l'électricité et une petite partie du charbon minéral et du gaz naturel. La bioénergie ne semble pas contribuer au bilan de ce secteur.

Il est certain qu'en tout état de cause, la Côte d'Ivoire n'utilise pas de charbon minéral ou de gaz naturel pour une quelconque activité agricole. Ainsi, ce profil de consommation, dans lequel les dérivés du pétrole sont les plus utilisés, devant l'électricité, peut être maintenu. La bioénergie n'est donc pas une source utilisée par le secteur.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : des politiques de reboisement avec des espèces à croissance rapide (teck en particulier) sont menées. Comme le Ghana voisin, la Côte d'Ivoire est de plus en plus couverte de forêts de teck, un bois apprécié comme combustible, mais aussi un matériau recherché sur le marché international du bois. Ainsi, l'abattage lors de la coupe appliquée aux plantations de teck aboutissent souvent sur le marché du bois de chauffage et sont consommées par le secteur productif (boulangeries et autres) et par les ménages.

Une planification holistique des secteurs agricoles pourrait permettre de trouver des moyens de réaliser des synergies entre plusieurs secteurs, où la biomasse résiduelle des uns pourrait être utilisée par d'autres pour répondre aux besoins en chaleur pour des raisons de conservation des produits (séchage, fumage, pasteurisation). Les pertes après récolte du manioc, de l'igname et des céréales pourraient être réduites en utilisant intelligemment les déchets de bois provenant d'autres secteurs agricoles ou forestiers voisins.

Conclusions et recommandations

Principaux secteurs présentant un potentiel pour la bioénergie

En raison du profil de consommation décrit ci-dessus, les secteurs résidentiel (ménages), commercial et public et le secteur industriel sont d'importants consommateurs de biomasse et/ou de chaleur, et les volumes

consommés ne font qu'augmenter, en raison de l'accroissement de la population, du niveau de vie et de l'industrialisation du pays.

Recommandations

Une forme de biomasse forestière résiduelle qui peut être mobilisée en Côte d'Ivoire et qui est très abondante est celle des déchets de cacao, un déchet laissé au bord des plantations.

En particulier, la cabosse de cacao peut être valorisée sous les formes suivantes :

- Énergie thermique : sous forme de combustible non carbonisé, après séchage de la gousse. Ce combustible peut ensuite être utilisé pour alimenter des sites industriels mais peut également être utilisé pour des applications domestiques. La cosse peut également être carbonisée. Ceci est mis en œuvre par l'APNFP à Afféry.
- L'énergie électrique : avec des systèmes à petite ou grande échelle. La grande échelle semble être plus rentable et il existe déjà quelques projets développés dans ce sens.

La grande difficulté de cette biomasse est qu'elle est très dispersée sur le territoire et que son accès est difficile car elle est située dans les forêts. Les techniques de conversion décentralisée doivent être recommandées.

Bien que les déchets de bois soient présents dans les scieries, la durabilité du secteur n'est pas assurée aujourd'hui et on ne peut donc pas dire qu'il soit bon d'envisager ce gisement, pour le moment. De plus, il ne s'agit pas du plus grand gisement de biomasse résiduelle du pays.

4.4. Mali

4.4.1. Ressources énergétiques

Comme de nombreux pays africains, la situation énergétique du Mali est caractérisée par :

- Une exploitation abusive des ressources forestières
- La dépendance à l'égard des produits pétroliers importés de l'étranger
- Le coût élevé du développement de l'abondant potentiel d'énergies renouvelables du pays.

Le secteur de l'énergie comprend quatre principaux sous-secteurs qui sont (i) les hydrocarbures, (ii) les énergies traditionnelles, (iii) les énergies renouvelables et (iv) l'électricité. Le bilan énergétique du Mali pour 2014 révèle que la biomasse (bois et charbon de bois) représente environ 78% de la consommation nationale d'énergie, les produits pétroliers 17%, l'électricité et les énergies renouvelables (autres que l'hydroélectricité) 5%. La mise en œuvre des différents projets et programmes a permis de dégager les principaux indicateurs suivants¹⁸ pour le secteur de l'énergie (situation en 2014) :

Tableau 3838: Indicateurs du secteur de l'énergie 2012 - 2016

Variables	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Production d'électricité EDM (GWh)	1 276	1 420	1 574	1 594	1768	1 662
Part des ER non hydrauliques dans la production d'électricité	-	-	7%	7%	ND*	ND
Consommation de produits pétroliers par an (PPA)	911 839	972 298	1 024 000	1 056 864	1 373 533	1 587 390
Consommation de gaz butane (en tonnes)	13 279	12 010	12 228	12 982	14 530	ND

¹⁸ Rapport SIE, PDIO-2015

Consommation de biomasse	78% du bilan énergétique national 2014	71,6%	73,2%	64,5%
Importation de l'ensemble de la consommation d'hydrocarbures	17% du bilan 2014	24,9%	22,3%	31%
Consommation d'électricité	5 % du bilan 2014	3,5%	4,6%	6,6%

(Rapport SIE, PDIO-2015 et AFREC 2019) (*ND= non disponible)

Le Mali importe la totalité de ses besoins en combustibles fossiles. Les produits pétroliers représentent 26% des importations totales en 2010 et 22% en 2015, ce qui le rend très sensible à la volatilité des prix. Il est à noter que malgré cette diminution de la part des importations de produits pétroliers dans les importations totales, la consommation annuelle de produits pétroliers n'a cessé d'augmenter ces dernières années, comme le montre le graphique suivant :

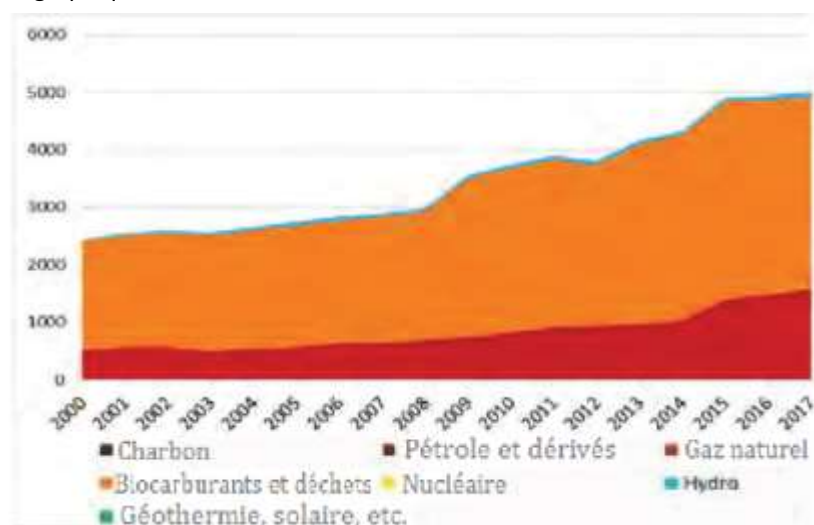


Figure 5349: Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Mali (en ktep)

Source : (AFREC, 2018)

Le pays ne dispose pas de ressources fossiles ou géothermiques internes pour la production d'énergie. La production d'énergie provient principalement de la biomasse (bioénergie/biocarburant), de l'hydroélectricité et des combustibles fossiles importés. Le bilan de la production énergétique au Mali en 2017 révèle que la biomasse (bois-énergie, biocarburant...) représente environ 97,9% de la production énergétique nationale, l'hydroélectricité 2,1% et une faible contribution pour les autres énergies renouvelables (solaire) (Cf. graphique suivant).

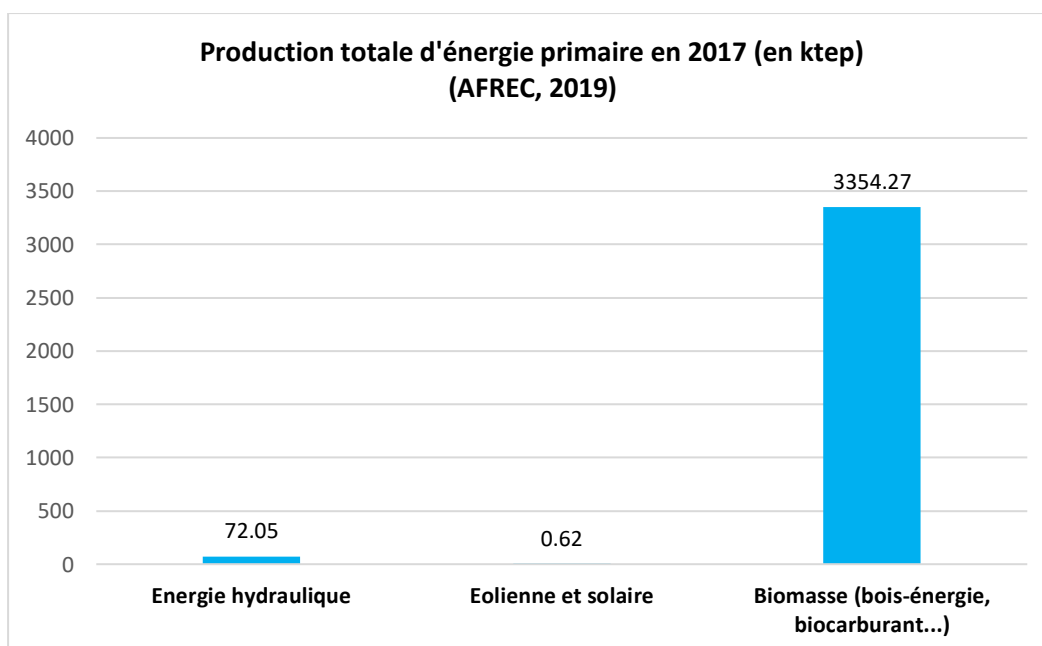


Figure 5450: Production totale d'énergie primaire en 2017 au Mali (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

Approvisionnement total en énergie primaire

L'approvisionnement en énergie au Mali concerne quatre principaux sous-secteurs qui sont (i) les hydrocarbures, (ii) les énergies traditionnelles, (iii) les énergies renouvelables et (iv) l'électricité. Le bilan de l'offre en 2017 au Mali révèle que la biomasse (bois énergie, biocarburant, etc.) représente environ 66% de l'offre totale, les produits pétroliers 31%, l'électricité importée 2%, l'hydroélectricité 1% et une faible offre en énergies renouvelables (solaire et éolienne) (voir [Error! Reference source not found. figure 51](#)).

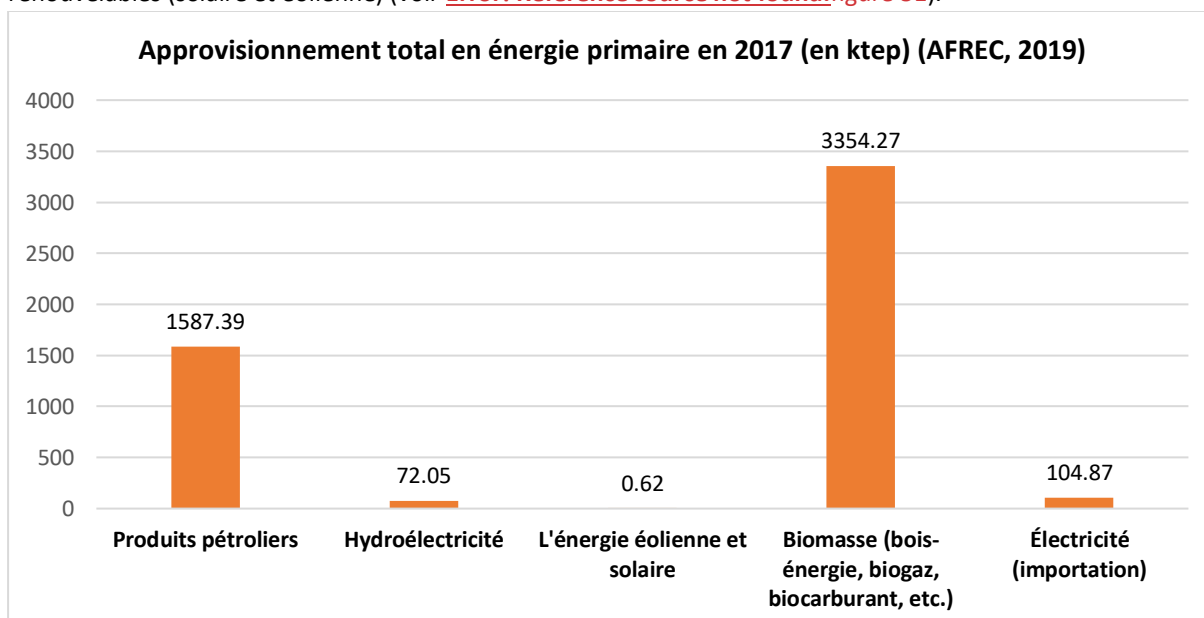


Figure 55156: Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Mali (ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.4.1.1. Biomasse

Bioénergie forestière : le bois-énergie, principale source d'énergie des ménages maliens, provient des forêts du pays, dont la superficie est estimée à près de 33 millions d'hectares, soit environ 25% de la superficie du pays, avec un volume sur pied d'environ 520 millions de m³. Comme expliqué dans le précédent rapport 2.1, bien que ces forêts couvrent de grandes superficies, elles sont peu productives (productivité pondérée pour l'ensemble du pays d'environ 0,86 m³/ha/an) et sont surexploitées depuis le début de la décennie 2010. Année après année, les forêts maliennes connaissent une diminution de leurs stocks de bois, en raison de la demande croissante de combustible et du défrichage des zones environnantes à des fins agricoles. Tout cela est dû à une croissance démographique très importante.

Dans un pays exposé au changement climatique et où la dégradation des terres et des ressources naturelles est un réel problème, le bois-énergie n'est pas une réponse adéquate aux besoins énergétiques croissants.

Déchets agricoles et végétaux : le Mali dispose d'un important potentiel de production d'énergie à partir de déchets agricoles [Error! Bookmark not defined.](#) [Error! Bookmark not defined.](#) :

- 1,5 million de tonnes de déchets de riz et de coton (balles, tiges, etc.) en 2010.
- Près de 3,5 millions de tonnes en 2018, suite à une croissance annuelle de 10% de la production céréalière, principalement autour de Sikasso (coton) et de Ségou/Mopti (riz).
- Le Mali est un grand producteur régional de graines oléagineuses : plus de 500 000 tonnes d'arachides, 370 000 tonnes de graines de coton et 200 000 tonnes de noix de karité, ce qui entraîne la production de grandes quantités de tourteaux et de coques.
- En tant que premier producteur régional de bétail, avec plus de 30% du cheptel total en UEMOA et une croissance annuelle d'environ 5%, le Mali offre des opportunités inexploitées pour la valorisation des déchets animaux.
- En outre, il existe des espèces aquatiques envahissantes et des déchets ménagers estimés à près de 600 000 tonnes par an.

Cultures énergétiques : les conditions sont optimales pour la production de canne à sucre, avec un ensoleillement abondant et de l'eau pour l'irrigation. La production est concentrée dans la zone de l'Office du Niger dans les sucreries existantes (Sukala et Nsukala). Les 20 000 hectares cultivés produisent 140 000 tonnes de sucre et 11 millions de litres d'éthanol, qui sont exportés avec succès.

La culture du jatropha (jatropha) a longtemps été utilisée au Mali comme clôture traditionnelle. Principalement concentrés dans les régions de Sikasso, Koulikoro, Kayes et Ségou, 65 000 ha de jatropha permettent une production estimée à 5 500 tonnes de graines en 2016. Quatre pressoirs et une raffinerie sont actuellement en fonctionnement, et 740 000 litres de biocarburant à base de jatropha ont été produits en 2016, avec une croissance annuelle de 35% depuis 2010. Toutefois, il est à noter que cette unité est inutilisée depuis au moins 2018.

4.4.1.2. Hydro-électricité

Le secteur de l'électricité est dominé par la société nationale EDM-SA. Il comprend également quelques systèmes privés isolés et plusieurs dizaines de plateformes multifonctionnelles gérées par les collectivités locales. La société d'électricité EDM-SA, opérateur principal et historique du secteur électrique, dispose depuis 2000 d'une concession¹⁹ pour la production, la transmission, la distribution, l'importation, l'exportation et la commercialisation de l'énergie électrique sur l'ensemble de son périmètre couvrant 99 localités (dont principalement le District de Bamako et les 10 capitales régionales).

Le potentiel hydroélectrique exploitable identifié est de 1 150 MW sur une vingtaine de sites avec une production annuelle moyenne correspondante d'environ 5 600 GWh. En 2019 (SEforALL, mai), près de 840 MW de ce potentiel restent disponibles, non exploités et répartis en 3 grands groupes : les sites au stade de l'étude de faisabilité (150 MW) ; les sites au stade de la pré-faisabilité (342 MW) ; et les sites au stade de la reconnaissance (150 MW) [Error! Bookmark not defined.](#)

¹⁹ Décret n° 00-580/P-RM du 22 novembre 2000 portant approbation du Contrat de Concession du Service Public de l'Electricité.

Les principaux fleuves et leurs affluents sont les sites suivants :

- Sites au stade de l'étude de faisabilité : Taoussa (20 MW ; 100 GWh) ; Sotuba II (6 MW ; 30-40 GWh) ; Kénié (42 MW ; 188 GWh) ; Markala (13 MW ; 45 GWh) ; Férou II (60 MW ; 320 GWh) ; Gouina (140 MW ; 560 GWh).
- Sites en phase de préfaisabilité : Labezanga (14-84 MW ; 67 GWh) ; Gourbassi (13 MW ; 104 GWh) ; Moussala (30 MW ; 160 GWh) ; Galougo (285 MW ; 1520 GWh) ; Badoumbé ; Dioumbéla ; Boudofara ; Maréla ; Bindougou.
- Sites en phase de reconnaissance : Toubani (35 MW ; 134 GWh) ; Baoulé II (30 MW ; 124 GWh) ; Bakoye II (45 MW ; 193 GWh) ; Salambougou (10 MW ; 40 GWh) ; Kourouba ; Banifing.
- Sites de microcentrales hydroélectriques (études de faisabilité) : Farako (50 kW) ; Kéniéba (180 -250 kW) ; Nimbougou (8 -12 kW) ; Papara (50-60 kW).

4.4.1.3. Pétrole et dérivés

Le secteur des hydrocarbures se caractérise par une importation nette de tous les produits pétroliers. Le pays est donc totalement dépendant des ressources pétrolières. Cela ne doit pas être interprété comme si le pays ne possédait aucun gisement d'hydrocarbures. L'exploration pétrolière, entreprise depuis l'indépendance, n'a pas conduit à la découverte de gisements d'hydrocarbures avant 2003. Cependant, le Mali dispose de cinq bassins sédimentaires totalisant 750 000 km², tous situés dans la moitié nord du pays, sur lesquels repose l'espoir. A ce jour, seuls quatre forages d'exploration d'hydrocarbures ont été réalisés au Mali. Tous se sont révélés négatifs. Quant aux indices gaziers observés lors de certains forages hydrauliques, ils présentent peu d'intérêt pour une exploitation énergétique significative.

A ce jour, le Mali ne dispose pas de ressources propres significatives en hydrocarbures. Son approvisionnement a été assuré presque exclusivement par les filiales de grandes multinationales²⁰, à partir de la Côte d'Ivoire et du Sénégal. Mais depuis lors, le pays a entrepris de libéraliser le sous-secteur et de diversifier ses sources d'approvisionnement. Des opérateurs nationaux sont apparus et occupent une part croissante du marché, et de nouveaux centres d'approvisionnement sont venus s'ajouter à ceux qui existaient déjà : Ghana, Togo, Nigeria, Bénin, etc.

L'approvisionnement énergétique du pays dépend principalement des produits pétroliers (31%), étant exclusivement importés.

4.4.1.4. Solaire

L'inventaire des énergies renouvelables révèle un potentiel quantitativement très important dans tout le pays (avec toutefois des disparités selon les sources d'énergie renouvelables). En dehors de l'hydroélectricité, l'énergie solaire est la ressource renouvelable la plus abondante au Mali. Même si elles n'ont jamais été prises en compte dans les bilans énergétiques, elles pourraient représenter près de 3% de l'électricité conventionnelle produite (environ 12 MW). (Duarte, 2012). Ceci est en deçà des objectifs quantifiés de la politique énergétique nationale, qui indiquent que la part des énergies renouvelables dans la production nationale d'électricité devrait atteindre 6% en 2010 et 10% en 2015.

L'irradiation solaire est très élevée et s'étend sur tout le pays. Elle atteint en moyenne 6 kWh/m²/jour pour une durée d'ensoleillement quotidienne de 7 à 10 heures. Le rayonnement solaire dans le pays est plus fort dans les zones désertiques du Nord.

Selon le bilan énergétique du pays, en 2017, 0,62 ktep d'énergie primaire provenant du solaire, de la géothermie et de l'énergie solaire ont été produits, soit 7,21 GWh. Cela correspond entièrement à la contribution de l'énergie solaire, puisque la capacité éolienne installée est limitée à quelques installations individuelles (comme indiqué ci-dessous) et n'a certainement pas été incluse dans ce bilan.

²⁰ Mobil Oil, Shell - Texaco, Elf, Esso, Total

4.4.1.5. Éolienne

Les ressources éoliennes, en particulier dans le Sud, ne sont pas aussi prometteuses que l'énergie solaire. La limite inférieure de la vitesse du vent est généralement définie à 5 mètres/seconde pour une exploitation économiquement raisonnable des ressources éoliennes. Les vitesses du vent supérieures à 5 mètres/seconde prévalent dans la partie du pays située au-dessus de 16 degrés de latitude nord, qui comprend les villes de Tombouctou et de Gao. Cette bande est suffisante pour les applications de pompage pour l'irrigation et l'approvisionnement en eau potable des petites localités. Toutefois, en raison de la faible densité de population dans ces régions, la demande sera également faible. De plus, le contexte politique et sécuritaire critique qui affecte le nord du Mali jouera un rôle déterminant dans le développement des projets éoliens. Pour l'instant, à part quelques projets pilotes et de petites stations de pompage d'eau, l'énergie éolienne n'a pas encore vraiment pris son envol. Des études de faisabilité ont été réalisées sur un parc éolien de 1,1-3 MW à Tombouctou et un parc éolien de 0,9-2 MW à Gao ((AER-Mali, n.d.)²¹.

4.4.1.6. Autres

Contrairement à d'autres voisins de la sous-région, le Mali ne dépend pas du gaz naturel ou du charbon minéral. Les chiffres de l'offre sont de 0 pour ces matières premières.

4.4.2 Les secteurs économiques clés selon les CND

La consommation finale d'énergie fait référence aux produits énergétiques consommés pour des activités autres que la conversion ou la transformation en d'autres produits énergétiques. Le **Error! Reference source not found. tableau 8** et les graphiques suivants montrent la consommation finale d'énergie du Mali au total et de chaque secteur économique en 2017.

Tableau 3940-: Consommation finale d'énergie au Mali par source

	Produits pétroliers (ktoe)	Biomasse (bois-énergie, biocarburant, etc.) (ktoe)	Électricité (ktep)	Total (ktep)	% par secteur
TOTAL	1084,98	2426,84	247,82	3759,64	100%
	29%	65%	7%	100%	
Industrie	192,37	-	104,18	296,55	8%
	65%	-	35%	100%	
Transport	794,96	-	-	794,96	21%
	100%	-	-	100%	
Ménages	16,48	2190,07	93,28	2299,83	61%
	1%	95%	4%	100%	
Com. & public		236,77	38,67	275,44	7%
		86%	14%	100%	
Agriculture/Forestier	42,33	-	-	42,33	1,1%
	100%	-	-	100%	

²¹ Informations obtenues auprès des experts de l'AER-Mali

Autres	38,84	-	11,69	50,53	1%
	77%	-	23%	100%	

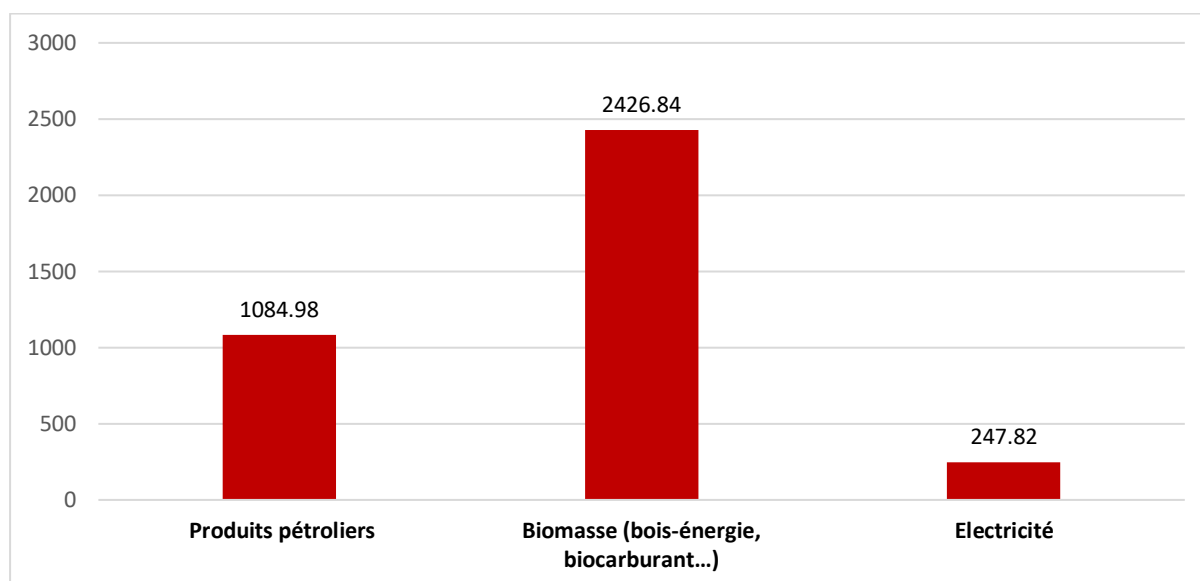


Figure 5752: Consommation finale totale en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

La biomasse représente 65 % de la consommation totale d'énergie finale en 2017, 29 % de la consommation est dérivée des produits pétroliers et moins de 7 % de la consommation est issue de l'électricité.

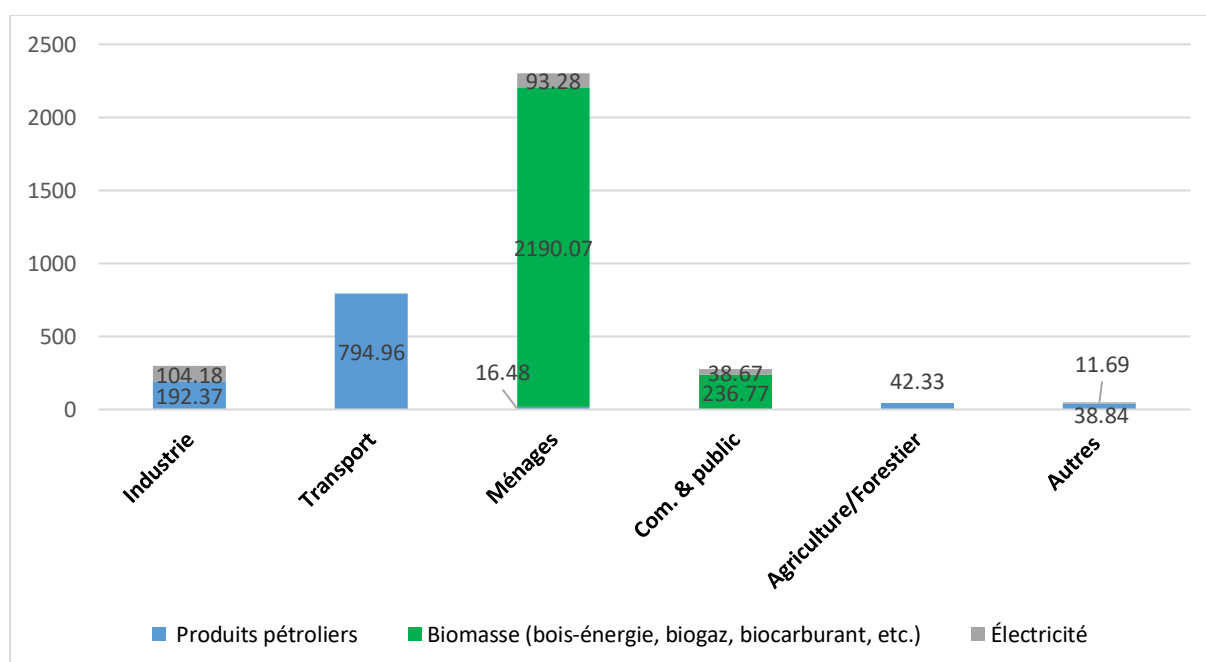


Figure 5853: Consommation finale par secteur en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

4.4.2.1. Industrie

L'industrie au Mali est relativement peu développée. Cette industrie est essentiellement composée d'agro-industrie, de filatures et d'industries agroalimentaires, de PME et de PMI. Elles sont principalement concentrées

à Bamako et peu à l'intérieur du pays, à l'exception des usines de la CMDT. L'industrie minière est assez développée, notamment dans le domaine de la production d'or.

Demande d'énergie : la consommation totale d'énergie par le secteur industriel représente 8% de la consommation finale totale du Mali en 2017 (voir [Error! Reference source not found. tableau 39](#)). L'énergie principale consommée dans ce secteur provient des produits pétroliers (65%) et de l'électricité, elle-même produite au mazout par EDM (35%) (voir [Error! Reference source not found. tableau 39](#)). L'industrie extractive est de loin la plus grande consommatrice de ces ressources. Cependant, la plupart des usines ne sont pas connectées au réseau, d'où la part importante des produits pétroliers dans le bilan de ce secteur.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : le [Error! Reference source not found. tableau 8](#) montre que la bioénergie ne participe pas à la consommation énergétique du secteur industriel, bien qu'il existe des industries agroalimentaires dans le pays qui consomment les déchets produits par elles-mêmes à des fins énergétiques. Cela montre la sous-évaluation de ce secteur. Certaines usines agro-alimentaires peuvent utiliser leurs propres déchets ou d'autres déchets agricoles ou agro-industriels pour produire de la bioénergie. C'est le cas de la sucrerie de Sukala (bagasse), de la fabrique de beurre de karité de MaliShi, qui utilise une partie des tourteaux dans sa chaudière, et de la plate-forme agro-industrielle de transformation de la noix de cajou, qui utilise les coques de noix de cajou. Les usines de transformation du jatropha utilisent également leur produit (biocarburant) et leurs sous-produits (coquilles, capsules et tourteaux) pour produire leur propre énergie.

Contribution de la bioénergie forestière au secteur : étant donné que le Mali est exposé au changement climatique et que la dégradation des terres et des ressources naturelles est un réel problème, la biomasse forestière conventionnelle (bois et dérivés) ne peut pas apporter une réponse adéquate aux besoins énergétiques du secteur industriel.

D'autre part, les produits forestiers non ligneux tels que le karité et les noix de cajou apparaissent comme des sources potentielles de déchets de biomasse. L'industrie du karité compte avec l'exemple marquant de MaliShi, qui devrait atteindre à terme 30 000 tonnes de noix de karité traitées par an, et donc générer des déchets de tourteau après extraction de 15 000 tonnes. Ces déchets ont l'avantage d'être concentrés sur un seul site, ce qui facilite l'approvisionnement en déchets de biomasse. L'usine prévoit d'utiliser le tourteau, en plus du combustible pour sa chaudière, comme matière première pour la fabrication de briquettes combustibles qui pourraient bénéficier à la population en remplaçant le bois de chauffage.

4.4.2.2. Transport

La consommation dans le secteur des transports couvre toutes les activités de transport, quel que soit le secteur économique concerné : transport routier, transport aérien, transport ferroviaire et transport fluvial.

Demande d'énergie : la demande en énergie dans le secteur des transports représente 21% de la consommation totale d'énergie finale du Mali en 2017 et est dominée à 100% par les produits pétroliers (voir [Error! Reference source not found. tableau 39](#)).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : le pétrole domine 100 % de la consommation dans le secteur des transports. Aucune initiative visant à introduire des sources renouvelables dans le secteur n'a été identifiée.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : La biomasse forestière ne peut actuellement pas apporter une solution au secteur des transports au Mali. La production de biocarburant à partir du jatropha et d'éthanol à partir de la canne à sucre serait une alternative pour remplacer une partie de la consommation de pétrole dans ce secteur.

4.4.2.3. Résidentiel

La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel (ménages) concerne trois sources d'énergie : les produits pétroliers, la biomasse et l'électricité.

Demande énergétique du secteur : la demande énergétique du secteur résidentiel représente 61% de la consommation totale d'énergie finale du Mali en 2017, ce qui le place au premier rang des secteurs de consommation. La demande est dominée par la biomasse (principalement le bois-énergie) qui représente 95 %. La biomasse est utilisée pour les besoins de la cuisine et certaines activités artisanales. Les produits pétroliers qui représentent 1% (essentiellement le gaz butane et la paraffine, à 16,48 ktep) sont utilisés pour l'éclairage (en milieu rural) et aussi pour la cuisine (en milieu urbain). L'électricité représente 4% de la consommation finale des ménages et est utilisée pour l'éclairage et les appareils ménagers (voir [Error! Reference source not found, tableau 39](#)).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : la participation de la bioénergie dans le secteur résidentiel est faible. La promotion des biodigesteurs domestiques pour produire du biogaz pourrait être la solution à la valorisation des déchets de biomasse des ménages, en particulier parmi la population possédant du bétail.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : selon les résultats du rapport 2 de la même étude, le Mali n'a pas de résidus de la transformation du bois, mais l'utilisation de la poussière de charbon de bois pour la production de briquettes de charbon de bois serait une solution pour remplacer une partie de la consommation de charbon de bois dans le secteur résidentiel.

Par ailleurs, les résidus agricoles (riz, déchets de coton, etc.) et agro-industriels (karité, noix de cajou, déchets d'arachide, etc.) pourraient être compactés en briquettes pour remplacer le bois, étant donné son pouvoir calorifique élevé ; ou carbonisés pour produire du biochar et pourraient être utilisés pour remplacer le bois énergie.

4.4.2.4. Commerce et service public

Demande énergétique du secteur : la demande énergétique du secteur commercial et des services publics représente 7% de la consommation totale d'énergie finale du Mali en 2017. La demande est dominée par deux sources d'énergie : la biomasse (principalement le bois-énergie) qui représente 86 % de la consommation énergétique de ce secteur et l'électricité qui représente 14% de la consommation finale du secteur (voir [Error! Reference source not found, tableau 39](#)).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : la participation de la bioénergie dans le secteur commercial est notamment assurée par le bois-énergie, au niveau des nombreuses entreprises de restauration et d'artisanat ou de petites entreprises agroalimentaires, qui exercent également des activités de transformation de ces produits.

Il est intéressant de noter l'utilisation des résidus de karité (tourteau) dans les boulangeries, en particulier dans les zones rurales et périurbaines, comme substitut au bois.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : la récupération de la poussière de charbon de bois pour la production de briquettes de poussière serait une solution pour remplacer une partie de la consommation de charbon de bois et de bois dans le secteur du commerce et des services publics.

La promotion des biodigesteurs à des fins productives pour produire du biogaz pourrait être la solution pour récupérer les déchets organiques des marchés, des restaurants, des cantines

De plus, les résidus agricoles (riz, coton, déchets d'arachides, etc.) et agro-industriels (karité, noix de cajou, etc.) pourraient être carbonisés pour produire du biochar et pourraient être utilisés pour remplacer le bois énergie.

4.4.2.5. Agriculture et sylviculture

La consommation dans le secteur de l'agriculture et de la sylviculture concerne exclusivement les produits pétroliers.

Demande énergétique du secteur : la demande énergétique du secteur agricole et forestier représente 1,1% de la consommation totale d'énergie finale du Mali en 2017 et est dominée à 100% par les produits pétroliers (voir [Error! Reference source not found, tableau 39](#)). Cette consommation est liée aux machines agricoles et forestières.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : bien que le pétrole domine 100 % de la consommation dans le secteur de l'agriculture et de la sylviculture.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : la biomasse forestière ne peut actuellement pas apporter une solution au secteur agricole et forestier du Mali.

Outre la biomasse forestière, la production de biocarburant à partir du jatropha et d'éthanol à partir de la canne à sucre serait une alternative pour remplacer une partie de la consommation de diesel et d'essence dans ce secteur.

4.4.2.6. Autres secteurs

La consommation dans les autres secteurs concernés est liée aux produits pétroliers et à l'électricité. Cette consommation représente 1% de la consommation totale d'énergie finale du Mali en 2017. Dans cette consommation, les produits pétroliers représentent 77% et l'électricité 23% (voir [Error! Reference source not found, tableau39](#)).

Conclusions et recommandations

Principaux secteurs présentant un potentiel pour la bioénergie

- La consommation énergétique du pays est dominée par la biomasse (65 %) de la consommation finale totale en 2017, dont 90 % dans le secteur résidentiel et 10 % dans le secteur commercial et les services publics. Dans un pays exposé au changement climatique et où la dégradation des terres et des ressources naturelles est un réel problème, la ressource bois-énergie ne peut pas fournir une réponse adéquate aux besoins énergétiques croissants.
- Les résidus dans la chaîne d'approvisionnement en bois-énergie sont minimes, et seule la poussière de charbon de bois a pu être identifiée au point 2.1 comme un matériau potentiellement intéressant pour la récupération et l'utilisation comme combustible.
- La deuxième source de consommation du pays est liée aux produits pétroliers (29 %) de la consommation finale totale en 2017 et est dominée par le secteur des transports (73 % du total des produits pétroliers), l'industrie (18 %) et 9 % pour les autres secteurs.

Compte tenu de ce qui précède, les principaux secteurs présentant un potentiel pour la bioénergie sont regroupés par ordre de priorité :

- 1- Résidentiel et commercial et services publics.
- 2- Le secteur industriel.
- 3- Le secteur des transports ; et l'agriculture et la sylviculture.

Recommandations

La consommation de bois-énergie domine la consommation totale d'énergie finale, en particulier dans le secteur résidentiel, ce qui entraîne une déforestation inquiétante et justifie l'utilisation de la bioénergie et de moyens de cuisson modernes/améliorés.

Les recommandations en matière de bioénergie concernent ici le secteur résidentiel mais aussi le secteur commercial et les services publics. Ces recommandations sont :

- Récupération de la poussière de charbon de bois pour la production de briquettes de poussière afin de remplacer une partie de la consommation de charbon de bois et de bois dans ces deux secteurs.
 - Amélioration de la carbonisation pour réduire la déforestation.
 - Produire du biochar et du biogaz à partir de résidus agricoles et agro-industriels pour remplacer l'énergie du bois dans ces deux secteurs.
- ❖ Dans le secteur industriel, la consommation de produits pétroliers doit être réduite par l'utilisation de combustibles alternatifs (biomasse) :

- Les industries agro-alimentaires peuvent valoriser leurs déchets pour produire l'énergie thermique nécessaire à leur processus en utilisant la technologie H2CP développée par Nitidæ et qui a déjà fait ses preuves sur la plateforme agro-industrielle de Kita.
 - Si la quantité de déchets est importante (comme dans le cas des usines de noix de cajou ou de karité : MaliShi), la production d'électricité peut être envisagée.
- ❖ En ce qui concerne le secteur des transports, de l'agriculture et de la sylviculture, la production de biocarburant à partir du jatropha et d'éthanol à partir de la canne à sucre serait une alternative pour remplacer une partie de la consommation de diesel et d'essence dans ces deux secteurs.

4.5. Sénégal

4.5.1. Ressources énergétiques

Production d'énergie primaire

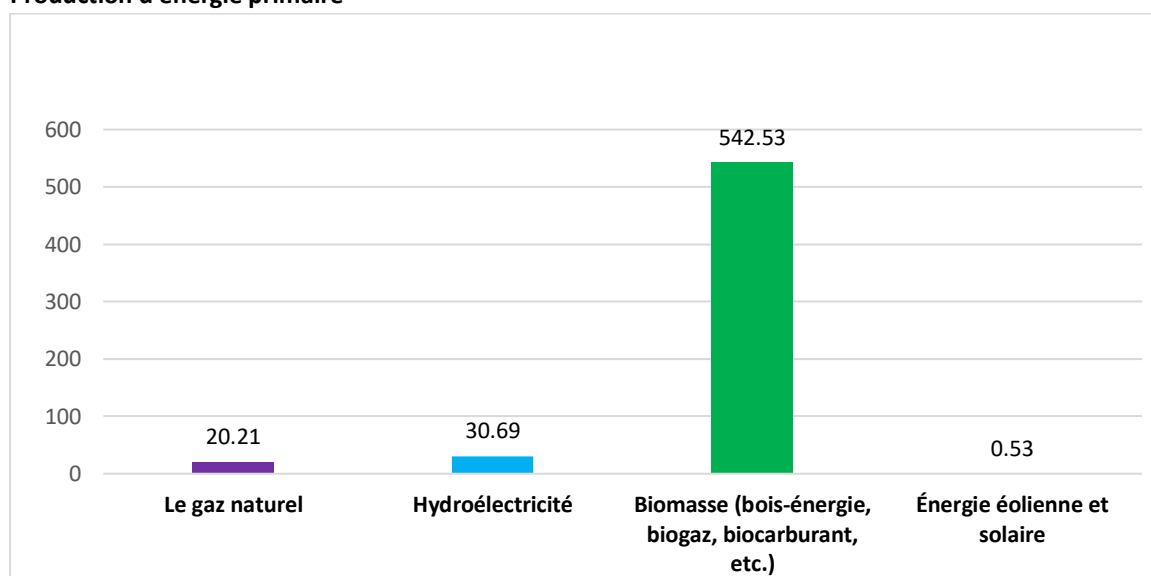


Figure 595460: Production totale d'énergie primaire en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

La production totale d'énergie primaire au Sénégal était d'environ 600 ktep en 2017 et est principalement (à plus de 90%) basée sur la biomasse, en particulier l'énergie du bois (bois de chauffage et charbon de bois). Le pays produit également, mais dans une bien moindre mesure, de l'hydroélectricité, du gaz et de l'électricité. Les ressources naturelles (énergie solaire et éolienne), qui représentent respectivement près de 0,6 % et moins de 1 % de la production totale d'énergie primaire (voir [Error! Reference source not found. figure 54](#)).

Contrairement à certains pays du continent africain (Nigeria, Angola, Algérie...), le Sénégal ne produit pas de pétrole brut ni de charbon minéral.

Approvisionnement total en énergie primaire

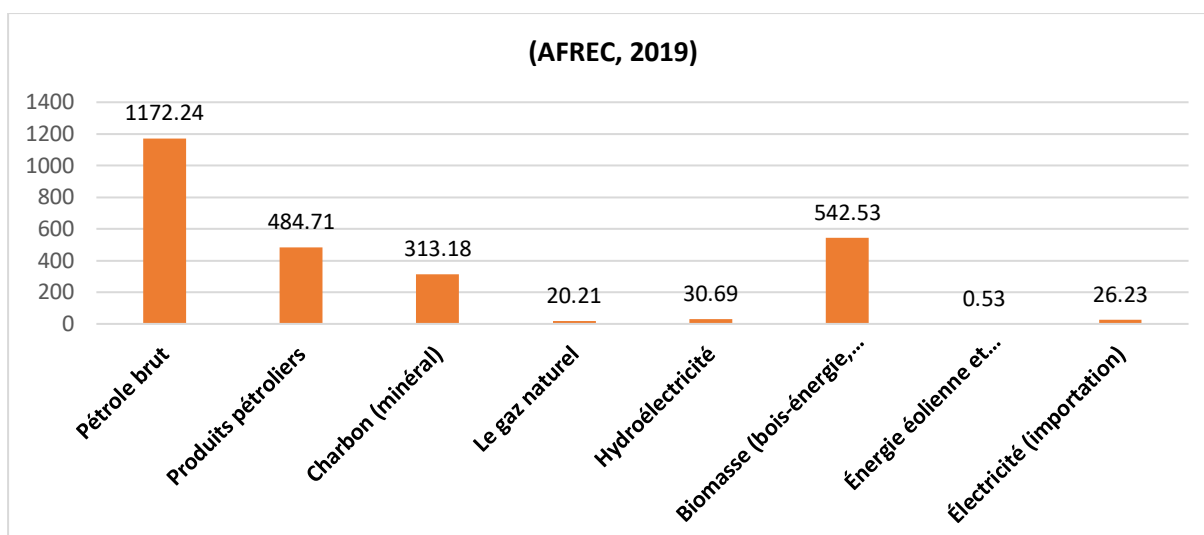


Figure 615562: Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

Pour satisfaire tous ses besoins énergétiques, le pays importe de grandes quantités d'énergie à base de combustibles fossiles tels que le pétrole brut (1172 kt/an), les produits pétroliers (1220 kt/an) mais aussi le charbon minéral (615 kt/an). En 2017, celles-ci représentaient plus de 75% de l'approvisionnement total en énergie primaire du pays, étant estimées à près de 2600 ktep, et plus précisément respectivement 49%, 19% et 12% de ce total (voir [Error! Reference source not found.figure 55](#)).

La biomasse, qui comprend également le biogaz et le biocarburant en plus du bois-énergie, représente encore environ 20 % de cet approvisionnement total. Il convient de noter que les flux de biomasse (importation et exportation, notamment de bois énergie avec les pays voisins comme la Gambie et le Mali) ne sont pas pris en compte puisqu'ils sont égaux à zéro dans le bilan énergétique de l'AFREC, ce qui laisse supposer une sous-évaluation des volumes de biomasse en termes d'offre et de consommation.

Par ailleurs, bien que minime, il convient de noter que le pays importe de l'électricité (équivalent à 26 ktep) à un taux de seulement 1 % de son approvisionnement total en énergie primaire.

4.5.1.1. Biomasse

Bioénergie forestière : en 2017, le pays a produit plus de 1500 kilotonnes (kt) de bois de chauffage contre plus de 200 kt de charbon de bois (voir [Error! Reference source not found.figure 56](#)).

Figure 3.6. - Production de bois de chauffage et de charbon de bois (1000 tonnes)

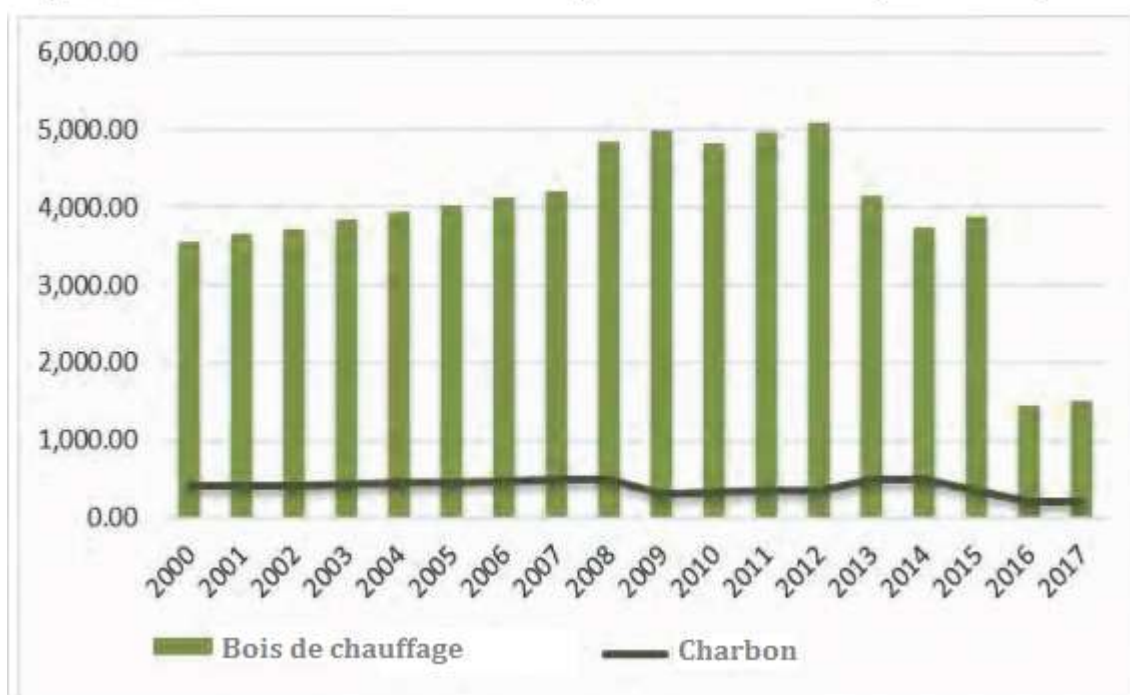


Figure 635664: Production de bois de feu et de charbon de bois au Sénégal (Ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

Bien que la production de charbon de bois semble avoir été globalement stable entre 2000 et 2015, on observe une baisse importante de la production de bois de chauffage depuis 2012 (compensée en grande partie par une augmentation de la production de charbon de bois en 2013 et 2014), mais surtout depuis 2015, où la production de charbon de bois a légèrement diminué. Cette diminution doit être comprise dans le contexte des mesures d'interdiction de l'exploitation forestière dans une grande partie du pays, comme indiqué dans le rapport précédent 2.1.

Il est donc probable que la baisse considérable de la production de combustibles à base de bois depuis 2015 a été compensée par l'augmentation de l'utilisation du GPL (gaz butane).

Déchets agricoles et végétaux : Le pays produit également de la biomasse agricole résiduelle, notamment des résidus d'arachides (coques), de céréales (paille), de coton (tiges) et de sucre (bagasse). Les coques d'arachide et la bagasse de canne à sucre sont désormais exploitées à des fins énergétiques diverses. Au moins la bagasse a été comptabilisée dans ce bilan.

Des initiatives ont également été prises pour produire du charbon biologique à partir de la paille (NEBEDAY, n.d) depuis 2015.

4.5.1.2. Hydroélectricité

L'hydroélectricité est la technologie d'énergie renouvelable la mieux établie et la plus utilisée en Afrique de l'Ouest et est la seule technologie utilisée à une échelle commerciale dans la plupart des États membres de la CEDEAO.

Selon l'AFREC, la capacité hydroélectrique installée au Sénégal aurait atteint 357 GWh en 2017.

Le pays compte six centrales hydroélectriques gérées par des producteurs d'électricité indépendants selon le CRSE (Commission de Régulation du Service Electrique) sénégalais, qui publie sur son site web un recueil des différents profils de producteurs d'électricité (CRSE, n.d.). La puissance installée des deux centrales déjà mises en service depuis 2002 et 2013 est respectivement de 66 MW pour la centrale de Manantali (qui fournit également 144 MW au Mali) contre 15 MW pour la centrale de Felou. Celle des quatre centrales en construction varie de 35 MW à 128 MW, pour une puissance cumulée totale de 333 MW.

4.5.1.3. Pétrole et dérivés

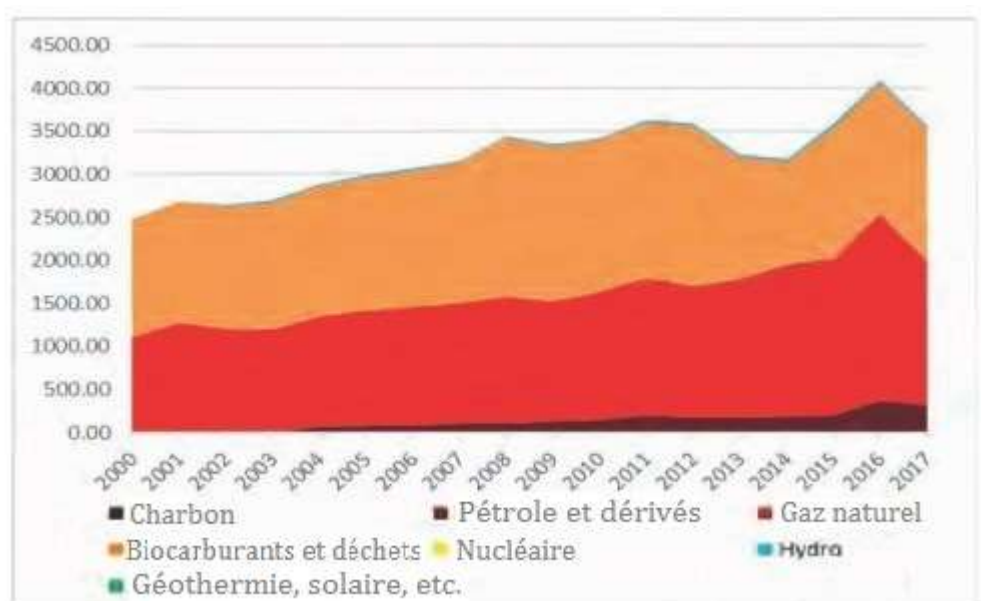


Figure 6557: Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Sénégal (en ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

L'approvisionnement énergétique du pays dépend principalement du pétrole brut et des produits pétroliers (64%), étant exclusivement importés puisque le Sénégal n'est pas un pays producteur de pétrole.

Comme pour les approvisionnements énergétiques basés sur la biomasse, les importations de pétrole et de ses dérivés ont augmenté de manière significative entre 2000 et 2016, avant de diminuer sensiblement, au profit des importations de charbon minéral (voir [Error! Reference source not found.figure-56](#)).

Tout le pétrole brut importé est traité dans des raffineries de pétrole nationales pour en extraire la valeur commerciale maximale et tous les produits pétroliers importés sont transformés en électricité dans des centrales thermiques.

Selon le CRSE du Sénégal, le pays dispose de cinq centrales thermiques, soucieuses d'une production indépendante, d'une capacité cumulée totale d'environ 400 MW. Une seule d'entre elles, d'une capacité de 120 MW, est en cours de réalisation dans la région de Thiès.

4.5.1.4. Solaire

Le pays dispose d'un important potentiel d'utilisation de l'énergie solaire à des fins électriques et thermiques, avec 3 000 heures d'ensoleillement par an et une irradiation totale de 5,8 kWh/m²/jour (MEP, 2019). Six centrales solaires pour la production indépendante d'électricité ont déjà été installées et mises en service entre 2016 et 2018. En outre, trois autres centrales solaires sont actuellement en cours de mise en service, pour une puissance installée totale de 83 MW (CRSE, n.d.).

4.5.1.5. Éolienne

Le potentiel éolien est assez important le long des côtes sénégalaises, notamment sur la bande de 50 km de large de Dakar à Saint-Louis, où la vitesse moyenne annuelle du vent a été mesurée à 4m/s à 10m de hauteur contre plus de 6 m/s entre 30m et 40m de hauteur (MEP, 2019).

À ce jour, il n'existe pas de centrales éoliennes pour la production commerciale d'énergie.

Cependant, un parc éolien d'une capacité de 151 MW est en cours de réalisation à Taiba Ndiaye dans la région de Thiès. L'achèvement est prévu pour 2021. Selon une publication du CRSE, ce parc devrait comprendre 50

turbines réparties sur deux sites reliés par un câble souterrain et sera relié au réseau local de la Société Nationale d'Electricité du Sénégal (SENELEC).

4.5.1.6. Autres

Outre le pétrole brut et les produits pétroliers, d'autres types de combustibles fossiles répondent aux besoins énergétiques du pays, à savoir le charbon minéral et le gaz naturel.

Selon l'AFREC, d'ici 2017, le Sénégal aurait produit 20 ktep de gaz naturel et importé 313 ktep de charbon minéral, soit 13 % de l'approvisionnement total en énergie primaire.

Tout le gaz naturel produit est transformé en électricité, tandis qu'environ 30 % du charbon minéral importé est transformé en haut fourneau (métallurgie) et 70 % est utilisé dans d'autres secteurs industriels.

4.5.2. Les secteurs économiques clés selon les CND

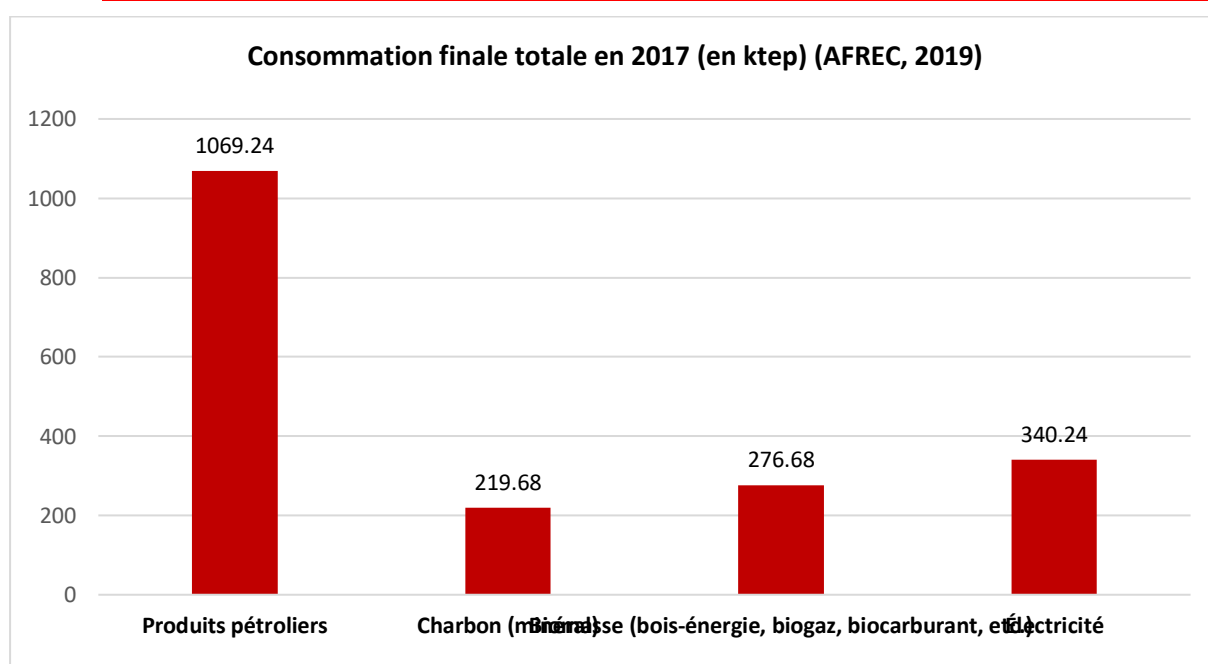


Figure 665867-: Consommation totale d'énergie finale au Sénégal, 2017 (en Ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

La consommation totale d'énergie finale en 2017 (1906 ktep/an) des différents secteurs économiques du pays provient principalement de l'utilisation des produits pétroliers (59% du total) mais aussi de l'électricité (18%), de la biomasse (15%) au sens large (bois de chauffage, charbon de bois, biogaz, biocarburant...) et du charbon minéral (12%) (voir [Error! Reference source not found. figure 58](#)).

Il convient de noter que :

- (i) Tout le pétrole brut importé et raffiné est utilisé pour alimenter des centrales thermiques afin de produire de l'électricité.
- (ii) l'hydroélectricité, le gaz naturel, l'énergie solaire et l'énergie éolienne produits au niveau national, équivalant respectivement à environ 30 et 20 et 0,5 ktep/an, sont entièrement transformés en électricité.

Le secteur des transports est le principal secteur consommateur d'énergie du pays (45 % du total), suivi par l'industrie et les ménages (23 % et 21 % respectivement), tandis que le commerce et les services publics ne représentent que 9 % du total, contre 2 % pour les autres secteurs non spécifiés et moins de 1 % pour l'agriculture et la sylviculture (voir [Error! Reference source not found. figure 59](#)).

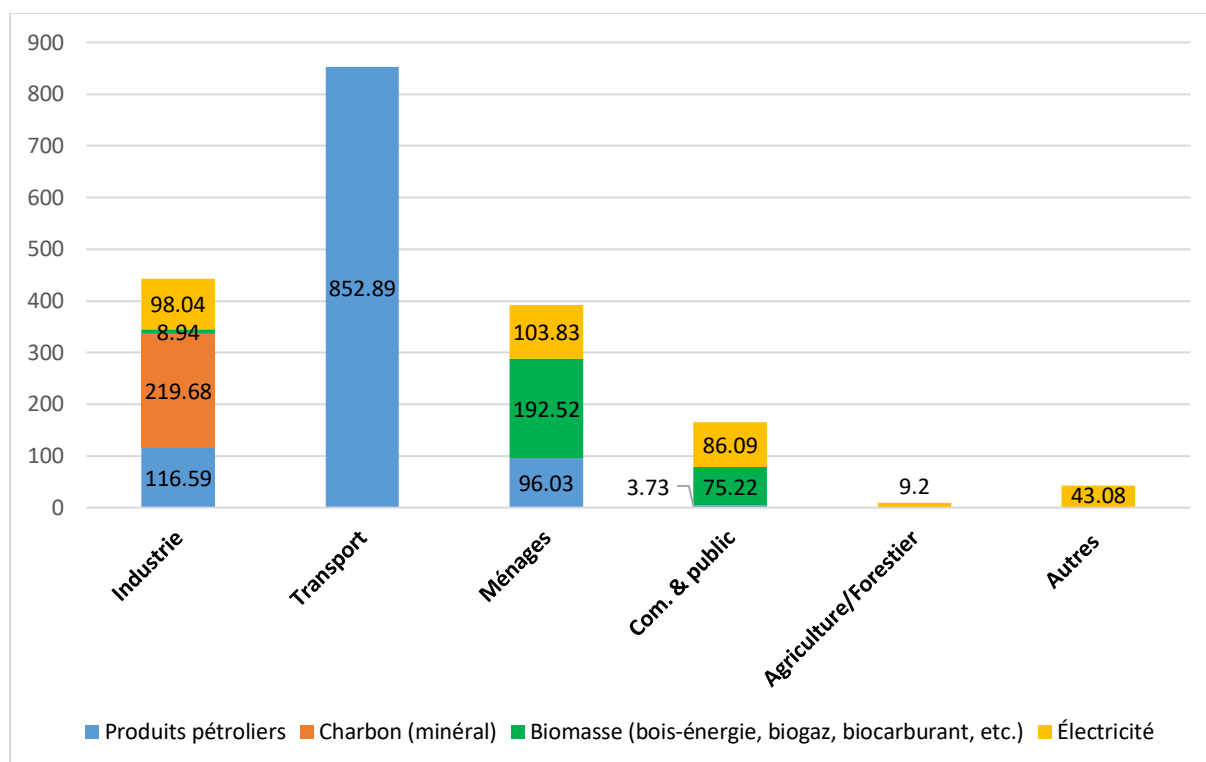


Figure 685969: Consommation totale d'énergie finale par secteur en 2017 au Sénégal (ktep)

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

Les produits pétroliers sont principalement consommés dans le secteur des transports (853 ktep/an), dans une moindre mesure dans l'industrie (117 ktep/an) et les ménages (96 ktep/an), et dans une mesure relativement faible dans les magasins et les services publics.

Le charbon minéral, en revanche, est utilisé exclusivement dans le secteur industriel (220 ktep/an), tandis que l'électricité importée répond partiellement à la quasi-totalité des différents secteurs, des ménages (104 ktep/an) à l'industrie (98 ktep/an), en passant par le commerce et les services publics (86 ktep/an), l'agriculture et la sylviculture (9 ktep/an) et d'autres secteurs non définis (43 ktep/an).

Enfin, la biomasse (277 ktep/an au total) est principalement utilisée à des fins domestiques (193 ktep/an, soit 70% du total) mais aussi dans le commerce et les services publics (75 ktep/an, soit 27%) et dans une très faible mesure dans l'industrie (9 ktep/an, soit 3%).

4.5.2.1. Industrie

Demande d'énergie : le secteur industriel est le deuxième plus grand consommateur d'énergie du pays, soit environ 443 ktep/an en 2017, ce qui représente 23 % de l'énergie finale utilisée au niveau national.

Plus de 90 % du secteur industriel sénégalais est dominé par les petites et moyennes entreprises (PME). En 2015, le secteur industriel sénégalais comptait près de 1300 entreprises (Mansoor, Issoufou, & Sembene, 2019) s'étend : (i) 45 % dans le secteur agroalimentaire ([industrie de l'arachide](#), production de sucre, brasseries, transformation de produits alimentaires tels que farine, vinaigre...), (ii) 36 % dans le secteur manufacturier (production de matelas, mousse, tapisseries...), (iii) 12 % dans le secteur chimique (production d'engrais chimiques...), (iv) 4 % dans l'énergie et (v) 3 % dans les activités extractives (extraction de phosphates...).

L'énergie consommée par ce secteur repose essentiellement sur les hydrocarbures (environ 75% du total), dont le charbon minéral (220 ktep/an) et les produits pétroliers (117 ktep/an), dans une moindre mesure (22% du total) sur l'électricité (98 ktep/an) et très peu sur la biomasse (9 ktep/an) (**Error! Reference source not found.**figure 29).

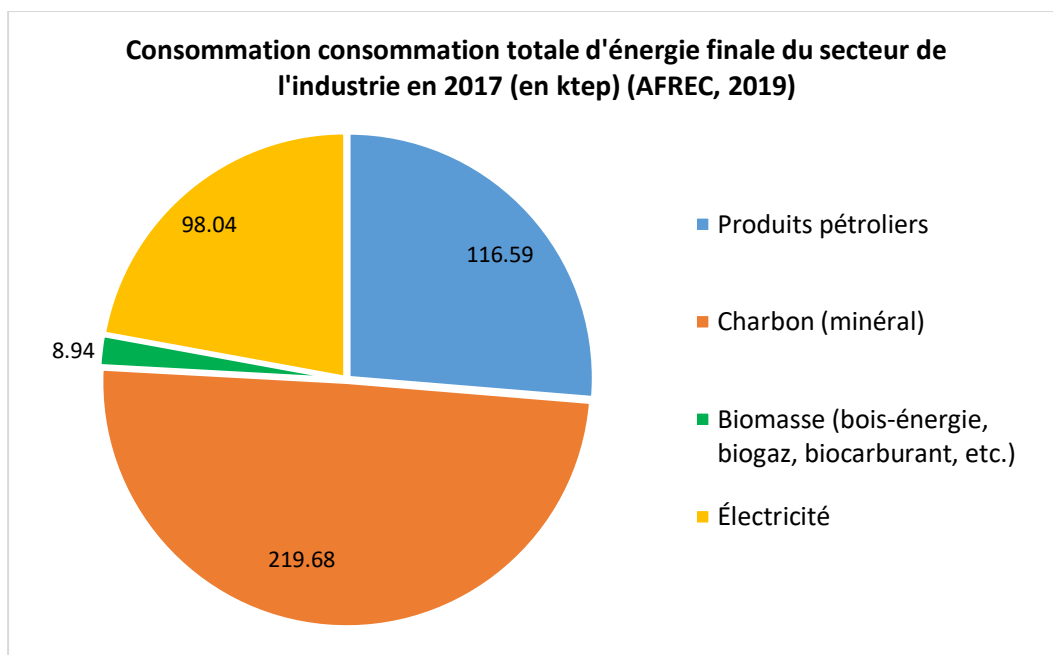


Figure 7060-: Consommation totale d'énergie finale du secteur de l'industrie en 2017 au Sénégal (ktep)

Source :

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : La part de la biomasse consommée dans le bilan énergétique du secteur industriel est très faible, à 2 % du total.

Parmi les différentes expériences dans le domaine de la valorisation énergétique de la biomasse à des fins industrielles, on peut citer l'autonomie énergétique atteinte par la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS). En effet, cette entreprise utilise la bagasse (résidus de canne) comme combustible dans une chaudière à vapeur couplée à un tube pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement des machines et autres équipements tels que les pompes d'irrigation.

En outre, il convient de noter que cette société possède une distillerie, d'une capacité de 12 millions de litres par an, pour la production d'alcool destiné à l'exportation.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : La biomasse forestière pourrait contribuer à l'approvisionnement en énergie thermique en premier lieu, en prélevant les résidus forestiers tels que la sciure ou les copeaux de bois. Ceux-ci devraient être collectés sur les sites de transformation du bois, bien que, comme indiqué dans le rapport 2.1, le secteur du bois de sciage soit difficile à caractériser et est actuellement en déclin. La biomasse forestière, utilisée à grande échelle, permettrait de fournir une partie des besoins en électricité du secteur industriel grâce à l'installation de centrales à biomasse, produisant de l'électricité à partir de la vapeur d'eau dégagée par la combustion du bois. La ressource devrait toutefois provenir du reboisement, afin de réduire la pression sur le patrimoine forestier national, actuellement protégé contre ce type d'exploitation.

Par ailleurs, il peut être envisagé de développer des projets d'autosuffisance énergétique dans certaines usines utilisant des produits forestiers non ligneux, comme par exemple la pyrolyse des coques de noix de cajou pour produire l'énergie thermique nécessaire au traitement des noix de cajou et, à plus grande échelle, la production d'électricité à partir de ces matériaux.

4.5.2.2. Transport

Demande énergétique du secteur : le transport est le secteur le plus consommateur d'énergie en termes de consommation totale d'énergie finale du pays, avec un total d'environ 853 ktep consommés annuellement, soit 45 % du total. Les produits pétroliers fournissent toute l'énergie consommée par ce secteur (essence, diesel,

paraffine, etc.). Ce dernier absorbe environ 80% des produits pétroliers consommés par les différents secteurs économiques du pays.

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : à l'heure actuelle, la bioénergie ne contribue pas à l'approvisionnement énergétique du secteur des transports au niveau national.

En effet, initialement créée pour réduire la dépendance énergétique au pétrole par la production de biocarburants, l'usine d'éthanol de CSS a finalement opté pour la production d'alcool pour l'exportation (premier exportateur d'alcool brut au sein de l'UEMOA en 2015) (GRET, 2015).

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : il est difficile d'envisager la valorisation énergétique de la biomasse forestière pour alimenter le secteur des transports (disponibilité et accès aux matières premières, barrières technologiques, contraintes d'investissement...) mais plutôt à partir de biomasse non forestière (bien que les mêmes difficultés puissent y être rencontrées).

Ce secteur peut effectivement être alimenté en énergie par la production de biocarburants à base (i) d'alcool comme le bioéthanol produit à partir de la bagasse (ou d'autres matières riches en sucre comme les déchets de fruits comme la mangue en tant que produit forestier non ligneux) ou (ii) d'huile comme le biodiesel produit à partir des graines de jatropha par exemple.

En outre, une fois traité et comprimé, le biogaz peut être utilisé comme carburant de substitution au pétrole pour le transport, ce qui lui confère des propriétés similaires à celles du gaz naturel comprimé. Il peut être produit par la méthanisation de la biomasse (déchets agro-industriels et d'élevage, etc.).

4.5.2.3. Résidentiel (ménages)

Demande énergétique du secteur : troisième consommateur d'énergie du pays (21 % du total) juste après l'industrie (23 %), le secteur résidentiel consomme un total annuel de près de 400 ktep.

La biomasse (bois de chauffage et charbon de bois pour la cuisson...) satisfait près de la moitié des besoins énergétiques des ménages, soit près de 200 ktep/an, tandis que l'électricité (pour l'éclairage, la fourniture d'équipements électriques domestiques...) et les produits pétroliers (production de gaz butane utilisé pour la cuisson, combustible pour l'alimentation des générateurs notamment) satisfont chacun près d'un quart, soit respectivement 104 et 96 ktep/an (voir [Error! Reference source not found, figure 61](#)).

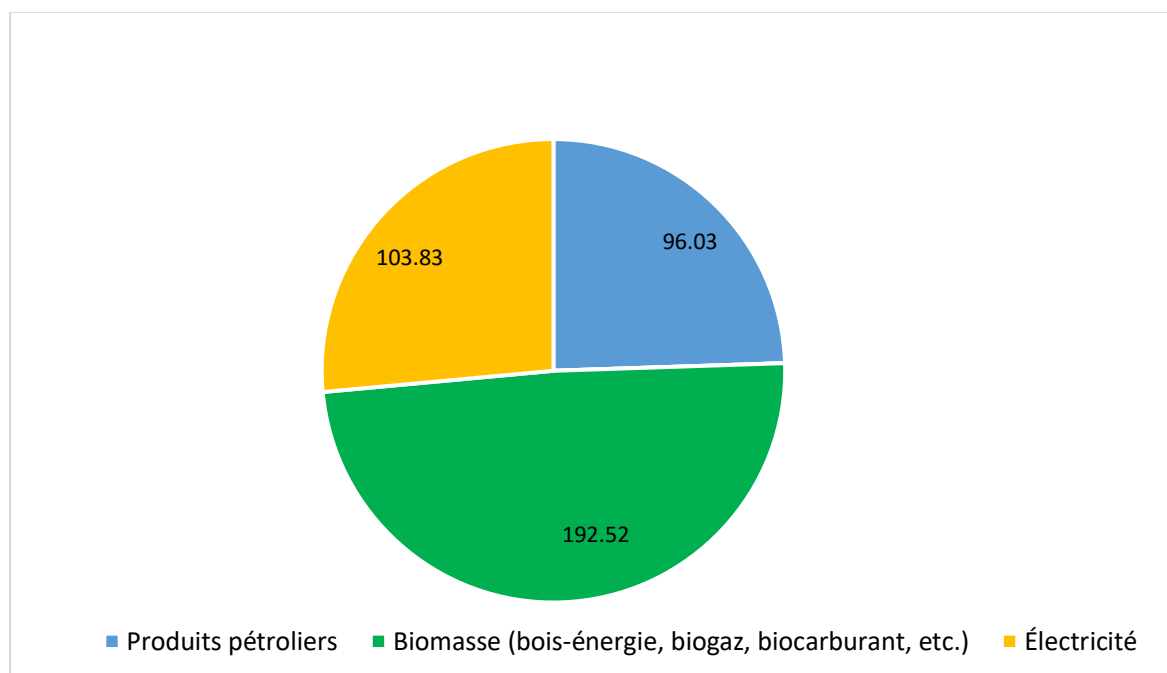


Figure 716172: Consommation totale d'énergie finale du secteur résidentiel (ménages) en 2017 (en Ktep)

Source : ((AFREC, Africa energy balances, 2019)

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : constituant 49 % de l'énergie finale consommée dans le secteur résidentiel, la biomasse est le type d'énergie largement utilisé par les ménages.

Il s'agit principalement de bois de chauffage, de charbon de bois et, dans une moindre mesure, de bio-charbon (produit fabriqué à partir de poussière, de coque d'arachide ou de paille), utilisé principalement pour la cuisson, voire le chauffage (chauffage de l'eau, des locaux, etc.) ou d'autres usages domestiques spécifiques (repassage, par exemple).

Bien que peu répandu au niveau national, il convient de noter que le biogaz, produit à partir de bouses de vache ou de déchets d'abattoirs, fournit également de l'énergie de cuisson à plus de 1 300 ménages (biodigesteurs domestiques produits dans le cadre du Programme national de biogaz du Sénégal et biodigesteurs de l'abattoir de St-Louis d'une capacité de production de 10 000 m³ par an pour alimenter 12 ménages en biogaz).

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : au-delà de l'utilisation du bois de chauffage et du charbon de bois, en particulier comme combustible pour la cuisine domestique, il semble y avoir relativement beaucoup de possibilités d'utilisation de la biomasse forestière (y compris les résidus de produits forestiers non ligneux) ou de la biomasse non forestière (biomasse agro-industrielle provenant de sources non forestières) pour l'approvisionnement énergétique des ménages :

- Production de charbon de bois alternatif (biochar) à partir de résidus forestiers (poussière de bois disponible dans les points de distribution de charbon de bois des grandes villes, sciure et copeaux de bois dans les scieries, poussière de coquilles de noix de cajou ou de noix de cajou dans les usines de transformation de noix de cajou, etc.) et/ou de résidus agricoles (coquille d'arachide, balle de riz, tige de coton... disponibles dans les zones de production de ces cultures) ;
- Production de biogaz, à partir de bouse de vache ou d'autres biomasses fermentescibles (déchets d'abattoirs, déchets de fruits, notamment de mangues, etc.) pour la cuisine et l'éclairage, voire pour l'électrification décentralisée.
- Production d'électricité dans des centrales à biomasse (bois issu du reboisement et de la gestion durable, sciure et copeaux de bois, résidus agricoles, etc.)
- Production de biocarburant comme alternative au pétrole pour alimenter les générateurs domestiques (bioéthanol à partir de bagasse ou d'autres déchets riches en sucre, biodiesel à partir d'huile de jatropha, etc.)

4.5.2.4. Entreprises et services publics

Demande énergétique du secteur : le secteur des services commerciaux et publics ne représente qu'une petite partie de la consommation énergétique du pays, soit moins de 10 % du total (165 ktep/an sur un total de 1906 ktep consommés annuellement).

Près de 98 % de l'énergie utilisée par ce secteur provient de l'électricité (89 ktep/an ; éclairage public, alimentation électrique des bâtiments publics, des magasins et des restaurants...) et de la biomasse (75 ktep/an ; bois de chauffage et charbon utilisés dans les restaurants...) ; et seulement 2 % des produits pétroliers (gaz butane utilisé dans les restaurants, carburant pour les générateurs...) (voir [Error! Reference source not found.figure 62](#)).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : Près de la moitié des besoins énergétiques de ce secteur proviennent de la biomasse (46 % du total) et, plus particulièrement, principalement de l'utilisation du bois de chauffage et du charbon de bois comme combustible de cuisson pour la restauration. Étant donné que l'économie informelle est très répandue dans le pays, en particulier la restauration de rue, il est probable que cette consommation d'énergie a été sous-estimée.

Malgré sa très faible part dans la consommation totale d'électricité de ce secteur, il convient de souligner deux expériences de production de biogaz à des fins de production d'électricité "propre".

Dans le domaine du commerce (viande), la Société de Gestion des Abattoirs du Sénégal (SOGAS) à Dakar produit annuellement 517.000 m³ de biogaz qui est valorisé énergétiquement grâce à une unité de cogénération (production de 800 MWh/an d'énergie électrique et 1700 MWh/an d'énergie thermique (ReCube, 2016).

Dans le domaine des services publics (assainissement), la station d'épuration de Cambérène produit annuellement 51 100 m³ de biogaz, qui est transformé en énergie électrique et thermique via un système de

cogénération. Cette énergie propre autoproduite sur le site permet de réduire de 50% l'énergie conventionnelle utilisée dans la station (Incatema, 2019).

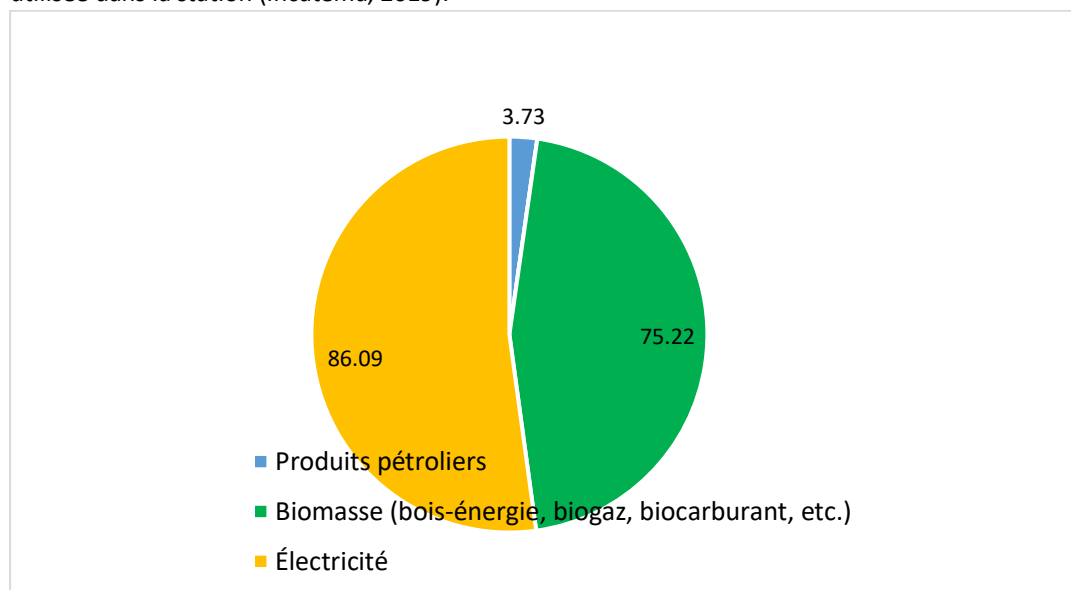


Figure 736274-: Consommation totale d'énergie finale du secteur commercial et des services publics en 2017 au Sénégal (en ktep)

Source : (AFREC, 2019)

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : les propositions faites ci-dessus au chapitre "[Error! Reference source not found.2.2.2.3](#)" concernant les ménages sont applicables ici, notamment pour les entreprises (restaurants, abattoirs, etc.).

4.5.2.5. Agriculture et sylviculture

Demande énergétique du secteur : le secteur agricole et forestier consomme moins de 1 % de l'énergie finale totale du pays, soit seulement 9 ktep/an uniquement à partir de l'électricité (alimentation des chambres froides pour la conservation des produits agricoles, et éventuellement aussi des machines des usines de transformation du bois).

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : aucune biomasse n'est utilisée pour répondre aux besoins énergétiques de ce secteur.

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : comme mentionné dans les chapitres "[Error! Reference source not found.2.2.2.1](#)" relatif au secteur industriel et "[Error! Reference source not found.2.2.2.3](#)" relatif au secteur résidentiel, la production d'électricité dans des installations de biomasse forestière (bois, déchets de scierie, résidus de produits forestiers non ligneux, etc.).

Conclusions et recommandations

Principaux secteurs présentant un potentiel pour la bioénergie

Dans un pays qui dépend fortement des importations de combustibles fossiles pour satisfaire ses besoins énergétiques, mais qui voit en même temps ses ressources forestières diminuer en raison de la demande toujours croissante de bois-énergie, il est essentiel d'agir avec des mesures qui permettront de réduire cette tendance de deux manières : tout d'abord, réduire la consommation de ressources primaires (efficacité énergétique), et enfin rendre l'exploitation de la ressource durable (entre autres, en augmentant l'offre de biomasse moderne, comme le charbon de bois provenant de sources gérées, le biochar ou le biogaz).

Le secteur économique le plus à même d'agir sur cette utilisation de la biomasse à des fins énergétiques semble être les ménages puisque 70 % de la biomasse est consommée par eux. Cette biomasse est utilisée à des fins

thermiques (principalement pour la cuisson), ce qui est l'utilisation la plus appropriée pour le type de biomasse utilisé (bois de chauffage provenant de petits arbres, résidus de culture et biogaz à petite échelle).

En outre, les secteurs des services commerciaux et publics et de l'industrie présentent un potentiel important pour l'utilisation de la biomasse car ces secteurs (i) consomment les 30 % restants de biomasse et (ii) dépendent de l'utilisation de l'électricité pour satisfaire leurs besoins énergétiques, respectivement jusqu'à 52 % et 22 %.

Recommandations

Le fait que :

- (i) La biomasse satisfait près de la moitié des besoins énergétiques des ménages (environ 50 %), ce qui laisse une marge d'amélioration considérable (d'autant plus que 26 % des besoins énergétiques des ménages sont satisfaits par l'importation d'électricité, contre 24 % pour l'importation de produits pétroliers),

et

- (ii) Le Sénégal est caractérisé par une population très jeune (l'âge moyen de la population est de 19 ans, avec une projection en 2020 estimée à 16,7 millions) et connaît une croissance démographique très importante (taux de croissance de la population d'environ 3% entre 2017 et 2018) (Ansd, 2012). Les ménages représentent *a priori* le secteur le plus prometteur en termes d'accès aux services énergétiques modernes basés sur la biomasse.

4.6. Togo

4.6.1. Les ressources énergétiques du pays

Approvisionnement en énergie primaire

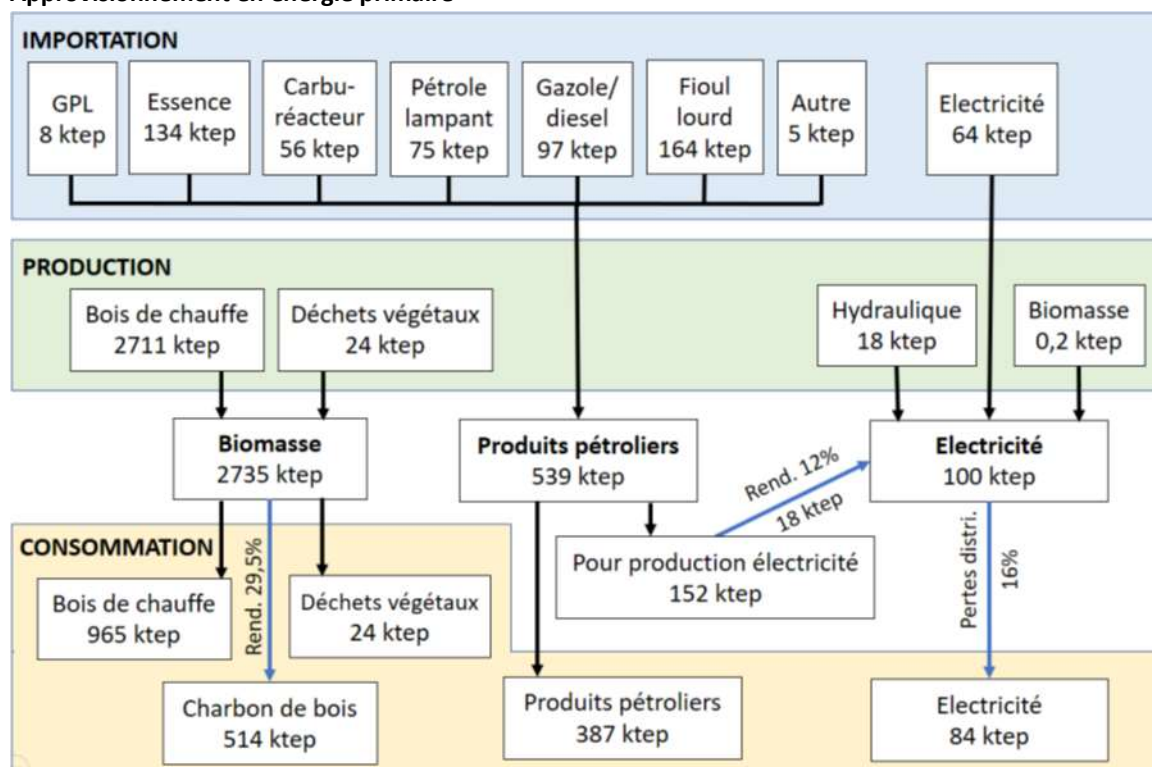


Figure 7563: Détails de l'approvisionnement énergétique du Togo en 2016 Source : (SIE, 2016)

Le système d'information sur l'énergie du Togo, dans son rapport 2016 (SIE 2016) ²²produits pétroliers et électricité.

Les données de la Commission africaine de l'énergie (AFREC) confirment cette tendance. En effet, en 2017, la biomasse, les produits pétroliers et l'électricité constituent également l'essentiel de l'approvisionnement total en énergie primaire (AFREC 2019).

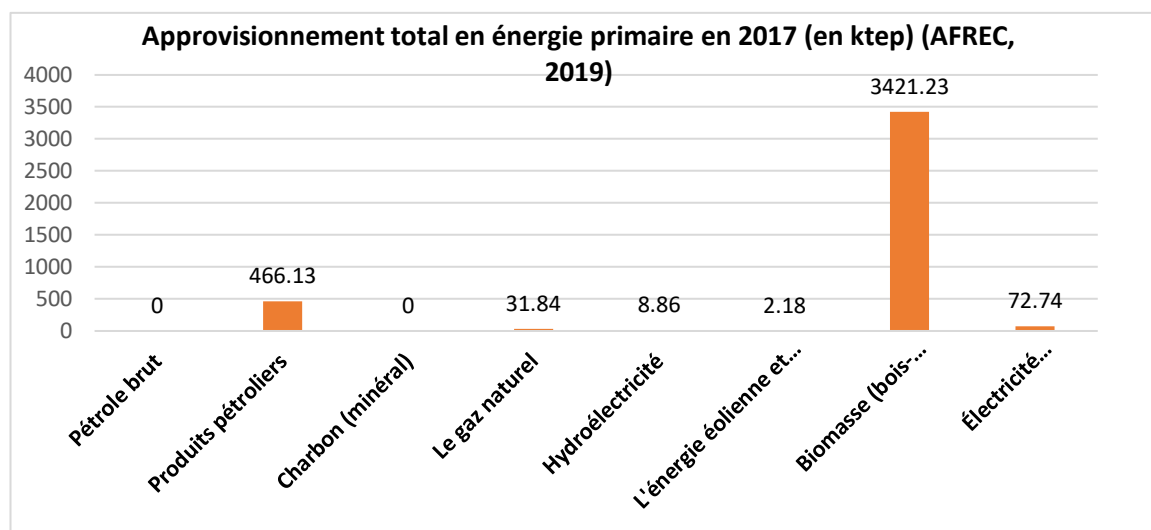


Figure 7664: Approvisionnement total en énergie primaire en 2017 au Togo (en ktep)

Source : (AFREC, 2019)

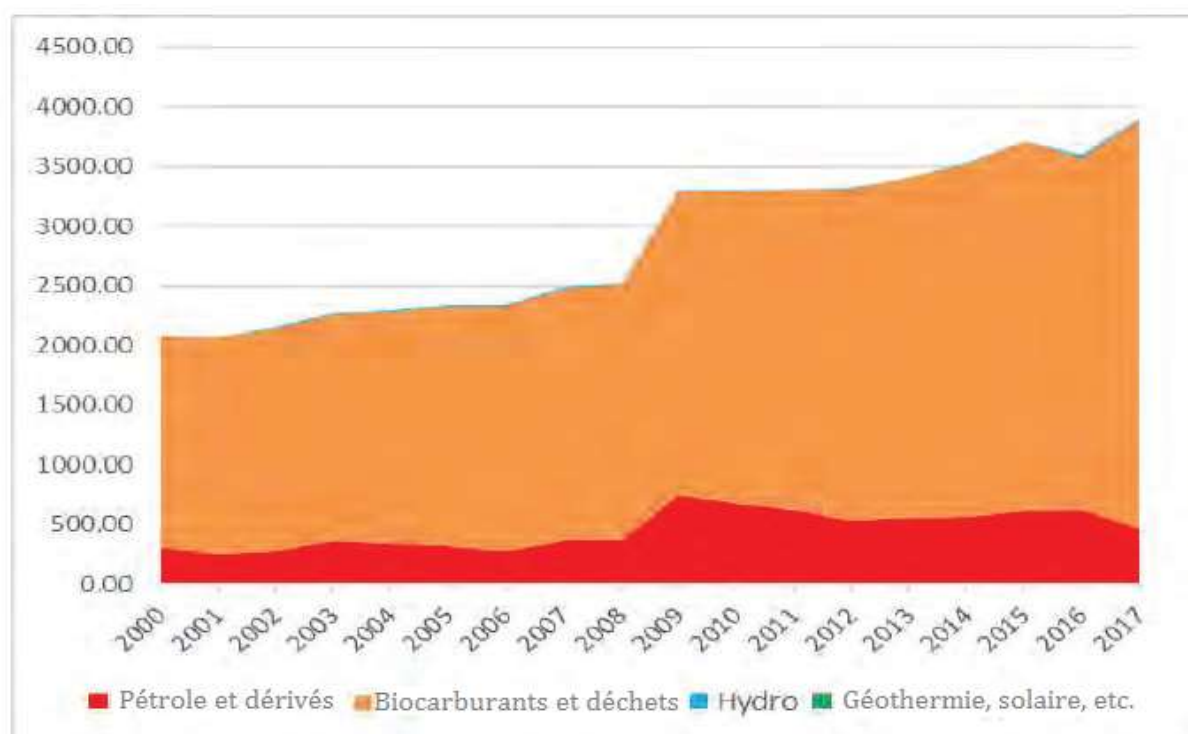


Figure 7765: Courbe de croissance de l'approvisionnement énergétique du Togo par source

Source : (AFREC, Africa energy balances, 2019)

²² Lorsqu'aucune source supplémentaire n'est mentionnée, les données énergétiques de 2016 correspondent aux données de l'SIE 2016.

Le **Error! Reference source not found. tableau 9** présente l'évolution de la production énergétique au Togo entre 2000 et 2017 (avec des projections pour 2018 et 2019).

Au niveau national, la production d'énergie, comme le montre la **Error! Reference source not found. figure 34** ci-dessous, est de loin la plus importante source d'énergie produite localement au Togo. Depuis 2016, la production augmente pour répondre aux besoins énergétiques de la population pour la cuisson des aliments. On peut également constater que depuis 2017, près de 90 % de l'électricité produite par le Togo est dominée par les combustibles fossiles, notamment les produits pétroliers, dont 100 % sont importés. En revanche, la contribution des énergies renouvelables (notamment hydrauliques) à cette production d'électricité a diminué. La part des autres énergies renouvelables (solaire, éolienne, etc.) est marginale (environ 3 % depuis 2017).

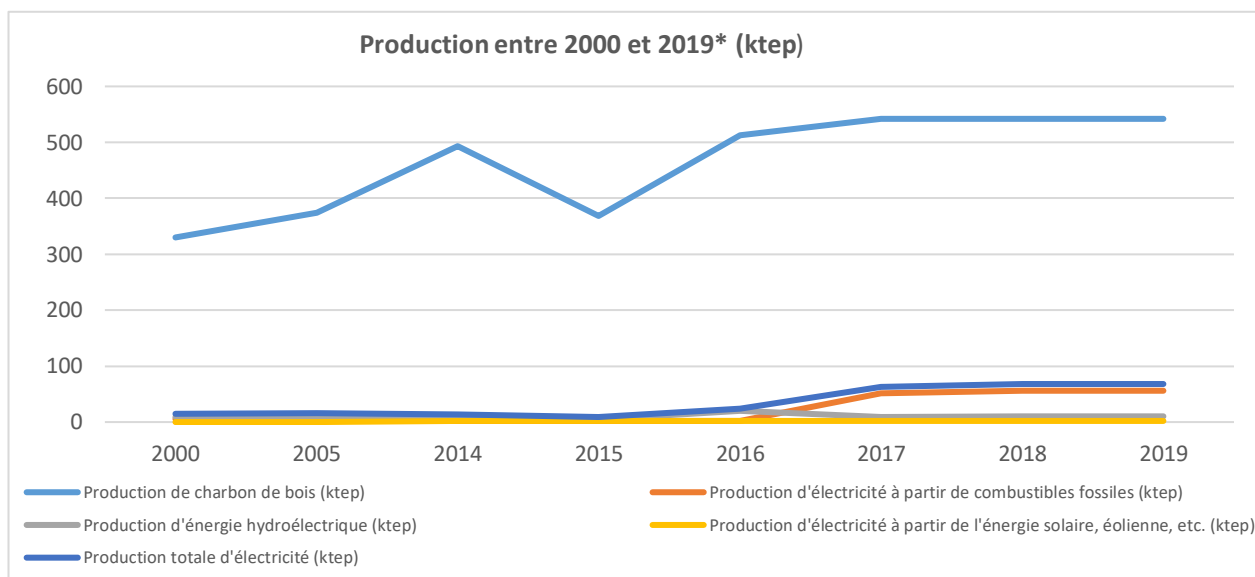


Figure 7866-: Production au Togo entre 2000 et 2019 (Ktep)

Source : (AFREC 2019)

*les années 2018 et 2019 sont des projections

Tableau 4140-: Évolution de la production énergétique au Togo entre 2000 et 2019

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018 *	2019*
Production de charbon (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de charbon de bois (ktep)	330	374	493	369	513	542	542	542
Production de pétrole brut, de GPL et d'additifs (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de gaz naturel (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité à partir de biocarburants, de déchets (ktep)	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité à partir de combustibles fossiles (ktep)	6	10	2	2	2	51	56	56

Production d'énergie hydroélectrique (ktep)	9	6	10	5	20	9	10	10
Production d'électricité à partir de l'énergie solaire, éolienne, etc. (ktep)	0	0	2	2	2	2	2	2
Production totale d'électricité (ktep)	15	16	14	9	24	63	68	68
Production de produits pétroliers dans les raffineries(ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : (AFREC 2019) *projection

Biomasse

La biomasse est une source d'énergie importante au Togo. Elle est dominée par le bois-énergie (bois de chauffage et charbon de bois) et est principalement utilisée par les ménages, et dans une certaine mesure par les entreprises.

La consommation de biomasse provient entièrement des ressources nationales. La production totale en 2016 était de 2 735 ktep en énergie primaire, avec 99 % (2 711 ktep) de bois énergie et le reste des déchets végétaux (24 ktep). Plus d'un tiers (35 %) du bois est utilisé tel quel, principalement par les ménages (soit une consommation de 965 ktep), et la quasi-totalité du reste est transformée en charbon de bois avec un rendement massique de 15 % (soit un rendement énergétique de 29,5 %), permettant une consommation finale de 514 ktep. En 2017, la production totale de biomasse était de 3 421 ktep, soit une augmentation de 25 % par rapport à 2016.

Hydroélectricité

Le potentiel hydroélectrique du Togo est très important grâce au réseau fluvial. Une quarantaine de sites ont été prospectés sur les fleuves Mono, Oti et Sio, dont près de la moitié (23) ont un potentiel de plus de 2 MW. Ainsi, selon le rapport SIE 2016, la production attendue de l'ensemble des sites est estimée à environ 850 GWh pour une puissance à installer d'environ 224 MW.

En 2017, la production d'énergie hydroélectrique était de 8,86 ktep, soit 103 042 MWh. Le barrage le plus connu est celui de Nangbéto, à quelques kilomètres de la ville d'Atakpamé. Ce barrage est exploité par la Communauté Électrique du Bénin (CEB) pour une puissance totale de 64 MW.

Pétrole et dérivés

Le Togo dépend à 100 % des importations pour son approvisionnement en produits pétroliers. Depuis 2009, l'offre de produits pétroliers a fortement augmenté et sa consommation reste soutenue jusqu'à une baisse en 2017 de 13,5 % par rapport à l'année précédente. En 2016, l'offre s'élevait à 539 ktep. Une grande majorité (72 % ou 387 ktep) est consommée telle quelle, principalement par le secteur des transports, et le reste (152 ktep) est utilisé pour la production d'électricité avec un rendement de 23 % pour les centrales électriques publiques.

Solaire

Selon un rapport de SE4all (2012), les énergies nouvelles et renouvelables (solaire, éolienne, biocarburants, etc.) sont marginales (voire insignifiantes) dans le bilan énergétique du Togo (SE4all, 2012).

Ainsi, en 2012, selon ce rapport, la capacité totale d'énergie solaire installée au niveau national était de 301,92 kWp. Elle est souvent utilisée pour l'électrification des infrastructures sociales : écoles, dispensaires, pompage d'eau potable, etc. dans les zones rurales.

Le bilan énergétique du Togo pour 2017 fait état de 2,18 ktep (25 353 MWh) de production d'énergie solaire, éolienne et géothermique. Il est légitime de tout mettre sur le compte de l'énergie solaire, car l'énergie éolienne n'est pas encore développée dans le pays, et le potentiel de l'énergie géothermique est nul. Cette énergie proviendrait notamment des systèmes solaires hors réseau, puisque la première centrale solaire connectée au réseau électrique est prévue en 2021 à Blitta (50MW).

Éolienne

Selon le rapport SE4all, la puissance installée en 2012 était de 5,7 kW. Elle est utilisée pour le pompage de l'eau potable dans les zones rurales, précisément dans la localité d'Ataloté (Préfecture de Kéran) par les Sœurs pour le pompage de l'eau. Cependant, ces sources n'ont pas été référencées dans le SIE 2016, c'est pourquoi la production d'énergie éolienne primaire renouvelable a été estimée à 0.

Le rapport souligne qu'un projet de construction de centrales éoliennes (24 MW) a été annoncé et pourrait voir les premières connexions au réseau.

4.6.2. Les secteurs économiques clés selon les CND

La consommation nationale finale de ressources énergétiques du Togo est présentée dans le **Error! Reference source not found.** tableau 10.

Tableau 4241-: Consommation nationale d'énergie finale des ressources énergétiques du Togo entre 2000 et 2019

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Consommation finale de charbon (ktep)	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de pétrole(ktep)	271	286	544	594	617	364	376	376
Consommation finale de gaz naturel (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation finale d'électricité (ktep)	40	52	99	107	107	155	161	161

(*2018 et 2019 : projections)

La consommation de pétrole a considérablement augmenté entre 2005 et 2016. Cependant, depuis 2017, cette consommation a diminué.

D'autre part, la consommation d'électricité est en hausse. En deux décennies, la consommation d'électricité a quadruplé, passant de 40 ktep en 2000 à 161 ktep en 2019. Cela pourrait s'expliquer par l'augmentation du taux de couverture et l'augmentation du nombre de ménages ayant accès à l'électricité.

Une comparaison de la consommation de pétrole et d'électricité révèle une tendance inversée dans les deux cas depuis 2016. Cela pourrait se refléter dans le fait que la consommation de pétrole diminue progressivement au profit de l'électricité.

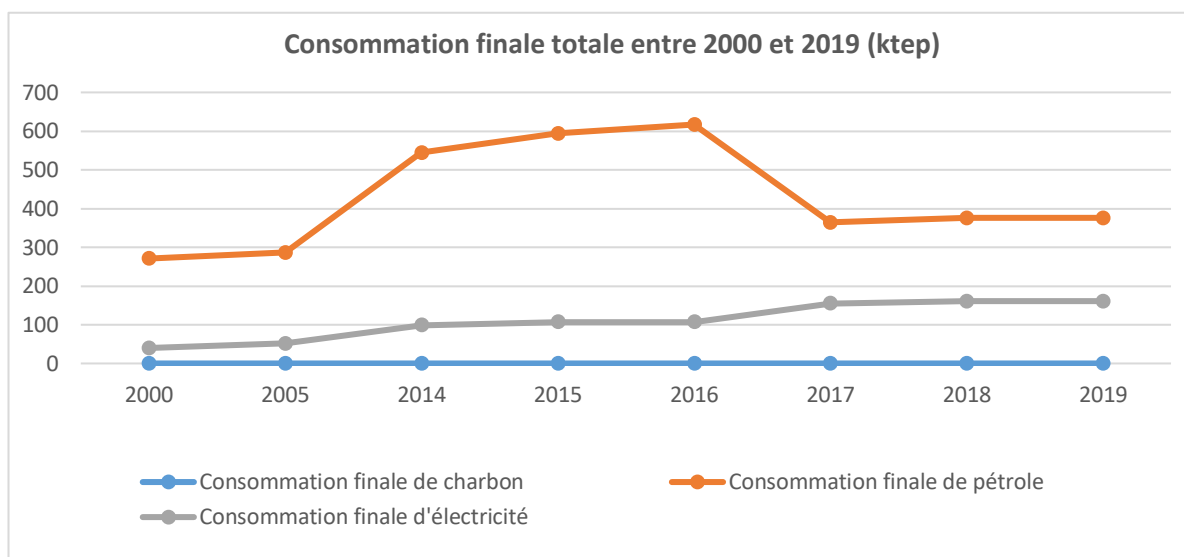


Figure 7967: Consommation finale totale entre 2000 et 2019

Même si cela n'apparaît pas dans le tableau ci-dessus, il faut noter que la consommation finale des sources d'énergie au Togo est dominée par la biomasse. En effet, en 2016, elle représentait 76% de la consommation finale d'énergie du pays, principalement des combustibles ligneux (bois et charbon de bois) et quelques résidus agricoles. En 2017, la consommation de biomasse était de 1919,15, soit 79% de la consommation finale totale du pays.

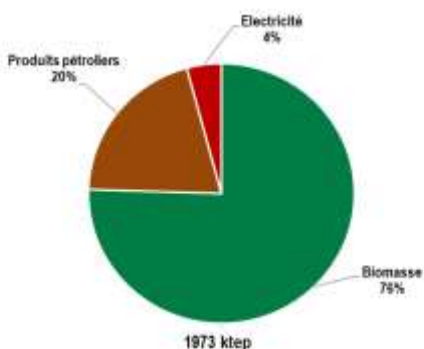


Figure 8068: Répartition de la consommation finale par source d'énergie en 2016

Source : (SIE, 2016)

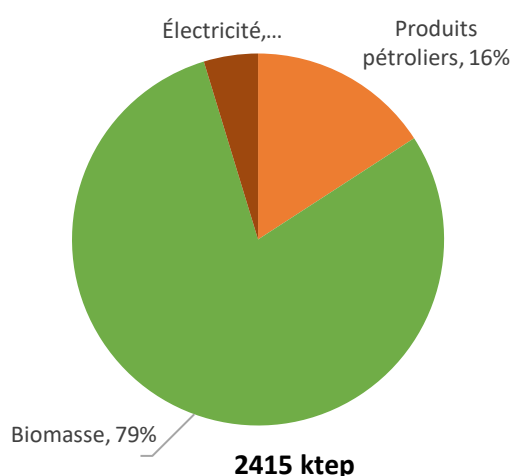


Figure 8169: Consommation finale totale en 2017 au Togo

Source : (AFREC 2019)

Selon les chiffres ci-dessus, la consommation finale d'énergie aurait augmenté de 22 % par rapport à 2016. En effet, la consommation d'énergie finale au Togo a fait un bond depuis 2015 comme le montrent les statistiques recueillies par l'AFREC ; la biomasse prenant une part de plus en plus importante dans la consommation totale d'énergie. Ainsi, selon l'SIE 2016, 1499 ktep de biomasse auraient été consommées en 2016 contre 1919 ktep en 2017. Cela ne correspond pas nécessairement à un véritable bond de la consommation de biomasse, mais plutôt à un système d'intelligence énergétique de plus en plus complet, dont le SIE 2017 a pu identifier plus de sources que dans les éditions précédentes.

La répartition de cette consommation en 2017 par secteur d'activité est présentée dans la [Error! Reference source not found. figure 39](#).

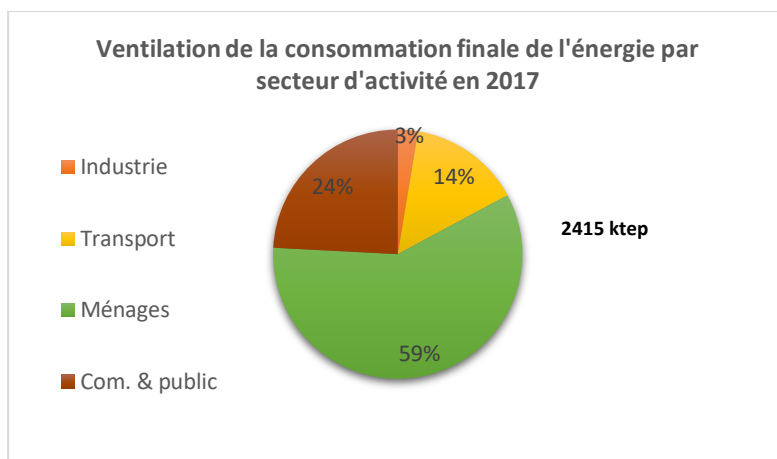


Figure 8270- Répartition de la consommation finale d'énergie par secteur d'activité en 2017

Source : (AFREC 2019)

Selon le dernier bilan disponible (2017), les ménages représentent la plus grande partie de la consommation finale d'énergie (59 %), suivis du secteur commercial et public (24 %) et des transports (14 %). L'industrie ne représenterait que 3 % du total.

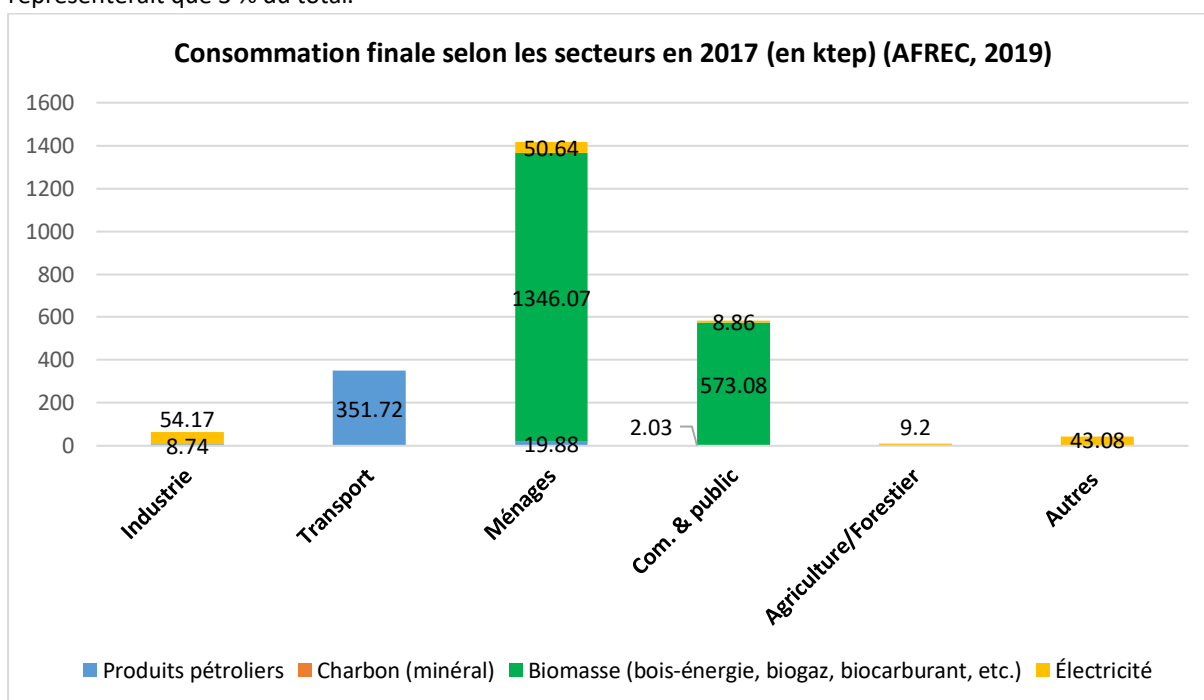


Figure 8372- Consommation totale d'énergie finale par secteur en 2017 au Togo (en ktep)

Source : (AFREC, 2019)

4.6.2.1. Industrie

Demande d'énergie : Le pays est faiblement industrialisé et la part de ce secteur dans la consommation d'énergie en est la preuve. Le tissu industriel est surtout représenté par la transformation agroalimentaire, suivie par les activités d'extraction et de transformation minière (WTO, 2012). Ces dernières pèsent lourd dans le bilan énergétique de l'industrie, car ce sont des activités très consommatrices d'énergie : extraction de phosphates, production et broyage de clinker, de minerai de fer et de marbre. En 2016, les produits miniers représentaient environ 60 % des exportations du pays. Parmi les principales industries de transformation des aliments, on compte au moins une huilerie produisant de l'huile de coton et du beurre de karité, basée à Lomé.

Le tableau suivant présente la consommation d'énergie dans l'industrie au Togo selon les sources de l'AFREC.

Tableau 4342: Consommation d'énergie dans l'industrie au Togo

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Consommation industrielle de pétrole (ktep)	85	30	52	57	60	9	10	10
Consommation industrielle de gaz naturel (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-
Consommation industrielle d'électricité (ktep)	11	16	28	34	35	54	56	56
Consommation industrielle de charbon (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : (AFREC 2019) (*projections)

Après 2016, la consommation de pétrole dans les industries du Togo a diminué, contrairement à celle de l'électricité, qui a augmenté de manière plus significative à partir de cette date.

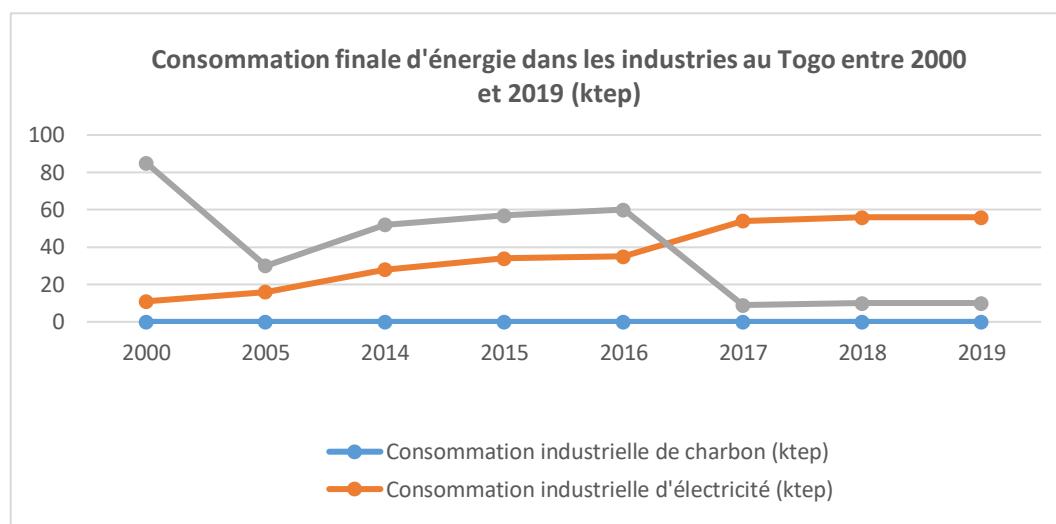


Figure 8473: la consommation d'énergie dans les industries au Togo entre 2000 et 2019

Source : (AFREC 2019)

Pourcentage de la biomasse utilisée dans le secteur : Les données disponibles montrent une part insignifiante, voire inexistante, de la biomasse dans la consommation énergétique industrielle. Le pétrole et l'électricité resteraient les seules sources d'énergie utilisées dans les industries au Togo, comme l'illustre la figure suivante. Néanmoins, il a été rapporté de bonne source que l'huilerie de Nioto à Lomé utilise sa biomasse résiduelle pour se fournir en énergie thermique (Icilome, 2019). L'omission de cette contribution suggère que d'autres utilisations de la biomasse dans l'industrie n'ont pas non plus été identifiées dans les SIEs pour le moment. Le bilan donnerait donc des informations partielles, bien que la part de la biomasse dans l'énergie finale devrait certainement être minime par rapport aux autres sources d'énergie (produits pétroliers et électricité).

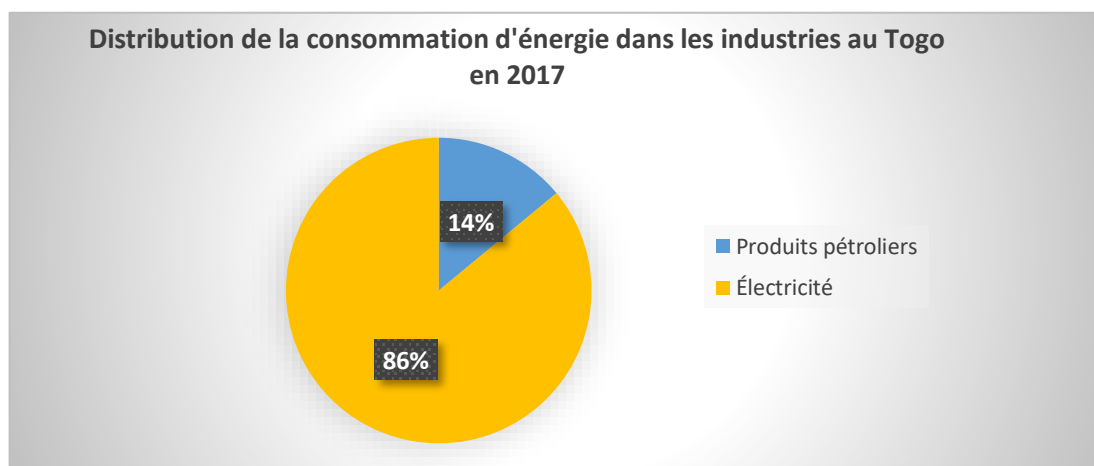


Figure 8574- Répartition de la consommation d'énergie dans les industries au Togo en 2017

Source : (AFREC 2019)

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : La faible part de la consommation énergétique industrielle dans la consommation énergétique totale (3 % en 2016 et 2017 par exemple) reflète le faible niveau d'industrialisation du pays. De plus, la part importante de l'électricité dans cette consommation pourrait indiquer que ces industries utilisent beaucoup moins d'énergie calorifique (chaleur). En effet, la transformation des différents produits du sous-sol nécessite de grandes quantités d'électricité. Les unités de broyage, de découpage, etc. ont besoin d'une puissance de l'ordre du MW pour pouvoir fonctionner.

Cela dit, la biomasse forestière au sens strict ne pouvait pas contribuer au secteur. Le pays ne dispose pas de ressources forestières suffisantes, et la biomasse exploitée à des fins énergétiques contribue principalement à la consommation domestique. En revanche, la biomasse d'origine agricole, parfois des produits non ligneux tels que le karité et les noix de cajou, peut encore être exploitée, au moins à des fins thermiques compte tenu de la taille des unités de transformation. A titre d'exemple paradigmatique, Nioto, en tant que plus grand transformateur de beurre de karité et d'huile de coton et l'un des plus grands industriels du pays, utilise ses déchets dans sa chaudière et étudierait la possibilité de produire son électricité à partir de ces sources (tourteau de karité et coques de coton).

4.6.2.2. Transport

Demande d'énergie : le tableau suivant montre la consommation d'énergie dans le secteur des transports au Togo.

Tableau 4443- Consommation d'énergie dans les transports au Togo entre 2000 et 2019

Années	2000	2005	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Consommation de pétrole dans les transports (ktep)	137	195	419	461	483	334	345	345
Consommation d'électricité dans les transports (ktep)	-	-	-	-	-	-	-	-

(*projections)

Le secteur des transports reste exclusivement dominé par la consommation de produits pétroliers, dont la plupart sont utilisés dans le transport routier et une petite partie comme carburant d'avion dans le transport aérien.

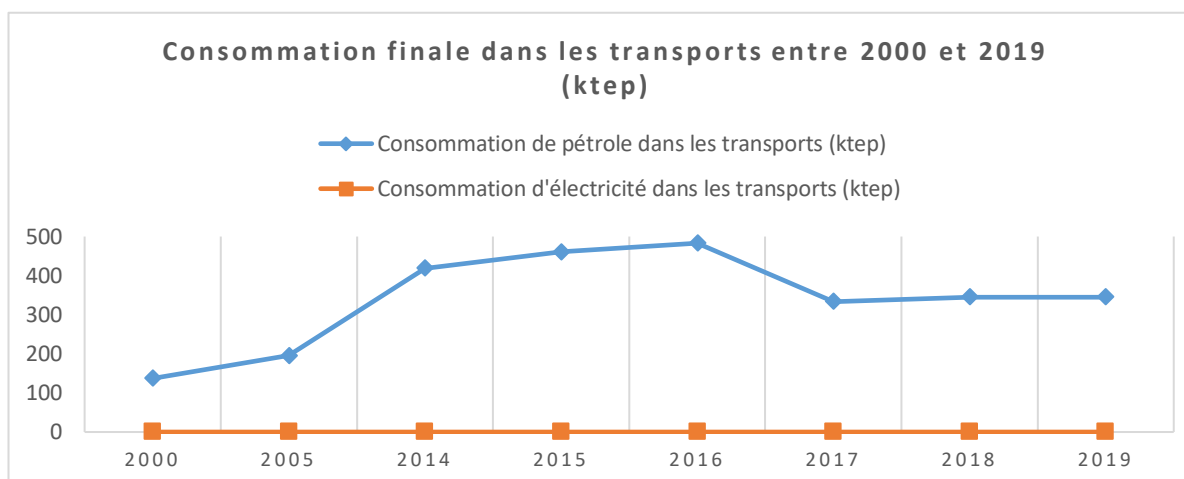


Figure 8675-: Consommation finale dans les transports au Togo entre 2000 et 2019

Source : (AFREC 2019)

Contribution de la bioénergie forestière dans le secteur : Comme indiqué dans ces rapports, la contribution de la bioénergie dans ce secteur ne peut se faire que par l'utilisation de biocarburants. Mais pour l'instant, c'est un domaine qui est loin d'être développé au Togo. Il faut donc admettre que les produits pétroliers ont encore un bel avenir dans ce secteur au Togo.

Résidentiel (ménages)

Demande d'énergie : la biomasse représente les formes d'énergie les plus essentielles consommées dans les ménages. En 2016, elle représentait 90 %, alors qu'en 2017, elle représentait 95 % de l'énergie consommée dans les ménages. Cette biomasse est principalement constituée de bois de chauffage et de charbon de bois, dont l'énergie est utilisée par les ménages pour la cuisine et le chauffage.

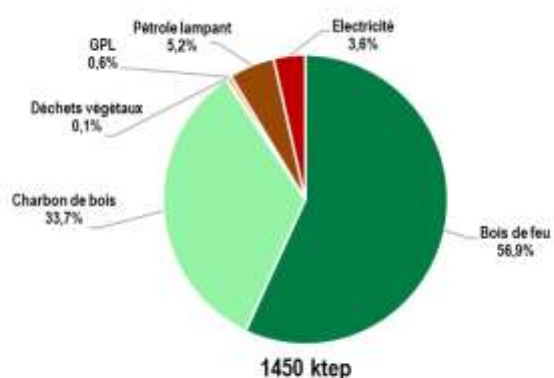


Figure 8776-: Consommation d'énergie des ménages en 2016

Source : (SIE 2016)

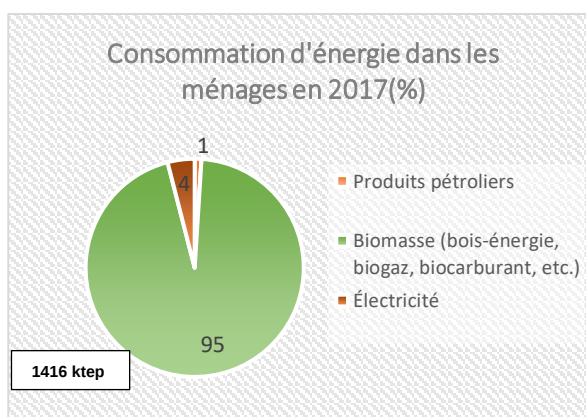


Figure 8877-: Consommation d'énergie des ménages en 2017

Source : (AFREC 2019)

Entreprises et services publics

Demande d'énergie : comme on l'a vu plus haut, la part des magasins et des services publics dans la consommation est de 24 %.

Selon les données de l'AFREC, en 2017, la consommation dans ce secteur était dominée par la consommation de biomasse d'environ 573 ktep, soit 98%.

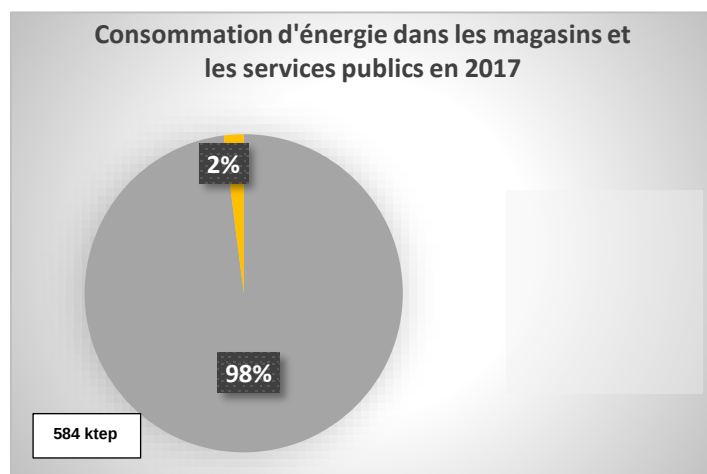


Figure 8978: Consommation d'énergie du secteur commercial et des services publics en 2017

Source : (AFREC 2019)

Agriculture

Demande d'énergie : Il n'existe que très peu ou pas d'informations sur la consommation d'énergie dans ce secteur. Les bilans énergétiques établis entre 2000 et 2016 dans le rapport SIE du Togo (2016) ne fournissent aucune donnée sur la consommation d'énergie dans le secteur agricole, ni sur la consommation de produits pétroliers, ni sur la consommation de biomasse ou d'électricité. Sauf à supposer que le secteur ne consomme pas d'énergie (ce qui semble peu probable), cela pourrait s'expliquer par l'indisponibilité de ces informations. D'autant plus qu'il s'agit d'un secteur quasi-informel, et qu'il occupe une majorité de la population rurale, qui n'est pas toujours consciente de la nécessité de disposer de données sur l'énergie. Cependant, et comme le rappelle le SIE (2016), l'absence de consommation de produits pétroliers et d'électricité dans l'agriculture pourrait être un indicateur du faible niveau de mécanisation de l'agriculture togolaise (machines agricoles) et de la faible utilisation des technologies de transformation et de conservation des produits agricoles au sens large (agriculture, sylviculture, pêche et élevage).

Cependant, comme dans la plupart des pays de la sous-région, c'est un secteur qui fournit une biomasse résiduelle (tiges, coques, épis, rafles, etc.) disponible à la fois dans les champs et dans les sites de transformation. Ces derniers restent, à quelques exceptions près, de très petite taille, de sorte que les déchets sont dispersés. Cette biomasse pourrait être une source d'énergie importante mais malheureusement pas encore suffisamment exploitée.

Conclusions et recommandations

Principaux secteurs présentant un potentiel pour la bioénergie

Compte tenu de la situation décrite ci-dessus, les principaux secteurs ayant un potentiel de consommation de bioénergie sont les ménages et les services commerciaux et publics, où l'énergie est principalement utilisée pour la cuisson.

Recommendations

La part importante de la biomasse, en particulier de la biomasse ligneuse (bois de chauffage et charbon de bois) dans la consommation totale d'énergie des ménages pourrait être remplacée par la bioénergie sous forme de biocarburant. Comme indiqué dans le rapport 2.1, on peut prévoir un certain potentiel de valorisation de la poussière de charbon de bois à Lomé. Cependant, la biomasse qui peut être valorisée en bioénergie se trouve principalement dans les résidus agricoles, qui ne font pas l'objet de cette étude.

2 References

- Abanda, F. (2012). Renewable energy sources in Cameroon: Potentials, benefits and enabling environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4557-4562.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.011>
- About Energy. (n.d.). *Energy Overview*. About energy.com. Retrieved 10 22, 2020 from Aboutenergy.com: https://www.aboutenergy.com/en_IT/reportages/congo_eng/energy-overview.html?lnkfrm=All
- ADEME. (2008). *Les CONSOMMATIONS d'ÉNERGIE des PAYS de la CEDEAO et de la CEDEMAC*. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. From https://www.scribd.com/document/434688551/77908-Conso-Cedeao-Et-Cemac-fr?language_settings_changed=English
- AER-Mali. (n.d.).
- AFREC. (2017).
- AFREC. (2018). *Africa Energy Database*. African Union. From https://afrec-energy.org/Docs/En/PDF/2018/statistics_2018_afrec.pdf
- AFREC. (2019).
- AFREC. (2019).
- AFREC. (2019).
- AFREC. (2019). *Africa energy balances*. African Union. From <https://au-afrec.org/publications/afrec-africa-energy-balance-2019-en.pdf>
- Africa Energy Portal. (2020, 5 14). *Djibouti: Geothermal project to boost green energy production capacity*. Retrieved 10 28, 2020 from Africa Energy Portal: <https://africa-energy-portal.org/news/djibouti-geothermal-project-boost-green-energy-production-capacity>
- Ansd. (2012). Retrieved 11 19, 2020 from Annuaire Statistique du Senegal: <http://www.ansd.sn/>
- Barba, J. (2018, 1 18). *The electricity sector in Burundi: a place for renewable energy in the great lakes region?* Retrieved 10 27, 2020 from Lexology.com: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=8a686f01-c89c-4db6-b973-164b5abda114>
- Bazex, K., & Antoine, R. L. (2019). *Burundi Off-grid Access Project*. The World Bank.
- Benin Government. (2019, 8 30). *Implementation of the PAG: The Maria-Gléta II power station now a reality*. Retrieved 11 19, 2020 from Government of the Republic of Benin: <https://www.gouv.bj/actualite/332/mise-en-%C5%93uvre-du-pag-la-centrale-electrique-de-maria-gleta-ii-desormais-une-realite/>
- Bindo, M. (2017). *Diagnosis of the Energy Sector of the Central African Republic*. United Nations Development Programme (UNDP). From <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/CAF/Rapport de diagnostic du secteur %C3%A9nergie RCA VF.pdf>

- Burkina Faso Government. (2016). *DECREE N ° 20161063 / PRES / PM / MEMC / MINEFID adopting the Energy Sector Policy Letter (LPSE) N ° 52 OF DECEMBER 29, 2016*. From https://translate.googleusercontent.com/translate_f
- Burundi National Energy Report. (2017). *Fostering cooperation in energy-efficiency and accessibility in East Africa* (pp. 1-22). Dr. Pierre-Célestine Karwanga.
- Butler, R. (2016). *Djibouti Forest Information and Data*. Retrieved 7 1, 2020 from Mongabay.com: <https://rainforests.mongabay.com/deforestation/2000/Djibouti.htm>
- Campos, A. (2012). Equatorial Guinea. In A. Mehler, H. Melber, & K. v. Walraven (Eds.), *Africa Yearbook Volume 9: Politics, Economy and Society South of the Sahara in 2012* (Vol. 9). doi:10.1163/1872-9037_ayb_ayb2012_COM_0027
- CEDEAO / République Côte d'Ivoire. (2016). *Plan d'Actions National des Energies Renouvelables*.
- CIA. (2020). *The World Factbook: Equatorial Guinea*. Retrieved 11 4, 2020 from The World Factbook: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ek.html>
- Constantine, T. (n.d.). *Energy for the emergence of the Congo: Energy strategies of the Congo 2015-2025*. Project Paper for Diploma in Energy Management. From https://www.hec.ca/formations-internationales/dess-congo/cohorte-1/DESS_CONGO_Strategie_rapport.pdf
- CRSE. (n.d.). *Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité: Producteurs-independants*. Retrieved 11 19, 2020 from Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité: <https://www.crse.sn/producteurs-independants>
- Data, W. (n.d.). *Energy consumption in Cameroon*. Retrieved 10 22, 2020 from WorldData.info: <https://www.worlddata.info/africa/cameroon/energy-consumption.php>
- Djouedjom, G. T., & Zhao, X. (2018). Current Status of Renewable Energy in Cameroon. *North American Academic Research*, 1(2), 71-80. From https://www.researchgate.net/publication/326635559_Current_Status_of_Renewable_Energy_in_Cameroon
- Djoyum, B.-O. (2012, 9 19). *Gold, diamonds, iron and bauxite buried in Cameroon*. Retrieved 10 23, 2020 from AgenceCofin: <https://www.agencecofin.com/mines/1909-6733-de-l-or-du-diamant-du-fer-et-de-la-bauxite-enterres-au-cameroun>
- Duarte, M. (2012). *Renewable Energy in Mali: Achievements, Challenges and Opportunities*. From <https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/RE%20Mali%20exec%20summary%20final.pdf>
- ECCAS-CEMAC. (2014). *ECCAS White Paper of CEMAC: Regional policy for universal access modern energy services and economic and social development (2014-2030)*. Economic Community of Central African States (ECOWAS) and Central African Economic and Monetary Community (CEMAC). From https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/News___Partners_Docs/ECCAS_CEMAC_livre_blanc_energie_2014.pdf
- ECREEE. (2012). *Renewable Energy in West Africa: Status, experiences and trends*. (Vilar, Ed.) ECOWAS Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency (ECREEE). From http://www.ecreee.org/sites/default/files/renewable_energy_in_west_africa_0.pdf
- EDF. (2013). Renewable origin electricity production: details by region and by country: Gabon. Observ'ER. From <http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/inventaire/pdf/15e-inventaire-Chap03-3.10.5-Gabon.pdf>
- EIA. (2017, 12). *Equatorial Guinea*. Retrieved 12, 2020 from EIA: US Energy Information Administration: <https://www.eia.gov/international/analysis/country/GNQ>

- Encyclopedia of the Nations. (2020). *Cameroon-Energy and Power*. Retrieved 11 4, 2020 from Nations. Encyclopedia: <https://www.nationsencyclopedia.com/Africa/Cameroon-ENERGY-AND-POWER.html#:~:text=Cameroon%20began%20offshore%20oil%20production,barrels%20per%20day%20in%201999>
- (n.d.). *Energy Profile Burundi*. From https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20486/Energy_profile_Burundi.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Energypedia. (2019, 8 5). *Gabon Energy Situation*. Retrieved 11 4, 2020 from Energypedia.info: https://energypedia.info/wiki/Gabon_Energy_Situation#Solar
- Esseqqat, H. (2011). *Renewable Energies in the Democratic Republic of Congo*. From https://postconflict.unep.ch/publications/UNEP_DRC_renewable_energy_FR.pdf
- EU. (2012). *Schéma Directeur Du Secteur de l'Energie Au Tchad*. European Union. From <https://www.scribd.com/document/248020539/Schema-Directeur-Tchad-Final-Definitif-2>
- FAO. (1995). *Future energy requirements for Africa's agriculture*. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. From <http://www.fao.org/3/v9766E/v9766e00.htm#Contents>
- FAO. (2008). *Forest and Energy: Key issues*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). From <http://www.fao.org/3/i0139e/i0139e00.pdf>
- FAO. (2016). *Rapport BEFS RA / Bioénergie et sécurité alimentaire / Évaluation rapide*.
- FAO. (2017). *Forest and Climate Change Working Paper 16: Analysis Forests and Climate Change in East Africa*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. From <http://www.fao.org/3/a-i7757e.pdf>
- FAO. (2018). *Off-grid rural electrification options using crop and woody residues in Côte d'Ivoire: Bioenergy and Food Security case study*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. From <http://www.fao.org/3/ca2213en/CA2213EN.pdf>
- FAO. (2019). *FAOSTAT*. Retrieved 7 2, 2020 from FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GF>
- Fortune of Africa. (n.d). *Energy sector profile in Burundi*. From Fortune of Africa: <https://fortuneofafrica.com/burundi/energy-sector-profile-in-burundi/>
- Gabriel, T. (2014). *Cameroon - Contribution to the preparation of the national report for the formulation of the regional white paper on universal access to energy services, integrating energy development renewables and energy efficiency*. United Nations Environmental Programme. From https://www.seforall.org/sites/default/files/Cameroon_RAGA_FR_Released.pdf
- GIZ. (2011). *Energy Strategy and Action Plan for Burundi*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. From http://www.euei-pdf.org/sites/default/files/field_publication_file/FF_EUEI_PDF_Burundi_Energy_strategy_Nov_2009_EN.pdf
- Gouvernement Burkina Faso, C. (2015).
- Government of Cameroon. (2015). *National Intended Determined Contribution*. Republic of Cameroon. From <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cameroon%20First/CPDN%20CMR%20Final.pdf>
- Government of Equatorial Guinea. (2018). *National Plan for the Development of Renewable Energies in Equatorial Guinea*. Malabo. From https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/GNQ/PANDER_Final1.pdf

- Government of Gabon. (2013). *Gabon Strategic Plan: National Strategy for Industrialization*. From <http://www.mines.gouv.ga/object.getObject.do?id=1148>
- Government of Gabon. (2015). *The Republic of Gabon - Intended Nationally Determined Contribution (INDC)*. From [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Gabon First/20150331 INDC Gabon.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Gabon%20First/20150331%20INDC%20Gabon.pdf)
- GRET. (2015, 10 30). *Senegal leader in the export of raw alcohol within the UEMOA*. Retrieved 11 19, 2020 from Senegal Agri-food Portal: <https://www.agroalimentaire.sn/le-senegal-leader-dans-l'exportation-d'alcool-brut-au-sein-de-l'uemoa/>
- GTZ. (n.d). *Technical note on wood energy in Cameroon*. Yaoundé: GTZ-ProPSFE/Antenne de l'Est. From <http://www.doc-developpement-durable.org/file/Energie/biomasse-bois/Note%20tech%20sur%20bois-energie%20au%20Cameroun.pdf>
- Hafner, M., Tagliapietra, S., Falchetta, G., & Occhiali, G. (2019). Country Level Analysis: Power sector, Energy resources, and Policy Context. In *Renewables for Energy Access and Sustainable Development in East Africa*. Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-11735-1_3
- Hafner, M., Tagliapietra, S., Occhiali, G., & Falchetta, G. (2019). *Renewables for Energy Access and Sustainable Development in East Africa*. Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-11735-1_2
- Hassan Daher, D., Gaillard, L., Ménézo, C., & Amara, M. (2015). *Impact of Environmental Conditions on the Performance of a 300 kWp Solar PV Plant in Djibouti*.
- Heegde, F. t., & Sonder, K. (2007). *Biogas for a Better Life*:. International Institute of Tropical Agriculture. From <http://www.bibalex.org/Search4Dev/files/283934/116037.pdf>
- Icilome. (2019, 11 26). *Marie-Ségolène Royal visited the NIOTO factory*. Retrieved 11 19, 2020 from Icilome: <https://www.icilome.com/actualites/878574/marie-segolene-royal-a-visite-l-usine-nioto>
- Incatema. (2019, 3 5). *Energy efficiency with Cambérène WWTP*. Retrieved 11 19, 2020 from Incatema consulting and engineering: <https://incatemaconsulting.es/fr/noticias/lefficacite-energetique-avec-la-step-de-camberene-3/>
- Karangwa, P. C. (2017). *Burundi National Energy Report*. From http://www.enrich-project.eu/sites/default/files/field_files/D2.09_Burundi_National%20Energy%20Report_PK%20UB.pdf
- Komode, E. N. (n.d). *Universal Access to Energy Services Integrating Energy Development Renewables and Energy Efficiency: Case of the Central African Republic*. An initiative of CEMAC and ECCAS with the support of UNDP. From https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_RAGAs/Central_African_Republic_RAGA_FR_Released.pdf
- Kusakana, K. (2016). *A Review of Energy in the Democratic Republic of Congo*. From https://www.researchgate.net/publication/306380971_A_Review_of_Energy_in_the_Democratic_Republic_of_Congo
- Lago, C., Caldés, N., & Lechón, Y. (2019). Chapter Seven - Key Challenges and Opportunities. In *The Role of Bioenergy in the Bioeconomy* (pp. 297-398). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00007-8>
- Lawson, A. (n.d.). *ENERGIE-GABON: An enormous energy potential, but little developed*. Retrieved 10 22, 2020 from Inter Press Service News Agency - French: <http://ipsnews.net/francais/2003/02/26/energie-gabon-un-potentiel-energetique-enorme-mais-peu-valorise/>
- Loemba, D. B. (2008, 6 28). *The contribution of biomass to sustainable development in Congo*. Retrieved 11 4, 2020 from Congopage: <http://www.congopage.com/La-contribution-de-la-biomasse-au>

- Louvel, R., & Gromard, C. d. (2017). *From biomass to bioeconomy, an energy strategy for Africa?* Contemporary Africa. doi:10.3917 / afco.261.0223
- Manigomba, J., Chichirova, N., Gruzdev, V., Ndikumana, E., & Lyapin, A. (2019). Prospects for biomass energy use in the Republic of Burundi. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10, 1371-1382. From https://www.researchgate.net/publication/331112718_Prospects_for_biomass_energy_use_in_the_Republic_of_Burundi
- Mansoor, A., Issoufou, S., & Sembene, D. (2019). Chapter 3. Review of the industrial structure of Senegal. In *Race to the Next Income Frontier: How Senegal and Other Low Income Countries can Reach the Finish Line*. International Monetary Fund. From https://www.elibrary.imf.org/doc/IMF071/24349-9781484373606/24349-9781484373606/Other_formats/Source_PDF/24349-9781498314763.pdf
- Matthysen, K. (2015). *Review of the Artisanal Burundian Gold Mining Sector*. International Peace Information Service (IPIS). From https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Min_rohstoffe/CTC/Downloads/burundi_ASM_gold.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- MEP. (2019). *Solar Photovoltaic*. Retrieved 11 19, 2020 from Ministry of Energy and Petroleum: <http://www.energie.gouv.sn/solaire-photovoltaique/>
- MEP. (2019). *Wind Power*. Retrieved 11 19, 2020 from Ministry of Energy and Petroleum: <http://www.energie.gouv.sn/filiere-eolienne/>
- MEPRED. (2008). *De l'accès aux services énergétiques*.
- Merrill, L., Bridle, R., Klimscheffskij, M., Tommila, P., Lontoh, L., Sharma, S., . . . Gerasimchuk, I. (2017). *Making the Switch: From fossil fuel subsidies to sustainable energy*. Nordic Council of Ministers. doi:10.6027/TN2017-537
- MEW. (2006). *Assistance to the Ministry of Energy and Water in the preparation of the long-term development plan of the Horizon 2030 Electricity Sector (PDSE 2030)*. Ministry of Environment and Water (MEW). From https://www.commissierner.nl/docs/cms/O83_008_detb_PDSE_2030_Rapport_Vol.2_Demande_VerFin_Juillet_06.pdf
- MEW. (2006). *Assistance to the Ministry of Energy and Water in the preparation of the long-term development plan of the Horizon 2030 Electricity Sector (PDSE 2030)*. Yaoundé: Government of Cameroon. From https://www.commissierner.nl/docs/cms/O83_008_detb_PDSE_2030_Rapport_Vol.2_Demande_VerFin_Juillet_06.pdf
- MEWF. (2019). *Biogas in Guinea*. Retrieved 10 22, 2020 from meef-guinee.org: <http://meef-guinee.org/biogaz-en-guinee/#>
- Ministry of Energy and Mining. (2012). *Investment Opportunities in Renewable Energy Burundi*. Ministry of Energy and Mining. From <http://proeds.eu/wp-content/uploads/2014/02/Investment-opportunities-in-renewable-energy-Burundi.pdf>
- MMIE. (2014, 6 11). *Solar energy macro-energy project for Annobon*. From Guinea Equatorial Press: <https://www.guineaecuatorialpress.com/noticia.php?id=5277&lang=fr>
- Nachmany, M., Fankhauser, S., Davidová, J., Kingsmill, N., Landesman, T., Roppongi, H., . . . Townshend, T. (2015). *The 2015 Global Climate Legislation Study: A Review of Climate Change Legislation in 99 Countries*. Seacourt Ltd. From https://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2015/05/Global_climate_legislation_study_20151.pdf
- NEBEDAY. (n.d). *Association Nébédáy*. Retrieved 11 19, 2020 from nebeday.org: <http://www.nebeday.org/p/charbon-de-paille.html>

- Ngoubou, L. (2013). *National Report for the formulation and drafting of the White Paper on Regional Policy for "Access to energy services in ECCAS-CEMAC countries integrating renewable energies and energy efficiency and contributing to the fight against poverty"*. United Nations Environmental Programme (UNEP). From https://www.seforall.org/sites/default/files/Republic_of_Congo_RAGA_FR_Released.pdf
- Nzango, C. (2019). *Central Africa Republic Energy Syndrome: Why so much load shedding in Bangui*. From <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01971335/document>
- Ossono, E. N. (2014). *Electricity in Cameroon: What is the way forward?* Denis and Lenora Loretia Foundation. From <https://foretiafoundation.org/wp-content/uploads/2014/01/ELECTRICITY-IN-CAMEROON.pdf>
- PANER. (2016).
- PANER. (2016).
- PDEHR. (2017).
- PNB. (2020). Retrieved 11 19, 2020 from National Biodigesters Programme: <https://www.pnb-bf.org/index.php/en/decouvrez-le-pnb-bf/connaitre-le-programme>
- RA, B. (2016).
- RA, B. (2016).
- ReCube. (2016). *SOGAS: Biogas with solar waste*. ReCube. From <http://www.recube.fr/wp-content/uploads/2016/08/Sogas-Dakar-ReCube-.pdf>
- REDD+ International. (2015). *Democratic Republic of Congo: REDD+ Investment Plan (2015-2020)*. From https://redd.unfccc.int/uploads/3262_4_redd_investment_plan_eng.pdf
- REEEP. (2012). *Equatorial Guinea*. From <https://www.reeep.org/equatorial-guinea-2012>
- Republic of Burundi. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution (INDC)/Burundi*. From https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Burundi%20First/Burundi_IND_C-english%20version.pdf
- Republic of Cameroon. (2008). *Strategic Document for Growth and Development: Republic of Cameroon*. Republic of Cameroon. From <https://www.undp.org/content/dam/cameroon/docs-one-un-cameroun/2017/dsce.pdf>
- Republic of Cameroon. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution (INDC)*. From <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cameroon%20First/CPDN%20CMR%20Final.pdf>
- Republic of Cameroon. (n.d). *Cameroon - Growth and Employment Strategies Paper (2010/2020)*. Republic of Cameroon. From https://www.cameroonembassyusa.org/images/documents_folder/quick_links/Cameroon_DS_CE_English_Version_Growth_and_Employment_Strategy_Paper_MONITORING.pdf
- Republic of Chad. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution (INDC) for the Republic of Chad*. From https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/UNFCCC_docs/indc_chad_official_version_english.pdf
- Republic of Chad. (2016). *2016-2020 Priority Action Plan from 2nd Diagnostic Study on Trade Integration in Chad*. Le Commerce pour le développement des PMA. From https://www.enhancedif.org/en/system/files/uploads/tchad_rapport_final_pap-edic2_01_02_2016_vf_3.pdf
- Republic of Djibouti. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution for the Republic of Djibouti*. From https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Djibouti%20First/INDC-Djibouti_ENG.pdf

- Republic of Equatorial Guinea. (2019). *Equatorial Guinea Country Programme for the Green Climate Fund*. From <https://fvcguineaecuatorial.org/archivos/ProgramaPais.pdf>
- Richard, M. P. (n.d). *National Report of Chad*. From https://www.seforall.org/sites/default/files/Chad_RAGA_FR_Released.pdf
- Sacranie, A., & Lausten, A. (2017). *Renewable Energy Market Landscape Study covering 15 countries in Southern and Eastern Africa*. Danish Energy Management & Esbensen. From https://eepafrica.org/wp-content/uploads/2019/11/Volume_I_Market_Landscape_Study_EEP-SEA_Report.pdf
- SE4all. (2012). *Togo: Rapid Assessment and Gaps Analysis*. Sustainable Energy for All (SE4all). From https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_RAGAs/TOGO_RAGA_FR_Released.pdf
- Se4All. (2020). *se4all-africa: Burundi*. Retrieved 10 27, 2020 from [se4all-africa.org](https://www.se4all-africa.org/seforall-in-africa/country-data/burundi/): <https://www.se4all-africa.org/seforall-in-africa/country-data/burundi/>
- SIE. (2016).
- SIE. (2016).
- SIE. (2017).
- SIE Bénin. (2017). *Système d'Information Energétique du Bénin. Bilan énergétique 2017 et évolution 2010-2017*. Direction Générale des Ressources Energétiques. Ministère de l'Énergie, République du Bénin.
- SIE Burkina Faso. (2018). *Système d'information énergétique du Burkina Faso, rapport 2017*.
- Singh, G., Nouhou, S. A., & Sokona, M. Y. (2015). *Djibouti: Renewables Readiness Assessment*. International Renewable Energy Agency (IRENA). From https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_RRA_Djibout_2015_EN.pdf
- Smart Villages. (n.d). *Energy Situation Report - West Africa*. Smart Villages. From https://e4sv.org/wp-content/uploads/2016/10/West-Africa-Energy-Report-AW-Draft-3-200516-V3_MT.pdf
- The World Bank. (2017). *Djibouti: Sustainable Electrification Program*. From <http://documents1.worldbank.org/curated/fr/791041521039921148/pdf/Disclosable-Version-of-the-ISR-Djibouti-Sustainable-Electrification-Program-P158505-Sequence-No-02.pdf>
- UNDP. (2013). *National Report for Sustainable Energy for All on the Horizon 2030: National Program and Strategy for the Democratic Republic of Congo*. United Nations Development Programme (UNDP). From http://www.undp.org/content/dam/dem_rep_congo/docs/eenv/UNDP-CD-RAPPORT-ENERGIE-DURBALE-POUR-TOUS-HORIZON-2030.pdf
- UNDP. (2013). *Sustainable Energy for All: Promoting small-scale hydropower in Bioko and other clean energy solutions for remote islands*. United Nations Development Programme (UNDP).
- UNEP. (2017). Energy Profile: Democratic Republic of Congo. In UNEP, *Atlas of Africa Energy Resources* (pp. 142-145). United Nations Environmental Programme. From https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20492/Energy_profile_DemocraticRe pCongo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UNEP. (2017). Energy Profile: Djibouti. In *Atlas of Africa Energy Resources* (pp. 114-117). From https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20486/Energy_profile_Burundi.pdf?s equence=1&isAllowed=y
- UNEP. (2017). Energy Profile:Burundi. In UNEP, *Atlas of Africa Energy Resources*. United Nations Environmental Programme (UNEP) and African Development Bank (AfDB). From https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20476/Atlas_Africa_Energy_Resourc es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- UNEP. (2017). Energy Profile: Cameroon. In UNEP, *Atlas of Africa Energy Resources* (pp. 118-121). United Nations Environmental Programme (UNEP). From https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20487/Energy_profile_Cameroon.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UNIDO. (n.d.). *Baseline Report of Clean Cooking fuels in the East African Community (EAC) Region*. United Nations Development Organization (UNIDO). From <https://cdn2.b2match.io/event/2901/assets/8478585412-9cc8c37a39.pdf>
- UNIDO. (n.d.). *Baseline Report of Clean Cooking fuels in the East African Community (EAC) Region*. United Nations Development Organization (UNIDO). From <https://cdn2.b2match.io/event/2901/assets/8478585412-9cc8c37a39.pdf>
- United Nations Statistical Division. (2018). *UNData*. Retrieved 7 8, 2020 from <http://data.un.org/Data.aspx?d=EDATA&f=cmID%3aKR%3btrID%3a123>
- WEC. (2005). *Regional Energy Integration in Africa: A Report of the World Energy Council*. London: World Energy Council. From https://www.worldenergy.org/assets/downloads/PUB_Regional_Energy_Integration_in_Africa_2005_WEC.pdf
- WEC. (2013). *World Energy Resources 2013 Survey*. London: World Energy Council (WEC). From https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf
- World Bank. (2019, 4 1). *Djibouti's Economic Update - April 2019*. Retrieved 10 28, 2020 from WorldBank.Org: <https://www.worldbank.org/en/country/djibouti/publication/economic-update-april-2019#:~:text=Djibouti's%20small%20economy%20is%20resuming%20acceleration.&text=The%20medium%20term%20economic%20outlook,8.0%20percent%20in%202012%202023.>
- World Bank. (2020). *Data Bank: World Development Indicators*. Retrieved 10 28, 2020 from The World Bank: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- World Bank. (2020). *The World Bank In Gabon*. Retrieved 11 4, 2020 from The World Bank: <https://www.worldbank.org/en/country/gabon/overview>
- WTO. (2012). *Trade Policy Review Report by the Secretariat: Côte d'Ivoire, Guinea Bissau and Togo*. World Trade Organization. From https://www.wto.org/english/tratop_e/tpr_e/s266_e.zip
- WWF. (2017, 5 19). *A National Forest Carbon Map for the DRC*. Retrieved 11 4, 2020 from Congo-basin: <https://www.wwf-congobasin.org/news/?300412/A-National-Forest-Carbon-Map-for-the-DRC#>
- Xinhua. (2013, 10 30). *Chad: The capital goes solar*. Retrieved 10 22, 2020 from Tchadinfos.com: <https://tchadinfos.com/environnement-societes/tchad-capitale-se-met-solaire/>