



Développement des statistiques du bilan énergétique et d'un modèle de système énergétique pour l'Union des Comores



Copyright © 2018
Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique
www.uneca.org

Tous droits réservés.
Le texte et les données de la présente publication peuvent être reproduits tant que la source est citée. La reproduction à des fins commerciales est interdite.

Non-responsabilité :
Ce rapport est le résultat de l'analyse d'une étude commandée par la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, le Bureau sous-régional pour l'Afrique de l'Est (UNECA BSR-EA). Le rapport ne prétend pas cependant représenter le point de vue ou la politique officielle de l'institution ou de tout pays membre du BSR-EA.

Contenu

Table des acronymes	4
Synthèse.....	7
Remerciements	9
1. Introduction	10
Contexte du pays	10
Objectifs généraux et objectifs particuliers de cette étude.....	11
Description du système énergétique	11
2. Méthodes de l'étude.....	17
Processus de collecte des données et d'implication des intéressés	17
LEAP : un outil de modélisation du système énergétique	19
Le format du bilan énergétique	19
Sélection et analyse du scénario	20
3. Saisie des données et hypothèses	21
Hypothèses transversales	21
Données relatives à la demande énergétique finale	21
Saisi de données dans le LEAP	21
Traitement de l'information relative aux statistiques énergétiques	21
4. Historique des statistiques énergétiques	23
Statistiques énergétiques en Grande Comore.....	25
Statistiques énergétiques de Mohéli	29
5. Créer des scénarios énergétiques	31
5.1 Scénario de référence (REF).....	32
5.2 L'indépendance énergétique nationale (ENE1)	35
5.3 Accès accéléré à l'énergie (ENE)	37
5.4 Transition énergétique de la biomasse (BIO)	38
5.5 Scénarios combinés (COM)	40
6. Conclusions et recommandations.....	44
7. Références	46
Annexe 1.....	48
Annexe 2.....	51
Annexe 3.....	52

Table des acronymes

DEA	Direction de l'eau et de l'assainissement
DEM	Direction de l'énergie et des mines
DER	Direction des énergies renouvelables
DG	Direction générale
DGEME	Direction générale de l'énergie, des mines et de l'eau
EDA	Electricité Anjouan
EPS	Service études, planification et statistiques
PIB	Produit intérieur brut
HFO	Mazout lourd
AIE	Agence internationale de l'énergie
LCOE	Coût actualisé de l'énergie
PMA	Pays les moins avancés
LEAP	Long-range Energy Alternatives Planning
MAMWE	Gestion de l'eau et de l'électricité aux Comores
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
SA	Service de l'assainissement
SAEMR	Service accès, efficacité et maîtrise des ressources
SCA2D	Stratégie de croissance accélérée et de développement durable
SCH	Société comorienne des hydrocarbures
SE	Service de l'énergie
SEI	Stockholm Environment Institute
SERVP	Service études, recherche et valorisation du potentiel
SM	Service des mines
SRE	Service des ressources en eau
ATEP	Approvisionnement total en énergie primaire
UNECA	Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique

Liste des tableaux

Tableau 1 : Potentiel des Comores en énergie renouvelable	14
Tableau 2 : Bilan énergétique national des Comores en 2017, toutes les îles confondues (en térajoules).....	23
Tableau 3 : Récapitulatif du bilan énergétique par région pour les Comores en 2017, tous combustibles combinés (en térajoules)	24
Tableau 4 : Bilan énergétique 2017 pour la Grande Comore (en térajoules).....	26
Tableau 5 : Bilan énergétique 2017 pour Anjouan (en térajoules)	28
Tableau 6 : Bilan énergétique 2017 pour Mohéli (en térajoules)	30
Tableau 7 : Hypothèses du scénario d'indépendance énergétique nationale	36
Tableau 8 : Capacité installée et supplémentaire pour atteindre 55 % d'énergie renouvelable (en MW).....	36
Tableau 9 : Besoins en GPL pour le secteur domestique et le secteur commercial dans le scénario de référence et le scénario BIO	41
Tableau 10 : Capacité des centrales pour les scénarios combinés.....	43

Table des illustrations

Figure 1 : Taux de croissance annuel réel aux Comores	10
Figure 2 : Bouquet énergétique national en 2017	12
Figure 3 : Distribution des importations de produits pétroliers en 2017	13
Figure 4 : Organismes gouvernementaux ayant des mandats liés à l'énergie et une estimation de chevauchement/ interpénétration de leurs rôles respectifs.....	15
Figure 5 : Organisation institutionnelle proposée à la DGEME. Acronymes définis au début du présent rapport	16
Figure 7 : L'interface principale du LEAP.....	18
Figure 6 : Liste des intervenants consultés pour les données historiques, et type de données demandé à chacun.....	18
Figure 8 : Un exemple de tableau de bilan énergétique, montrant les différents flux (lignes) et les produits énergétiques (colonnes)	19
Figure 9 : Expression de calcul simplifiée du bilan énergétique	20
Figure 10 : Espace de travail du LEAP	22
Figure 11 : Diagramme de Sankey des flux d'énergie aux Comores	24
Figure 12 : Part de la demande totale d'énergie finale par secteur en Grande Comore	25
Figure 13 : Part de la demande totale d'énergie finale par combustible en Grande Comore.....	26
Figure 14 : Diagramme de Sankey des flux énergétiques pour Grande Comore.....	27
Figure 15 : Part de la demande totale d'énergie par secteur à Anjouan	27
Figure 16 : Part de la demande d'énergie par combustible à Anjouan.....	28
Figure 17 : Diagramme de Sankey des flux énergétiques pour Anjouan.....	29
Figure 18 : Part de la demande totale d'énergie par secteur à Mohéli.....	29
Figure 19 : Part de la demande totale d'énergie finale par combustible à Mohéli	30
Figure 20 : Diagramme de Sankey des flux énergétiques pour Mohéli	31
Figure 21 : Demande d'énergie par secteur en projection à moyen terme.....	33
Figure 22 : Part du combustible dans la demande d'énergie finale par secteur	33
Figure 23 : Produits pétroliers nationaux nécessaires pour répondre à la demande finale en énergie	34
Figure 24 : Besoins en combustible pour la production d'électricité.....	35
Figure 25 : Production d'électricité par centrale.....	35
Figure 26 : Proportion d'énergie renouvelable dans le scénario de l'indépendance énergétique	37
Figure 27 : Scénario d'accès accéléré à l'énergie comparé au scénario de référence.....	39
Figure 28 : Demande et production d'énergie dans le scénario de l'accès accéléré à l'électricité	39
Figure 29 : Part des ménages ayant adopté des combustibles de cuisson alternatifs.....	40
Figure 30 : Transition du bois au GPL	41
Figure 31 : Demande d'énergie dans tous les scénarios	42
Figure 32 : Part du combustible dans la demande finale d'énergie.....	42
Figure 33 : Approvisionnement en électricité dans tous les scénarios.....	43

Synthèse

Ce rapport a été rédigé dans le cadre d'une demande de conseil du gouvernement de l'Union des Comores à l'UNECA. La demande concernait la préparation de statistiques au sujet du bilan énergétique national afin de combler les lacunes du système d'information relatif à l'énergie, ainsi que le développement d'un modèle de système énergétique national pour appuyer la planification du secteur énergétique, l'analyse de la stratégie énergétique nationale et la fourniture d'un développement des capacités dans la planification énergétique. Ce rapport se concentre sur la préparation des statistiques du premier bilan énergétique des Comores (en 2017) et d'un modèle de système énergétique ventilé par région et à l'échelle nationale. Il analyse également des scénarios modèles basés sur les cibles indiquées dans la « Stratégie énergétique 2033 ».

Le secteur de l'énergie des Comores est caractérisé par une dépendance au bois de chauffage et aux produits pétroliers, comme les deux principaux consommateurs de la consommation énergétique finale dans le pays (soit un total de 6487 térajoules (TJ) par an). Le bouquet énergétique est de 57 % pour la biomasse, 2 % pour l'électricité et 41 pour les produits pétroliers. La part des énergies renouvelables dans la production augmente progressivement, mais elle reste négligeable par rapport aux sources d'énergie conventionnelles. Si l'on considère les différents secteurs, la consommation d'énergie par les ménages représente 63 % de la consommation totale d'énergie finale ; les autres principales sources sont le secteur des transports (32 %) et le secteur industriel et commercial (5 %). La plus grande partie de la biomasse consommée est utilisée par les ménages et les restaurants (93 %) et la distillation de l'huile essentielle d'ylang-ylang (7 %). Les produits pétroliers consommés sont tous importés et sont utilisés pour le transport, la production d'électricité et l'utilisation domestique. Les Comores s'appuient principalement sur la production thermique d'électricité à partir des combustibles fossiles (219,11 millions de kilowattheures (kWh)), même s'ils utilisent un peu d'hydroélectricité (8,65 millions de kWh) et une quantité négligeable d'énergie solaire. Le coût élevé de l'électricité est principalement attribuable à l'état de délabrement du réseau de distribution, ce qui donne lieu à plus de 40 % de pertes dans la transmission d'énergie. Les défis de la gestion des installations publiques (MAMWE) et les coûts élevés du carburant importé augmentent également le coût final de l'énergie.

Les statistiques du bilan énergétique ont été préparées à l'aide des orientations de l'Agence internationale de l'énergie ; les données énergétiques ont donc été recueillies de façon décentralisée, au niveau de chaque île (Grande Comore, Anjouan et Mohéli) et réunies pour les statistiques de bilan énergétique national. Ces statistiques indiquent que le total des besoins primaires du pays s'élevait à plus de 7,5 pétajoules (PJ) en 2017, dont plus de la moitié se trouve en Grande Comore. À l'échelle nationale, cela indique des besoins annuels moyens de 9,1 gigajoules (GJ) par habitant. Dans la demande finale d'énergie, la consommation d'électricité annuelle moyenne par personne aux Comores a été de 66,1 kilowattheures (kWh) par habitant. En comparaison, la consommation moyenne d'électricité dans l'ensemble des pays les moins avancés était d'un peu plus de 200 kWh/habitant en 2014. L'intensité énergétique de l'économie comorienne était de USD 0,19 USD par Mégajoule (MJ) en 2017, ce qui est semblable à des intensités énergétiques observées dans les autres pays les moins avancés. Les besoins énergétiques sont dominés par le bois et les autres types de biomasses qui répondent à près de la moitié des besoins en énergie primaire en 2017. Vient ensuite la consommation de diesel, qui est également utilisée pour la production d'électricité. L'essence et le kérosène sont des carburants importants pour le transport, et les ménages s'appuient également sur le kérosène pour leurs besoins de cuisson. Tous les produits pétroliers sont importés.

La Stratégie énergétique 2033 de l'Union des Comores indique les cibles à atteindre. Sur la base du modèle de système énergétique régional ou national développé dans l'outil Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP), cinq scénarios tirés de la stratégie sont analysés afin de montrer comment atteindre ces cibles. Le premier est un scénario de référence basé sur les tendances historiques. Le deuxième est le scénario de l'indépendance énergétique nationale, qui exige une augmentation de 10 % avant 2018 et de 55 % avant 2033 de la part des énergies renouvelables. Pour réaliser la répartition requise, la capacité nationale installée d'énergies renouvelables sur chacune des îles était de 9,4 MW, d'après la projection de la demande électrique de référence.

Le troisième est le scénario d'accès accéléré à l'électricité, qui cherche à faire passer l'électrification à 60 % d'ici 2018 et 100 % d'ici 2033. Pour atteindre cet objectif, la demande d'électricité augmenterait de 55 % en 2033, passant à 135 GWh, exigeant que les Comores génèrent une puissance supplémentaire de 23 MW pour répondre à la demande. Le quatrième est le scénario de transition énergétique de la biomasse, qui cherche à

réduire la part des combustibles au bois dans la consommation totale d'énergie du pays à 65 % en 2018 et 25 % en 2033. En mettant en place cette mesure politique, les Comores pourraient économiser 20 % du total de la demande énergétique finale de référence et de réduire de 64 % les besoins en bois dans la fourniture finale d'énergie. L'augmentation de la demande de GPL dans ce scénario ambitieux nécessite une action concertée, et la participation active du secteur privé.

Une analyse de scénarios combinés est également conduite pour toutes ces mesures politiques. Du côté de l'approvisionnement, le scénario de l'indépendance énergétique nationale entraîne une baisse de la production d'électricité de 25 % en 2033 (de 145 GWh à 109 GWh). Ceci est attribué à la stabilisation du réseau et la réduction des pertes de réseau. Le scénario de transition énergétique de la biomasse (BIO) a un effet minimum sur l'approvisionnement en électricité. Le scénario d'accès accéléré à l'électricité augmente brutalement la demande d'électricité, augmentant les besoins de production à 226 GWh : 56 % de plus que le scénario de référence. Mais une mise en place combinée du scénario d'accès accéléré à l'électricité et celui de l'indépendance énergétique nationale abaisse l'augmentation à 17 %. Ceci est attribué aux économies provenant de l'amélioration du réseau et d'un mix de technologies énergétiques renouvelables plus efficace.

En conclusion, les statistiques du bilan énergétique pour les Comores (2017) ont montré que 51 % de l'énergie totale consommée (soit 3820 TJ) est importé, alors que 49 % (soit 3742 TJ) sont produits dans les Comores. La plus grande partie de cette énergie générée provient du bois utilisé dans le secteur résidentiel pour la cuisson. L'offre primaire totale d'énergie sur chacune des trois îles était de 4392 TJ pour la Grande Comore, 2759 TJ pour Anjouan et 411 TJ pour Mohéli en 2017. Toutefois, une moyenne de 13 % de cette énergie est perdue au cours de la transformation, du transport et de la distribution. C'est une excellente occasion pour les Comores de réduire ces pertes par la stabilisation du réseau.

Les prévisions indiquent que la demande énergétique des Comores passera de 6597 TJ en 2017 à 11.189 TJ en 2033 dans le scénario de référence. On répondra à cette demande par un approvisionnement énergétique total de 9.383 TJ composé de 72 % par les produits pétroliers, 22 % par la biomasse et 6 % par l'énergie renouvelable.

Les recommandations clés suivantes ont pour but de renforcer la capacité de planification énergétique du pays et les statistiques énergétiques correspondantes :

1. D'après les statistiques du bilan énergétique 2017 qui ont été préparées au niveau de chaque île et au niveau national, les mises à jour subséquentes et les rapports statistiques relatifs au bilan énergétique doivent être poursuivis en organisant les données nationales selon le bilan de référence établi et les directives de l'AIE.
2. Renforcer l'unité de planification énergétique au sein de la Direction générale des ressources énergétiques, minières et hydrauliques en tant que centre de collecte et d'organisation des données du secteur énergétique, et pour mettre en œuvre les modèles de système énergétique pour répondre à la politique du secteur énergétique et aux exigences de planification.
3. Appuyer l'institutionnalisation de la production annuelle du rapport sur les statistiques du bilan énergétique par la Direction générale des ressources énergétiques, minières et hydrauliques.
4. Tenir un inventaire national de la biomasse afin de favoriser le contrôle de l'utilisation durable de la biomasse et d'améliorer la planification énergétique de la biomasse.
5. Organiser une collecte de données supplémentaires pour combler les lacunes dans les modèles régionaux et le modèle national de systèmes énergétiques qui ont été développés, afin d'améliorer la précision du modèle pour ces utilisations politiques et de planification.

Enfin, il est essentiel que les Comores renforcent sans cesse leurs capacités dans tous les sous-secteurs énergétiques et tous les organismes gouvernementaux concernés si le pays veut atteindre la stratégie énergétique nationale et les objectifs de développement durable à l'horizon 2030, particulièrement l'objectif no 7 sur l'énergie.

Remerciements

Ce rapport a été préparé dès la réception d'une demande de service consultatif du gouvernement de l'Union des Comores, suite à la réunion annuelle du Comité intergouvernemental d'experts (en novembre 2017) de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (UNECA), Bureau sous-régional pour l'Afrique (BSR-EA). Pour répondre à la demande, nous avons préparé et livré à l'aide du LEAP ce rapport sur le développement des statistiques relatives au bilan énergétique des Comores, et un modèle distinct de système national de l'énergie.

La mise en œuvre de la demande de services consultatifs a été coordonnée et guidée au nom du gouvernement de l'Union des Comores, par M. Ali Ibrahim Maziada, le directeur général de l'énergie, des mines et des ressources en eau, sous la responsabilité du vice-président, en charge du Ministère de l'Economie, la planification, l'énergie, l'industrie, l'artisanat, le tourisme, l'investissement, le secteur privé et les affaires foncières. M. Yohannes Hailu, expert en politique énergétique à l'UNECA, BSR-EA, a conceptualisé (en collaboration avec des experts comoriens), développé et dirigé la mise en œuvre du projet, avec l'appui et sous la supervision de M. Andrew Mold, directeur par intérim du BSR-EA. L'initiative de soutien aux Comores a été coordonnée avec Mme Daya Bragante du BSR-EA, qui avait entrepris un service consultatif sur la « Blue Economy ».

La mise en œuvre des statistiques du bilan énergétique et le développement du modèle de système énergétique pour les Comores dans le LEAP nécessitaient un partenariat avec le centre du Stockholm Environment Institute (SEI) en l'Afrique. Les efforts de mise en œuvre du SEI étaient sous la direction du docteur Rocio A. Diaz-Chavez, directeur adjoint et responsable du programme relatif au changement climatique et à l'énergie. M. Mbeo Ogeya du centre du SEI en Afrique a réalisé les analyses techniques et le développement du rapport.

Le développement des premières statistiques du bilan énergétique des Comores a nécessité la collecte de données du secteur de l'énergie de Grande Comore, d'Anjouan et de Mohéli. La collecte des données et le soutien d'envergure à la coordination du projet ont été fournis par M. Omar Mssoma et Mme Mariama Chabane de la direction générale de l'énergie, des mines et des ressources en eau. L'aide à la collecte des données à Anjouan et Mohéli a été soutenue par M. Abdoulmajid Youssouf et M. Abdoulatif Boina. Le docteur Ali Moissi, de la direction générale de l'énergie (chargé de la planification énergétique), a fourni un soutien extrêmement utile pour fournir des études et des données sur le secteur de l'énergie. M. Mbeo Ogeya a mis au point un modèle pour la collecte des données pertinentes pour le développement des statistiques du bilan énergétique et a déployé de gros efforts pour recueillir les données. Mme Priscilla Lecomte de l'UNECA, BSR-EA, a participé à l'effort de collecte de données sur l'énergie et apporté une aide précieuse pour faciliter l'engagement des intervenants et l'interprétation.

M. Mbeo Ogeya et M. Taylor Binnington, du centre du SEI aux États-Unis, ont mené conjointement la formation à la planification de l'énergie nationale dans le cadre de cette initiative et nous les en remercions.

Le plein appui du ministère des Affaires étrangères, de la Direction générale des statistiques, la Société nationale des hydrocarbures, les services publics de la MAMWE et l'EDA, les centrales électriques, le Bureau géologique, la Direction de l'environnement et le Commissariat général à la planification sont grandement appréciés.

1. Introduction

Contexte du pays

L'Union des Comores est une nation souveraine située dans l'océan Indien, au large des côtes africaines, entre Madagascar et le Mozambique. C'est le troisième plus petit pays d'Afrique avec une population estimée à 828.147 habitants en 2017, et un taux de croissance moyen annuel de la population de 2,7 %. La population se répartit entre trois îles : 51 % se trouvent en Grande Comore (Ngazidja en Swahili), 42 % à Anjouan et 7 % à Mohéli.¹ Moroni en Grande Comore est la capitale du pays, et sa population est estimée à 55.000 habitants. La population urbaine représente 28,5 % de la population totale et le taux annuel d'urbanisation s'élève à 2,71 %.²

L'ONU classe les Comores parmi les pays les moins avancés (PMA). L'économie des Comores est une structure semblable aux autres pays en voie de développement. Ils connaissent cependant d'importants envois de fonds de la part de la diaspora, ce qui représente plus de 20 % du produit intérieur brut (PIB) (source : UNECA, 2017). Le chômage est un problème, en particulier chez les jeunes : plus de 50 % d'entre les 15 et 24 ans n'ont pas d'emploi rémunéré. Le pays avait un revenu national brut par habitant de 1.467 USD en 2017 et une croissance annuelle moyenne de 5 % du PIB (Figure 1). Une forte croissance de 10 % a été enregistrée en 2013, puis la croissance a chuté à 2 % en 2015, suivie d'une légère hausse à 4 % en 2017 et 2018. La Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (UNECA 2017) signale que cette croissance récente est en partie le résultat d'un effort concentré du gouvernement actuel, qui a entrepris de relancer l'investissement public. Cependant, l'économie du pays n'a pas réussi à réaliser la transformation structurelle nécessaire. Dans son plan stratégique de croissance économique – soit, la stratégie de croissance accélérée et de développement durable (SCA2D) – le gouvernement énonce la façon de réorganiser l'économie nationale. La stratégie repose sur trois piliers principaux de la croissance : a) l'accélération de la transformation structurelle de l'économie et la gestion durable de l'environnement ; b) l'accélération du développement du capital humain et la promotion de l'assurance sociale ; et c) la consolidation de la gouvernance et la promotion de l'État de droit.

La superficie totale du pays est de 1861 kilomètres carrés. Environ 71,5 % de la superficie totale des terres sont arables, et 20 % du territoire est boisé (source : FAOSTAT, 2018). L'agriculture est le principal moteur

Figure 1 : Taux de croissance annuel réel aux Comores



Source : Profil de pays de l'Union des Comores (UNECA, 2017)

1 Cette projection de la population a été fournie par la direction des statistiques lors d'une visite de collecte de données.
2 https://www.indexmundi.com/comoros/demographics_profile.html

de l'économie, avec environ 80 % de la population exerçant des activités agricoles. Elle constitue le principal secteur économique, qui comprend aussi la sylviculture et la pêche. Les exportations de produits agricoles représentaient 32 % du PIB en 2017, soit 90 % du revenu national d'exportation. Les cultures vivrières comme la banane, le manioc, la patate douce, le taro, la pomme de terre, les légumineuses, le maïs et la noix de coco sont cultivés à des fins locales. Les principales exportations agricoles incluent les huiles essentielles de clou de girofle, de vanille et d'ylang-ylang. Le pays importe presque tous ses produits animaux et ses légumes. Le secteur a un fort potentiel de transformation économique parmi les secteurs agro-industriels et l'amélioration de la sécurité alimentaire et de l'alimentation. Dans le plan stratégique national, l'agriculture, l'élevage et la pêche sont des leviers importants de la lutte contre le chômage des jeunes. La stratégie SCA2D comprend des objectifs pour accroître la production agricole de façon durable, en développant l'agriculture écologiquement intensive.

Objectifs généraux et objectifs particuliers de cette étude

La stratégie énergétique des Comores considère l'information énergétique comme un défi majeur pour réaliser la stratégie de développement du pays (SCA2D). Pour répondre à ce défi, le gouvernement des Comores cherche à préparer des statistiques sur le bilan énergétique, à utiliser comme fondement probatoire pour les analyses de scénario à long terme basées sur la stratégie énergétique du pays. Le présent rapport récapitule les résultats d'un processus de collecte de données couvrant tous les secteurs économiques aux Comores. Le bilan énergétique historique des Comores est ensuite présenté, dans une vue d'ensemble sur la production, la consommation, le commerce et le transport d'énergie dans tous les secteurs. Ce bilan énergétique est ensuite utilisé pour identifier les lacunes ou autres incohérences dans les données collectées, afin d'obtenir une image complète des flux énergétiques du pays.

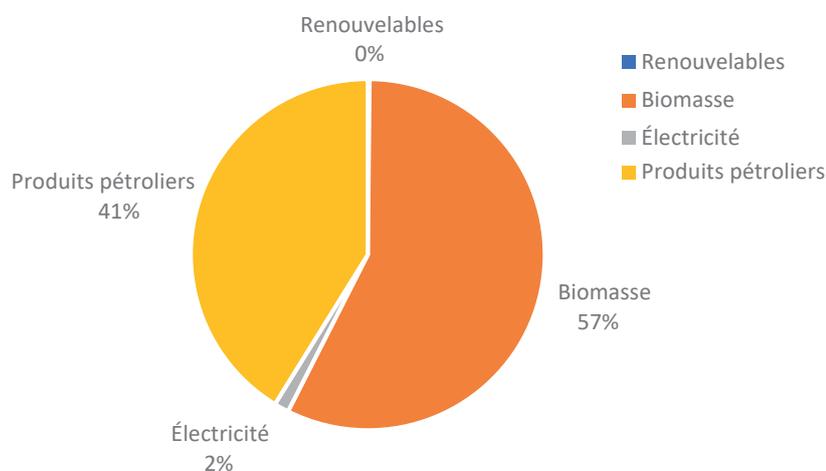
Pour générer un bilan énergétique national, le système Long-range Energy Alternatives Planning du SEI sert à élaborer une représentation historique du système énergétique des Comores (Charles Heaps, 2018). Le LEAP est un outil de planification flexible basé sur un scénario pour réaliser les analyses de la consommation et l'approvisionnement énergétiques, ainsi que pour élaborer des projections des émissions et des évaluations coûts-avantages. Les objectifs particuliers de l'étude comprennent :

- Le développement des statistiques du bilan énergétique, selon les normes internationales ;
- Le développement d'une analyse de scénario, sur la base de la stratégie énergétique ; et
- Le renforcement des capacités destinées à appuyer l'évolution de l'équilibre énergétique.

Description du système énergétique

Le bois de chauffage et les produits pétroliers sont les deux principales sources de la consommation énergétique finale dans le pays (soit 6487 térajoules (TJ) par an). Le bouquet énergétique est de 57 % pour la biomasse, 2 % pour l'électricité et 41 % pour les produits pétroliers. Le photovoltaïque solaire (PV) pour la production d'électricité pénètre le marché progressivement, mais reste négligeable par rapport aux sources d'énergie conventionnelles. En considérant les différents secteurs, la consommation d'énergie par les ménages représente 63 % de la consommation totale d'énergie finale ; le reste provient du secteur des transports (32 %) et du secteur industriel et commercial (5 %). L'essentiel de la biomasse consommée est utilisée par les ménages et les restaurants (93 %) et la distillation de l'huile essentielle d'ylang-ylang (7 %), tandis que les autres activités comme le séchage de la vanille représentent une part négligeable. Les produits pétroliers consommés sont tous importés et sont utilisés pour le transport, la production d'électricité et l'utilisation domestique. Le pays s'appuie essentiellement sur l'électricité provenant des combustibles fossiles (219,11 millions de kilowattheures (kWh)), même s'ils utilisent un peu d'hydroélectricité (8,65 millions de kWh) et une quantité négligeable d'énergie solaire. L'utilisation de combustibles fossiles est très coûteuse en raison de ses faibles économies d'échelle et la production d'électricité devient un défi. Le coût élevé de l'électricité est principalement attribuable à l'état de délabrement du réseau de distribution, ce qui donne lieu à plus de 40 % de pertes dans la transmission d'énergie. Les défis de la gestion des installations publiques (MAMWE) et les coûts élevés du carburant importé augmentent également le coût final de l'énergie (Climatetagger, 2012). Les Comores ont le taux de perte d'électricité le plus élevé et le taux de recouvrement le plus faible parmi tous les pays africains. En 2015, les Comores ont perdu 48 % de l'électricité qu'ils ont générée et recouvré les coûts de 33 % de l'énergie produite (AIE et OCDE, 2014).

Figure 2 : Bouquet énergétique national en 2017



Source : Basé sur les données recueillies sur le pays

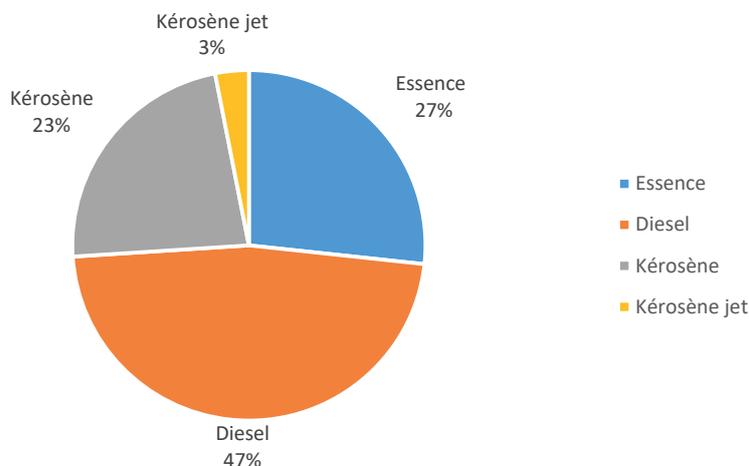
Les coupures de courant et les délestages ont été omniprésents. Ces difficultés ont été aggravées par l'absence d'une stratégie et d'un cadre institutionnel approprié, une insuffisance des ressources humaines, la petite taille du marché et le coût élevé du diesel (Orientations de gestion économique, 2009). Cela montre l'ampleur de la crise énergétique dans le pays et la nécessité de trouver des stratégies à court, moyen et long terme. Cette urgence se reflète dans la décision de la Banque africaine de développement de se concentrer uniquement sur le secteur de l'énergie dans sa stratégie 2011-2015 pour les Comores. Pour relever ce défi, le gouvernement promeut les énergies renouvelables comme la géothermie, le solaire et l'éolien. L'énergie solaire est en particulier visée parmi les options viables, car le pays bénéficie de huit heures d'ensoleillement par jour (2880 heures/an), et une puissance nominale moyenne de 5,0 kilowatts-crête (kWc) (Climatetagger, 2012 ; Programme environnemental des Nations Unies, s.d.).

Distribution et production d'électricité

Deux services publics produisent de l'électricité aux Comores. MAMWE couvre la Grande Comore et Mohéli, tandis qu'Électricité d'Anjouan (EDA) couvre Anjouan. Le coût de production d'électricité est actuellement estimé à environ 1 USD/kWh, contre une moyenne de 0,075 USD/kWh dans les pays de la Communauté de développement d'Afrique australe (CDAA, 2016). Le tarif de l'électricité (soit, ce que les consommateurs paient en moyenne) est de 0,3 USD/kWh, ce qui indique un niveau élevé d'aides publiques.

Le raccordement au réseau aux Comores est supérieur à 80 % au niveau national, et environ 63 % de la population avait accès à l'électricité en 2017 (UE, 2013 ; Nassurdine, 2018). Au niveau régional, l'électrification est de 80,2 % en Grande Comore, 43,7 % à Anjouan et 52,9 % à Mohéli. Même s'il s'agit d'un niveau élevé d'électrification, l'accès réel (tel que défini par Sustainable Energy for All (2014)) demeure un défi pour diverses raisons, aussi bien techniques que culturelles. Techniquement, les réseaux de transport et de distribution sur les trois îles sont insuffisants. Les lignes à moyenne tension sont minces, ce qui donne lieu à de fortes pertes de transmission de plus de 40 %. Les pertes brutes indiquées sont à 51 % en Grande Comore, 56 % à Mohéli, et 36 % à Anjouan (Nassurdine, 2018). Les capacités humaines pour faire fonctionner et entretenir les centrales électriques sont également également un obstacle majeur, surtout en Grande Comore et à Mohéli. Les pannes de générateur constituent également un défi, comme le décrivent les centrales qui regroupent les générateurs sans augmenter nécessairement la capacité (voir Annexe 3). Une crise de l'électricité a eu lieu en 2016 à Mohéli et en Grande Comore, avec d'importantes pannes d'électricité qui ont conduit à un rationnement de l'électricité et des coupures de courant. Les défis culturels tournent principalement autour de la facturation de l'électricité. Un grand nombre de consommateurs (y compris la plupart des établissements publics et des mosquées) ne payent pas la totalité de leur facture, soit en raison de la méthode de comptage, des raccordements illégaux ou du statut social. Cela contraint à une perception nationale des recettes.

Figure 3 : Distribution des importations de produits pétroliers en 2017



Source : Basé sur l'importation de pétrole et les données de flux des stocks

L'énergie biomasse

La biomasse (le bois et le charbon de bois) sert à fournir environ 57 % de la consommation d'énergie aux Comores. 85 % de cette biomasse sert aux besoins en cuisson des ménages et 15 % sont utilisés dans les distilleries d'ylang-ylang (Moissi, 2017). Une enquête menée par Initiative Développement (ID) sur la consommation de bois de chauffage domestique a révélé qu'en moyenne, chaque ménage utilisait en moyenne 5,1 kg de bois de chauffage par jour, sans compter le charbon de bois (Initiative Développement, 2017). A partir des statistiques nationales, le rapport d'Initiative Développement estime qu'environ 118 kilotonnes de bois sont utilisées comme combustible par les foyers à Anjouan. La dégradation des forêts est rapide dans le pays.

Produits pétroliers

Les Comores sont un importateur net de produits pétroliers. Le pays importe de l'essence, du diesel et du kérosène pour satisfaire l'ensemble de sa demande énergétique. L'essence est principalement utilisée dans le secteur des transports, tandis que le kérosène est utilisé par les ménages et les bateaux de pêche, et sous une forme mélangée pour le kérosène d'aviation. Le kérosène pénètre également progressivement dans l'agroalimentaire pour les distilleries d'ylang-ylang. Le diesel est le principal combustible pour la production d'électricité et on l'utilise également dans le secteur des transports. Le taux de croissance annuel moyen pour les produits pétroliers importés est de 7 % pour le diesel et le kérosène, et 14 % pour l'essence. En 2017, un total de 82 000 tonnes d'équivalent pétrole (tep) a été importé ; 47 % de ces importations concernaient du diesel (gazole) (Figure 3). Sur le total des importations de diesel, 53 % ont été utilisés pour la production d'électricité et 47 % dans les transports. Le kérosène représente 23 % du total des importations de produits pétroliers ; un total de 3 % est utilisé comme kérosène d'aviation et les 27 % restants sont utilisés par les ménages, la pêche et d'autres utilisations. En raison des prix élevés de l'énergie et de la trop forte dépendance vis-à-vis des ressources en bois, le gouvernement a subventionné le kérosène à usage domestique. Cette subvention a permis de maintenir la préférence pour le kérosène pour la cuisine domestique et l'éclairage. À 215 francs comoriens (KMF) par litre, le kérosène est moins cher pour les consommateurs qu'un kilogramme de charbon de bois (500 KMF), un litre de diesel (415 KMF) ou un kilogramme de gaz de pétrole liquéfié (1306 KMF). Moissi (2017) a rapporté que 60 % des foyers comoriens s'appuient sur le kérosène pour l'éclairage et la cuisine (49 % en Grande Comore, 73 % sur Anjouan et 76 % sur Mohéli). En outre, le faible prix du litre a rendu son utilisation rentable pour les pêcheurs dans leurs moteurs de bateau. Selon l'Association Swofish, une association de pêcheurs à Mohéli, les moteurs de bateau sont conçus pour utiliser aussi bien de l'essence que du kérosène (Association Swofish, comm. interne, 2018). Il n'existe toutefois pas de données très claires sur la quantité de gazole utilisée par les ménages et dans les bateaux. D'après sur notre entretien avec l'association, nous sommes arrivés à une estimation approximative de 44,8 litres/jour de kérosène utilisés par bateau. Cette information n'est cependant pas suffisante pour estimer le kérosène utilisé chaque année pour la pêche. Des données sur le nombre de pêcheurs et de jours de pêche effectifs chaque année seront nécessaires.

Gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Peu d'entreprises importent du GPL (ou de gaz butane) aux Comores en raison d'une propriété d'État du secteur. Aujourd'hui, Vitogaz domine le commerce du gaz, bien que d'autres sociétés émergent progressivement. Le gaz est disponible en bouteilles de 9 kg et 36 kg : les plus petites bombonnes sont en général utilisées par les ménages, alors que les plus grosses bombonnes sont utilisées par les petites entreprises et l'industrie hôtelière. Vitogaz rapporte gérer environ 500 tonnes par an (Vitogaz, comm. interne, 2018) sur 1133 tonnes d'importations au total en 2017 (DGEME, comm. interne, 2018). Selon Diallo (2017), les importations de GPL augmentent en moyenne de 11 % par an, tandis que Vitogaz estime sa croissance à 3 % par an. Il y a trois principaux distributeurs de gaz à Anjouan, où la demande augmente d'environ 5 % par an : deux opérateurs de Vitogaz et EDA, qui importe son gaz directement de Dar es-Salaam, en Tanzanie. Les livraisons de Vitogaz à Mohéli ont été irrégulières, ce qui a abouti à l'apparition d'une nouvelle concurrence comme CAM-GAS. Cependant, il y a seulement deux distributeurs de bombonnes de gaz. Le transport de ces bouteilles de Grande Comore à Anjouan est difficile, car il n'est pas régulier et que les conditions en mer sont difficiles au cours de la saison des pluies. Ces défis se traduisent par plus d'un mois de retard dans l'approvisionnement en gaz. Cette situation est aggravée pendant la saison des pluies et orages qui va de novembre à avril.

Les principaux défis de la croissance du marché du GPL comprennent notamment l'aide publique aux ménages sur le kérosène, le coût d'achat initial d'une bombonne et l'entreposage inadéquat. En outre, bien que le GPL est censé ne pas être taxé aux Comores, en réalité, les droits de douane perçus sur le GPL sont encore élevés (14 %).

L'énergie renouvelable

Bien que les Comores produisent actuellement toute leur énergie à partir de centrales électriques diesel, plusieurs études font ressortir la possibilité d'une indépendance énergétique grâce aux énergies renouvelables. L'énergie solaire a connu le succès dans les maisons privées, les systèmes photovoltaïques autonomes et la distribution de micro-lanternes solaires. Une gestion de l'hydroélectricité par la société civile, aux microcentrales électriques des villages de Lingoni et Marakani, montre aussi la capacité du pays en matière d'énergie renouvelable. Grâce à des efforts soutenus, le gouvernement (avec le soutien de l'Union européenne) construit une centrale solaire de 125 kWp à Mohéli comme projet pilote et pour raccorder une population mal desservie à Ndrondroni. En outre, une étude récente sur les options d'énergie renouvelable aux Comores a mis en évidence la possibilité d'une centrale électrique géothermique de 10 mégawatts (MW) en Grande Comore et une installation de centrales hydroélectriques de 5 MW à Anjouan, mais aussi des fermes solaires et éoliennes publiques de 15 et 6 MW, respectivement (Apperley et Quinlivan, 2016). D'après le coût actualisé de l'énergie (LCOE) de chaque technologie, le Bureau Géologique des Comores a proposé une ferme solaire de 5 MW et une centrale géothermique de 10 MW en Grande Comore (Bureau Géologique, 2018). Ces installations pourraient fournir une solution énergétique à court terme pour l'île (Apperley et Quinlivan, 2016).

Tableau 1 : Potentiel des Comores en énergie renouvelable

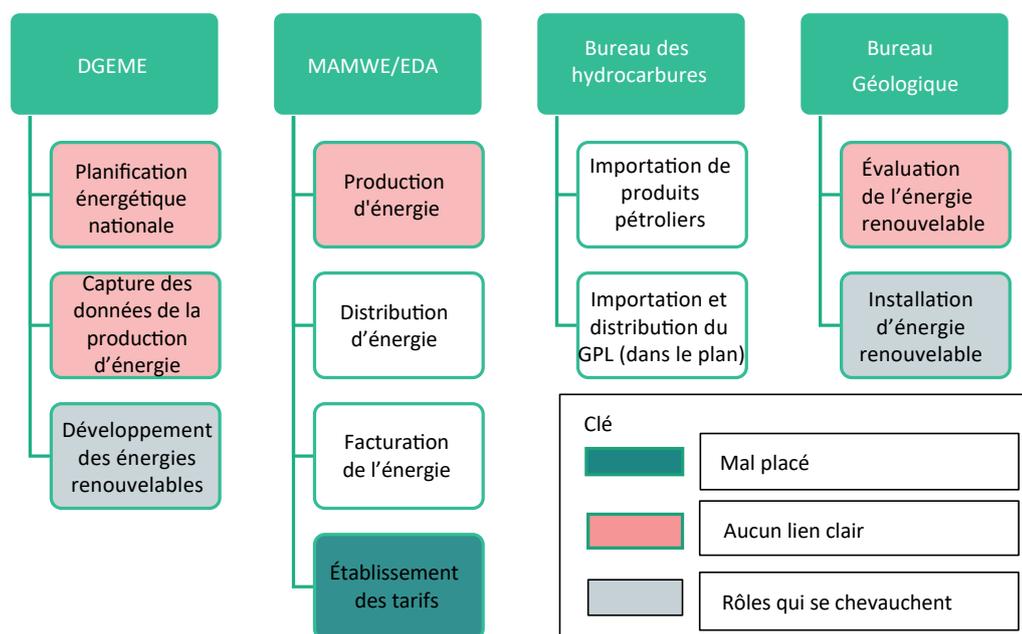
	Comores	Grande Comore	Anjouan	Mohéli	Source
Aérogénérateur	15 MW				
Hydroélectricité	1 MW		5 MW	27 KW	a, c
Solaire	5 kWh/m ² /jour	5 MW			a, b
Géothermie		10 MW			a
Biomasse		5 MW			a

a. CABIRA/NEPLAN, 2018

b. Apperley & Quinlivan, 2016

c. Bureau Géologique, 2018

Figure 4 : Organismes gouvernementaux ayant des mandats liés à l'énergie et une estimation de chevauchement/interpénétration de leurs rôles respectifs



Source : Basé sur des entretiens avec les intervenants

Les Comores importent pour répondre à leurs besoins d'énergie brute, ce qui a un impact négatif sur la sécurité énergétique et le développement économique du pays. Ainsi, l'objectif du pays est d'ajouter des sources d'énergie renouvelable dans son bouquet énergétique et il a publié un rapport préliminaire sur son plan directeur de production, transport et distribution de l'énergie renouvelable. Ce plan définit le développement du réseau électrique comorien, à la fois à court et à long terme, pour tenter de prévoir la demande et l'approvisionnement futurs (CABIRA/NEPLAN, 2018).

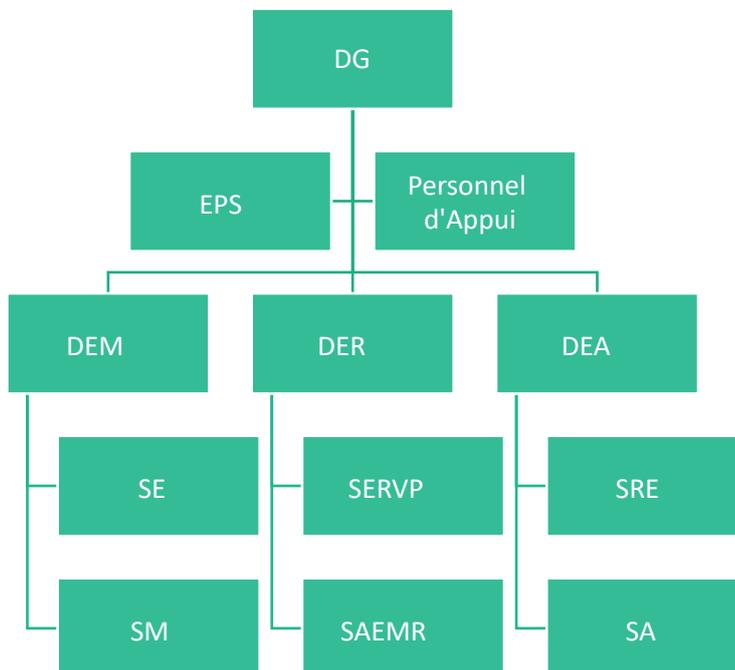
Plusieurs études ont mis en avant les possibilités d'énergies renouvelables résumées au Tableau 1. Ces projets potentiels sont basés sur les études préalables de faisabilité et les analyses coûts-avantages, pas les évaluations du plein potentiel. Il s'agit d'un secteur qui a besoin d'évaluation et d'estimations de terrain.

Cadre juridique et institutionnel

Le directeur général des ressources énergétiques, minières et hydrauliques (DGEME) travaille pour répondre aux besoins énergétiques des Comores. Le directeur est chargé de la mise en œuvre de la politique énergétique du pays. Ce travail est appuyé par les directeurs régionaux dans les îles, dont les rôles, bien que non clairement définis, sont de diffuser les politiques énergétiques nationales dans les îles. Les acteurs clés du secteur de l'énergie comprennent notamment la DGEME, MAMWE/AED (les principaux fournisseurs d'électricité), la Société comorienne des Hydrocarbures (Bureau des hydrocarbures) et le Bureau Géologique (Figure 4).

La MAMWE est la société de production et de distribution nationale de l'énergie en Grande Comore et à Mohéli. Elle distribue également l'eau à Anjouan, où EDA produit et distribue l'énergie. La Société Comorienne des Hydrocarbures (Bureau comorien des hydrocarbures) importe et distribue des produits pétroliers sur toutes les îles. Le bureau gère deux centres de stockage à Anjouan et en Grande Comore ; un autre centre de stockage en est aux premiers stades de construction à Mohéli. Il s'agit d'une mesure destinée à assurer la sécurité énergétique dans toutes les îles. Dans le passé, le bureau a également importé et distribué du GPL. Ce rôle a été ensuite transféré au secteur privé, mais le gouvernement envisage la mise en place de stations de remplissage de gaz afin de réduire le coût de l'importation et pour favoriser son adoption rapide pour un usage domestique et institutionnel. Entre autres responsabilités, le Bureau Géologique réalise dans le même temps l'évaluation des ressources en énergies renouvelables et des installations. Il est actuellement engagé dans l'évaluation des ressources géothermiques en Grande Comore. La géothermie est considérée

Figure 5 : Organisation institutionnelle proposée à la DGEME. Acronymes définis au début du présent rapport



Source : Diallo (2017)

Les noms complets des agences sont les suivants : DG (Direction générale); EPS (Service d'études, planification et statistiques); DEM (Direction de l'énergie et des Mines); DER (Direction des énergies renouvelables); DEA (Direction de l'eau et de l'assainissement); SE (Service de l'énergie); SM (Service des mines); SERVP (Service études, recherche et valorisation du potentiel); SAEMR (Service accès, efficacité et maîtrise des ressources); SRE (Service des ressources en eau); SA (Service de l'assainissement).

comme une ressource énergétique qui pourrait répondre en partie à la demande de base, pouvant également mettre le pays sur la voie d'une énergie durable. Les autres énergies renouvelables en cours d'évaluation sont l'énergie éolienne, solaire et la biomasse.

Ces organismes fonctionnent de façon semi-autonome. MAMWE/EDA et le Bureau des hydrocarbures profitent d'un monopole dans la prestation des services et ressources énergétiques dans le pays. Bien que leurs services émanent d'un intérêt national d'accès à l'énergie et de sécurité, leurs opérations sont affectées par des fonctions qui sont mal définies et qui se chevauchent, ainsi que des liens institutionnels peu clairs. Les solutions comprennent : harmoniser les rôles en termes d'énergie renouvelable de la DGEME et du Bureau Géologique ; mettre en place un régulateur indépendant de l'énergie ; fixer un tarif d'électricité ; et, relier les principaux acteurs publics et privés dans la chaîne de production et d'approvisionnement énergétique.

La DGEME a fixé une feuille de route pour améliorer la communication institutionnelle, notamment une nouvelle structure organisationnelle. On peut voir cette nouvelle structure à la Figure 5, bien que tous les postes ne sont pas encore pourvus (Diallo, 2017).

En dehors de la stratégie énergétique du pays, qui en est à la phase finale de développement, le secteur de l'énergie des Comores n'a pas été l'objet d'une politique officielle. La stratégie énergétique s'articule autour de Vision 2033, mais elle ne mentionne pas concrètement les cadres réglementaires et structurels envisagés. Ainsi, la réglementation du secteur, le partage de l'information et la gestion de données sont des lacunes majeures dans le secteur.

Capacité institutionnelle pour garantir les statistiques énergétiques

Les Comores disposent de données énergétiques insuffisantes à l'échelle nationale ainsi qu'au niveau sous-sectoriel, par source et utilisation. Les flux d'énergie sont opaques, et la responsabilité nationale des ressources locales et importées est un problème. En outre, les quelques données disponibles sont ventilées et

réparties dans diverses organisations, selon l'agence qui a réalisé ou commandé l'étude. La planification des systèmes d'énergie est au cœur d'un développement national efficace et efficient. S. Diallo (2017) recommande l'analyse des statistiques du bilan énergétique national pour comprendre la dynamique du secteur et produire de bonnes prévisions d'après les statistiques. Plus particulièrement, il recommande que la DGEME renforce la capacité et les outils de mise en œuvre des plans stratégiques nationaux en matière d'énergie. Par ailleurs, il appelle des prévisions à moyen et à long terme basées sur des déterminants et des corrélations fiables, afin de renforcer la connaissance du gouvernement des flux d'énergie de par source et utilisation finale. Ces recommandations sont incluses dans la stratégie du secteur énergétique du pays (AETS, 2013).

Les statistiques du bilan énergétique favorisent la compréhension des flux énergétiques du pays, en fournissant des informations quantitatives sur la production nationale, les importations et les exportations, ainsi que sur la transformation et la demande. Elles permettent à un pays de générer des projections pour des raisons de planification nationale et de contrôle des objectifs de développement par rapport aux ressources nationales disponibles. Les statistiques énergétiques peuvent également aider le pays à contrôler, vérifier et signaler les plans de développement importants. Cela entre dans la stratégie du secteur national de l'énergie (2013), notamment en favorisant l'augmentation du niveau de dépendance énergétique et la mise en œuvre de trois actions stratégiques : la planification et la mise en place de systèmes énergétiques, l'amélioration de l'offre d'énergies renouvelables sur les trois îles, et les contrôles de la répartition de l'énergie.

2. Méthodes de l'étude

Cette section donne une description détaillée de notre démarche de préparation des statistiques énergétiques nationales et de conduire une analyse du scénario de stratégie énergétique 2033 selon le modèle de systèmes énergétiques nationaux dans le LEAP. Elle donne un aperçu de nos procédures de collecte des données, notamment l'implication des parties prenantes, mais également l'introduction de l'outil du LEAP, et elle explique notre sélection du format de bilan énergétique, selon les orientations de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2004). Nous présentons également la méthodologie de sélection des scénarios.

Processus de collecte des données et d'implication des intéressés

Pour générer un ensemble précis et à jour de statistiques énergétiques pour les Comores, qui couvre la production et la consommation d'énergie dans tous les secteurs de l'économie, nous avons utilisé une méthode de collecte de données participative, impliquant des intervenants dans l'ensemble du paysage énergétique du pays. Nous avons élaboré un bilan énergétique pour les Comores (et également défini et regroupé ses produits énergétiques et flux de marchandises vers divers secteurs) à l'aide d'une méthodologie qui suit les normes internationales de l'AIE.

La collecte de données énergétiques des parties concernées a suivi un processus en deux étapes :

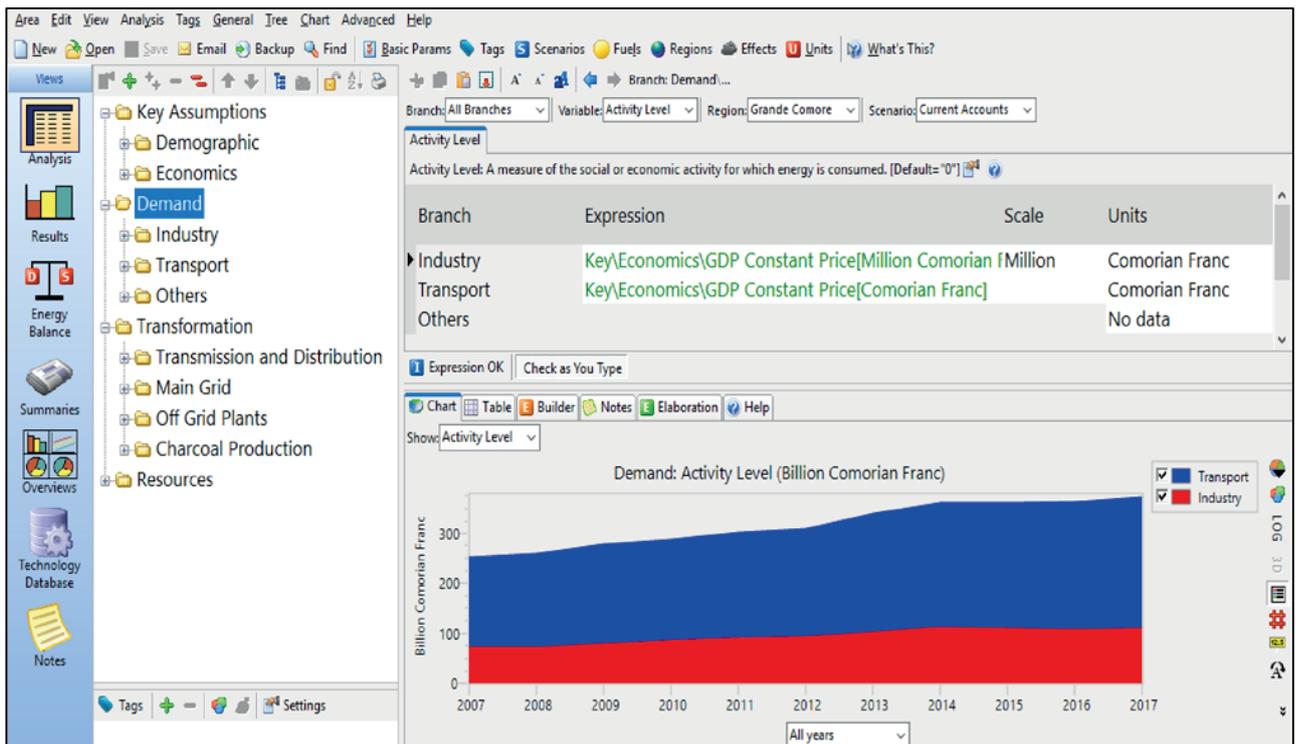
- Visite de présentation à la DGEME et autres institutions qui se concentrent sur l'énergie et la collecte des données énergétiques. Cela nous a permis d'expliquer l'objectif principal de l'initiative et d'informer les parties prenantes concernées sur les principaux points du bilan énergétique.
- Collecte de données relatives à la préparation des statistiques du bilan énergétique, dans l'ensemble des institutions et sur les trois îles, selon les normes de l'AIE.

Les efforts de collecte des données ont engagé des intervenants de chacun des grands secteurs aux Comores. Ces secteurs incluaient ceux de la consommation finale d'énergie, comme l'industrie (la production d'huile essentielle), les transports (y compris le transport routier, la navigation intérieure et le trafic aérien intérieur) et d'autres secteurs (les ménages et les bâtiments commerciaux ou publics). Nous avons aussi recueilli des données des secteurs de l'approvisionnement énergétique, notamment le transport et la distribution d'électricité, la production d'électricité (à la fois dans le réseau et en dehors) et la production de charbon. En outre, nous avons cherché des données transversales (relatifs à plusieurs secteurs, comme le PIB ou la population du pays). Notre collecte de données historiques a été consacrée annuellement résolue des données provenant des dix dernières années (2007-2017). Enfin, dans la mesure du possible, les données ont été recueillies séparément pour chacune des trois îles du pays. Une liste des intervenants consultés est donnée à la Figure 6.

Figure 6 : Liste des intervenants consultés pour les données historiques, et type de données demandé à chacun

DGEME	<ul style="list-style-type: none"> • Politique et planification du secteur de l'énergie et de l'eau • Technologies d'énergie renouvelable
MAMWE (Grande Comore et Mohéli) et EDA (Anjouan)	<ul style="list-style-type: none"> • Entreprise de services publics d'électricité (transmission et distribution) • Production d'électricité
Bureau de la statistique (Grande Comore, Mohéli)	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête démographique et économique
Bureau géologique (Grande Comore)	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation de l'énergie renouvelable • Mise en œuvre de projets d'énergie renouvelable
Bureau des hydrocarbures (Grande Comore et Mohéli)	<ul style="list-style-type: none"> • Importation et distribution de produits pétroliers
Commission de planification nationale (Grande Comore)	<ul style="list-style-type: none"> • Stratégies gouvernementales et développement des plans et des objectifs
Vitogaz (Grande Comore) COMGAS (Mohéli) et EDA	<ul style="list-style-type: none"> • Importation et distribution de GPL
Industriels de secteur privé (développement de l'Initiative), producteur d'ylang-ylang	<ul style="list-style-type: none"> • Production et exportation de vanille • Distilleries d'ylang-ylang

Figure 7 : L'interface principale du LEAP



Après la phase de collecte des données, toute l'information a été préparée pour être saisie dans le LEAP, le système Long-range Energy Alternatives Planning.

LEAP : un outil de modélisation du système énergétique

Le LEAP est un outil logiciel développé par le Stockholm Environment Institute (SEI) pour créer des modèles intégrés de systèmes énergétiques, couvrant la production et la consommation d'énergie dans tous les secteurs d'une économie. Il peut servir à réaliser une analyse des scénarios de développement différents pour le secteur énergétique, et de comparer les résultats correspondants à l'aide d'une gamme de visualisations. Pour diverses raisons, nous avons choisi le LEAP comme outil de modélisation privilégié pour cette analyse. Premièrement, le LEAP est disponible gratuitement pour les gouvernements des pays en voie de développement et il peut être installé sur n'importe quel PC. Deuxièmement, il est très flexible en termes de données nécessaires et de structure de modélisation, ce qui lui permet d'être efficace pour les environnements pour lesquels on a peu de données. Enfin, en tant qu'outil de modélisation intégré, le LEAP peut servir à générer un bilan énergétique complet pour n'importe quelle année passée (ou future) dans son interface (Figure 7).

Le format du bilan énergétique

Un bilan énergétique est un rapport annuel qui montre la production, la conversion et la consommation des produits énergétiques dans une économie et qui obéit à des règles de comptabilité concrètes. Un bilan énergétique fournit une représentation complète des flux d'énergie dans une économie, de leur point d'entrée (production ou importations), à leur transformation en d'autres produits énergétiques, et finalement à leur consommation finale ou leur exportation. Pour éviter l'incertitude provenant des différentes qualités de carburant ou des unités physiques qui dépendent de la température et de la pression, les bilans énergétiques sont en général affichés en unités énergétiques. Les bilans énergétiques aident à assurer la cohérence des registres dans l'ensemble des secteurs, des années et des zones géographiques, mais ils permettent aussi de définir des limites, d'assurer l'exhaustivité dans tous les secteurs, de fixer et suivre des indicateurs liés à l'énergie, et de trouver les erreurs et anomalies comptables. Ils sont souvent représentés sous forme de tableau, avec les différents produits énergétiques représentés dans les colonnes et les flux de produits représentés dans les rangées. La Figure 8 donne un exemple de statistiques de bilan énergétique du Monténégro en 2012-2013 (MONSTAT, 2014).

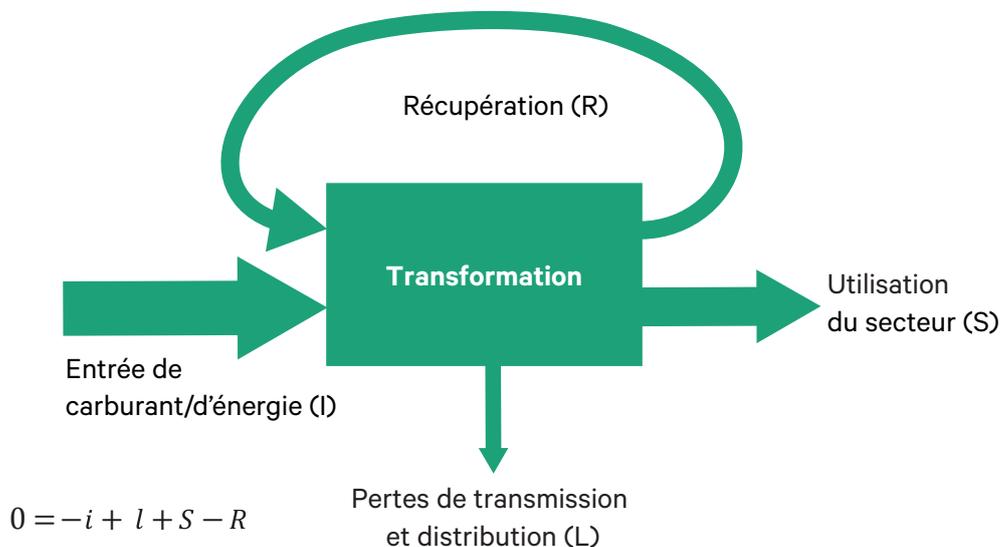
Figure 8 : Un exemple de tableau de bilan énergétique, montrant les différents flux (lignes) et les produits énergétiques (colonnes)

	Total energy	Coal	Oil p	Produit	Electricity
Primary production	22 885	15 583	-	7 302	-
Recovered products	2 196	-	-	-	2 196
Import	13 059	28	12 265	32	734
Stock changes	-	-	-	-	-
Export	- 3 476	- 212	- 622	- 313	- 2 329
Gross inland energy consumption	34 664	15 399	11 643	7 021	601
Transformation - input	15 203	15 178	-	25	-
Transformation - output	4 732	-	-	12	4 720
Exchange and transfers	8 906	-	-	-	8 906
Own consumption in energy sector	490	-	-	-	490
Losses	2 239	-	-	-	2 239
Non-energy consumption	1 246	-	1 246	-	-
Final energy consumption	29 124	221	10 397	7 008	11 498
Industry	7 508	120	2 211	209	4 968
Transport	7 917	-	7 795	-	122
Households and other sectors	13 699	101	391	6 799	6 408
Statistical differences	-	-	-	-	-

Primary production	Production primaire
Recovered products	Produits récupérés
Import	Importation
Stock changes	Variations des stocks
Export	Exportation
Gross inland energy consumption	Consommation intérieure d'énergie brute
Transformation - input	Transformation : entrée
Transformation - output	Transformation : sortie
Exchange and transfers	Échanges et transferts
Own consumption in energy sector	Consommation interne au secteur de l'énergie
Losses	Pertes
Non-energy consumption	Consommation non énergétique
Final energy consumption	Consommation finale d'énergie
Industry	Industrie
Transport	Transports
Households and other sectors	Ménages et autres secteurs
Statistical differences	Différences statistiques
Total energy	Énergie totale
Coal	Charbon
Electricity	Électricité

Source : MONSTAT, 2014

Figure 9 : Expression de calcul simplifiée du bilan énergétique



On utilise un certain nombre de conventions de mise en forme, mais la plus courante est celle qui est prescrite par l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Le Manuel des statistiques énergétiques autorisées de l'AIE (AIE, 2004) décrit un système de règles comptables pour équilibrer le rapport fondamental suivant.³

Total de l'approvisionnement en énergie primaire + transferts = demande totale

En principe, l'opération ci-dessus doit s'appliquer à chaque produit énergétique. Toutefois, en raison des divergences comptables, de petites incompatibilités entre la gauche et la droite peuvent exister, et ces dernières sont classées comme différences statistiques. Les différences statistiques sont donc une représentation de l'inadéquation entre l'offre et la demande. Elles devraient être étudiées et résolues par un analyste spécialisé en énergie ou représentées en tant que flux distinct des matières premières dans le bilan énergétique final.

Un diagramme d'entrées et de sorties présente cette relation à la Figure 9. La somme circulaire de toutes les entrées et les sorties équivaut à zéro.

Le logiciel LEAP applique nativement ces relations de comptabilité énergétique, ce qui signifie qu'on peut l'utiliser pour calculer et visualiser chaque composant d'un bilan énergétique, ou pour afficher un bilan énergétique complet de tous les secteurs pour une année donnée.

Sélection et analyse du scénario

Après avoir construit une représentation complète du système énergétique historique des Comores à l'aide du LEAP, nous avons préparé un certain nombre de scénarios de développement, chacun décrivant un autre avenir possible pour le système énergétique national. Un scénario est une manière cohérente de décrire quelque chose qui pourrait se produire dans le futur – une évolution dans la façon dont les consommateurs utilisent l'énergie, l'introduction d'un nouvel ensemble de technologies, etc. Ces scénarios étaient cohérents en soi, et respectaient un ensemble clair de règles qui décrivaient, incluaient et excluaient les évolutions.

Dans ce rapport, on adopte un scénario de référence selon lequel le système énergétique continue d'évoluer de la même manière que nous avons observé pour le passé, ainsi que quatre scénarios éclairés par la stratégie énergétique nationale du pays :

³ L'approvisionnement total en énergie primaire (ATEP) est composé de la production locale de ressources, la fabrication de combustibles secondaires et d'autres sources de carburant, auxquelles on ajoute les importations et les variations de stocks négatives, et on soustrait les variations de stock positives des exportations. Enfin, on soustrait le combustible de soude de l'aviation et la marine internationales pour obtenir l'ATEP. Les transferts proviennent principalement du reclassement des produits énergétiques d'une année à l'autre. La demande totale est composée des intrants dans les processus de conversion d'énergie, de l'utilisation propre du secteur énergétique, des pertes de distribution et de la consommation finale d'énergie. Pour plus de détails sur chacun de ces éléments, le lecteur doit consulter le manuel de statistiques énergétiques de l'AIE (AIE, 2004).

1. Le scénario de l'indépendance énergétique nationale
2. Scénario d'accès accéléré à l'énergie
3. Le scénario de transition énergétique de la biomasse
4. Scénario combiné

3. Saisie des données et hypothèses

Hypothèses transversales

La population et les données économiques sont des entrants essentiels qui stimulent le côté de la demande et affectent le long terme du bilan énergétique. Des hypothèses de croissance économique et de population influent sur le modèle de demande d'énergie et d'autres relations énergétiques, comme les mesures de l'intensité énergétique. Ces hypothèses doivent reposer sur les principales prévisions économiques et démographiques tirées des données existantes ou à partir d'une bonne observation des tendances.

Données relatives à la demande énergétique finale

Le LEAP est un modèle axé sur la demande capable de générer des bilans énergétiques. Afin de respecter les directives de l'Agence internationale de l'énergie, nous avons adopté la structure de la demande énergétique finale de l'AIE. Les lignes directrices classent les consommations énergétiques en trois grandes catégories :

Industrielle : Il s'agit d'énergie utilisée pour la production de chaleur pour les procédés industriels. Les autres formes d'énergie utilisées dans le secteur industriel ne sont pas incluses ; par exemple, l'énergie utilisée pour le transport industriel de marchandises et de fret est prise en compte dans la catégorie transport.

Transports : Il s'agit des carburants utilisés pour le transport lui-même. Les fins autres que le transport doivent être déclarées dans d'autres catégories. Quatre catégories sont identifiées dans cette branche : transport routier, aérien, pipelines et navigation intérieure.

Autres : L'outil LEAP donne à l'utilisateur la possibilité d'organiser le travail selon la disponibilité des données. S'il y a des lacunes dans les données, les hypothèses sont faites selon une évaluation raisonnable et des entretiens ou demandes de renseignements complémentaires, y compris avec les experts nationaux. Par exemple, s'il manque des données sur l'intensité de l'énergie utilisée par les ménages, les utilisateurs du LEAP peuvent agréger les calculs ou utiliser des bouts d'information pour développer les intensités énergétiques correspondantes d'après la technologie utilisée. Cela donne aux modélisateurs du système énergétique une certaine flexibilité et améliore la facilité d'utilisation, tout en ouvrant la porte à de futures possibilités de déterminer des valeurs d'après des données observées.

Saisi de données dans le LEAP

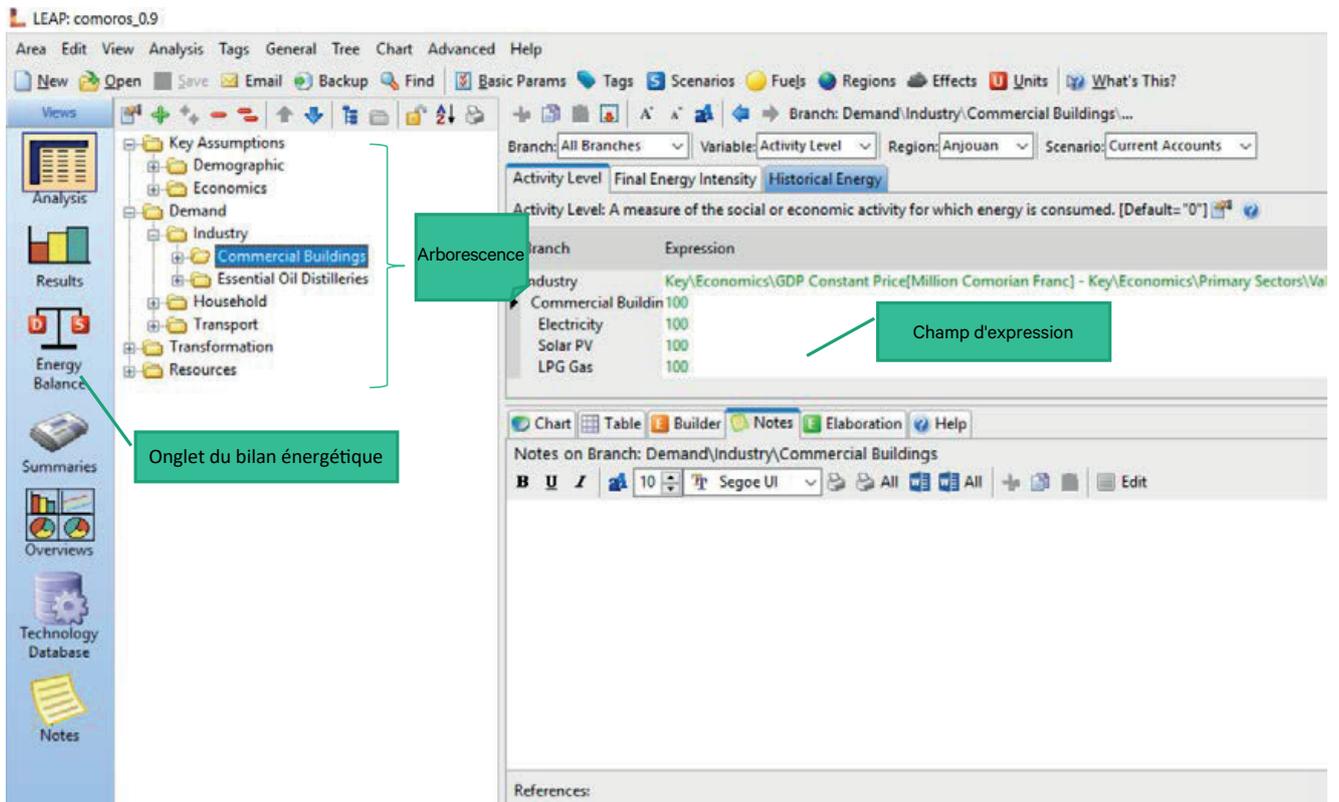
Le LEAP donne aux utilisateurs la possibilité d'organiser leur travail d'après la disponibilité des données d'un pays ou d'une région en particulier. La plateforme fournit un environnement convivial pour saisir les données avec des éléments clés. Ces éléments sont illustrés à la Figure 10.

L'utilisateur peut organiser les données en catégories de demande et d'approvisionnement dans l'arborescence. Des expressions mathématiques sont entrées dans le domaine de l'expression et le bilan énergétique est visualisé sur l'onglet d'équilibre énergétique.

Traitement de l'information relative aux statistiques énergétiques

Le questionnaire de collecte des données reposait sur l'arborescence du LEAP. L'arborescence organise les données en trois niveaux (niveau d'activité, intensité énergétique et tendances historiques). Dans certains cas, les données obtenues ne rentraient pas l'une des trois catégories de modélisation. Par conséquent, nous avons développé les approches suivantes pour synthétiser les informations disponibles sous forme de données adaptées au développement du modèle énergétique comorien.

Figure 10 : Espace de travail du LEAP



Application directe des données : Les données obtenues directement qui pourraient être saisies telles quelles ont été transmises au modèle sans aucun traitement supplémentaire. Ces données incluaient des informations macro-économiques et démographiques, ainsi que les parts de combustible domestique dans l'éclairage et la cuisson.

Extrapolation : La consommation énergétique historique a été rajustée selon des jeux de données internationales fournies par l'intermédiaire des données de l'ONU.

Triangulation : Si les données sont insuffisantes, la méthode de triangulation a été utilisée pour générer des données qui correspondent logiquement au modèle. Par exemple, les données sur l'utilisation quotidienne de kérosène par des bateaux de pêche étaient insuffisantes pour établir la demande de kérosène annuelle finale sans connaître le nombre de bateaux et le nombre de voyages effectués par bateau et par an. Dans ce cas, on a soustrait des valeurs d'importation globales le kérosène utilisé chaque année dans les foyers. Cela a donné la demande annuelle de kérosène pour les bateaux. Comme on connaît le nombre total de kilomètres que les bateaux ont parcouru, on pourrait générer le nombre de litres de kérosène par « kilomètre en bateau ».

Relation : On a utilisé des données recueillies sur l'une des îles pour représenter toutes les îles des Comores, en supposant des pratiques courantes. Par exemple, un sondage sur le bois de chauffage domestique à Anjouan a montré que chaque ménage utilisait 5,1 kg de bois de chauffage par jour pour la cuisson. Cette hypothèse a été appliquée à Mohéli et à la Grande Comore.

Pour plus de détails sur les données entrées dans le LEAP, voir à l'annexe 1.

4. Historique des statistiques énergétiques

Cette section décrit les statistiques énergétiques d'après les résultats du modèle et les données recueillies auprès des divers intervenants. L'information est en corrélation avec la littérature secondaire, les rapports et les études antérieures réalisées aux Comores. Dans certains cas, le système énergétique des Comores a été comparé à celui des pays en voie de développement.

L'un des principaux objectifs de cette étude consiste à synthétiser, pour la première fois, les données de la consommation et de la production d'énergie provenant de diverses parties concernées en un ensemble complet de statistiques sur le bilan énergétique. Une partie importante de l'étude comprenait la collecte de données. Cela a permis le développement d'une image claire du système énergétique comorien et d'identifier les lacunes et les incohérences dans les données disponibles, avant de prendre des mesures pour y remédier.

Nous avons recherché des données allant de 2007 à 2017 pour le plus grand nombre d'années à disposition. Comme les enquêtes annuelles ou les comptes-rendus centralisés ne touchent pas tous les secteurs, les éléments de données provenant de cette période ont été remplis à l'aide d'une estimation ponctuelle tirée d'une année unique. Cette pratique se traduit souvent par de grandes différences statistiques (définies plus haut dans ce rapport) que l'on observe lorsqu'on réconcilie des sources d'approvisionnement en énergie à la consommation annuelle. Des différences statistiques indiquent une incohérence entre la production d'énergie et la consommation finale : le résultat de données manquantes, des différentes pratiques comptables parmi les détenteurs des données, et d'autres problèmes de qualité des données. Pour donner un aperçu complet du système énergétique du pays, nous avons étudié (et en grande partie résolu) les différences statistiques, uniquement pour l'année la plus récente au moment de la publication, en 2017. Le bilan énergétique national des Comores est fourni au Tableau 2.

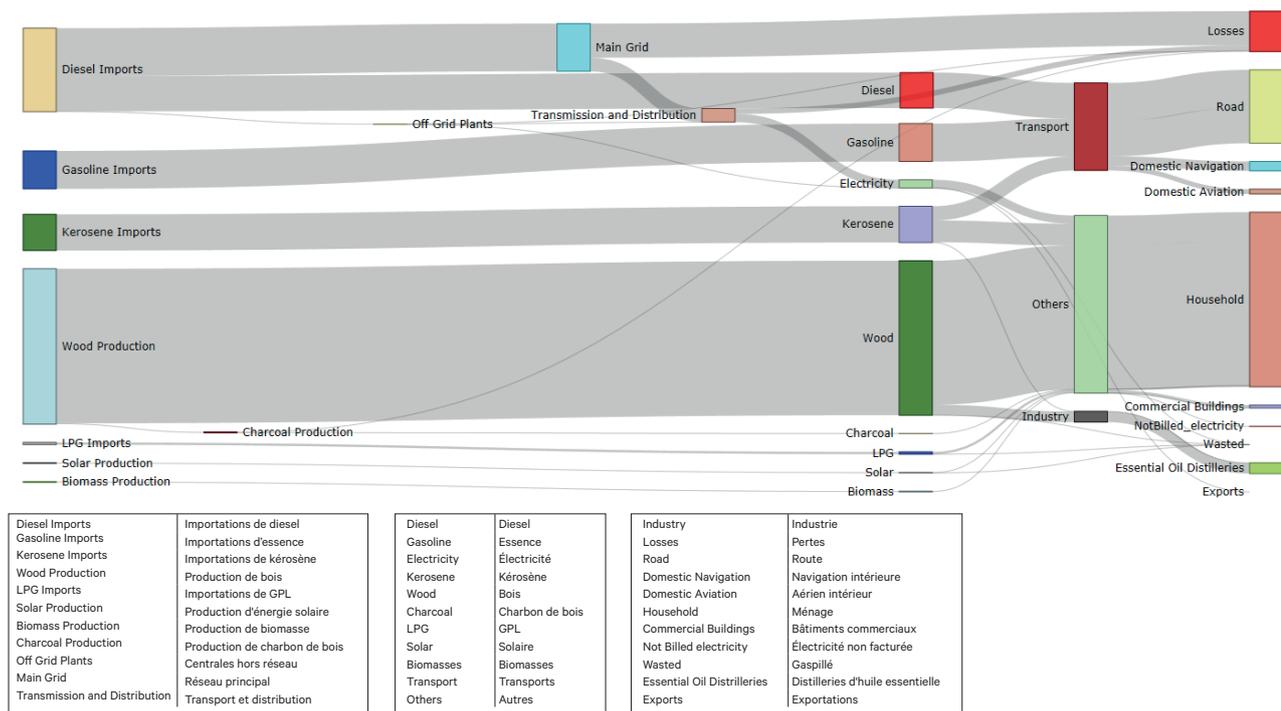
Le modèle de système énergétique construit pour cette étude contient des statistiques énergétiques au niveau régional ventilées pour chacune des trois régions comoriennes : Grande Comore, Anjouan et Mohéli. On peut consulter les tableaux du bilan énergétique historique pour toutes les régions combinées comme au Tableau 2, ou bien les afficher séparément pour chaque région. Le Tableau 3 résume les flux énergétiques pour chaque île. Les détails concernant le combustible pour chaque île sont fournis plus loin au Tableau 4, au Tableau 5 et au Tableau 6.

Tableau 2 : Bilan énergétique national des Comores en 2017, toutes les îles confondues (en térajoules)

	Essence	Kérosène	Diesel	GPL	Bois	Charbon de bois	Biomasse	Solaire	Électricité	Total
Production	-	-	-	-	3714,7	-	17,1	10,6	-	3742,3
Importations	906,6	864,6	1995,7	53,6	-	-	-	-	-	3820,5
Exportations	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de l'approvisionnement primaire	906,6	864,6	1995,7	53,6	3714,7	-	17,1	10,6	-	7562,8
Production de charbon de bois	-	-	-	-	-20,4	4,6	-	-	-	-15,9
Centrales hors réseau	-	-	-7,4	-	-	-	-	-	1,8	-5,5
Réseau principal	-	-	-1140,1	-	-	-	-	-	325,3	-814,8
Transport et distribution	-	-	-	-	-	-	-	-	-129,9	-129,9
Transformation totale	-	-	-1147,5	-	-20,4	4,6	-	-	197,2	-966,2
Industrie	-	4,7	-	-	251,5	-	-	-	-	256,2
Distilleries d'huile essentielle	-	4,7	-	-	251,5	-	-	-	-	256,2
Transports	906,6	338,3	848,2	-	-	-	-	-	-	2093,1
Route	906,6	-	848,2	-	-	-	-	-	-	1754,8
Navigation intérieure	-	224,7	-	-	-	-	-	-	-	224,7
Aérien intérieur	-	113,7	-	-	-	-	-	-	-	113,7
Autres :	-	521,5	-	53,6	3442,8	4,6	17,1	10,6	197,2	4247,2
Ménage	-	521,5	-	34,4	3442,8	4,6	17,1	9,0	146,0	4175,3
Bâtiments commerciaux	-	-	-	19,2	-	-	-	1,6	50,1	70,8
Électricité non facturée	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,1
Demande totale	906,6	864,6	848,2	53,6	3694,2	4,6	17,1	10,6	197,2	6596,6

Source : Produit à partir de la collecte de données nationales et la modélisation

Figure 11 : Diagramme de Sankey des flux d'énergie aux Comores



Source : Généré à partir du modèle de système énergétique développé pour les Comores

Tableau 3 : Récapitulatif du bilan énergétique par région pour les Comores en 2017, tous combustibles combinés (en térajoules)

	Grande Comore	Anjouan	Mohéli	Total
Production	1831,6	1705,0	205,7	3742,3
Importations	2560,7	1054,1	205,7	3820,5
Exportations	-	-	-	-
Total de l'approvisionnement primaire	4392,3	2759,0	411,4	7562,8
Production de charbon de bois	-7,9	-6,8	-1,3	-15,9
Centrales hors réseau	-	-	-5,5	-5,5
Réseau principal	-594,9	-178,8	-41,2	-814,8
Transport et distribution	-87,2	-33,8	-9,0	-129,9
Transformation totale	-689,9	-219,3	-57,0	-966,2
Industrie	16,1	233,7	6,5	256,2
Distilleries d'huile essentielle	16,1	233,7	6,5	256,2
Transports	1403,2	569,0	120,9	2093,1
Route	1253,0	419,3	82,5	1754,8
Navigation intérieure	92,3	101,5	30,8	224,7
Aérien intérieur	57,9	48,2	7,6	113,7
Autres :	2283,1	1737,0	227,1	4247,2
Ménage	2233,1	1719,7	222,5	4175,3
Bâtiments commerciaux	50,0	16,9	3,9	70,8
Électricité non facturée	0,0	0,4	0,7	1,1
Demande totale	3702,4	2539,7	354,4	6596,6

Source : Produit à partir de la collecte de données nationales et la modélisation

Les figures 11, 14, 17 et 20 sont des diagrammes de flux pour l'ensemble des systèmes énergétiques des Comores, respectivement la Grande Comore, Anjouan et Mohéli.

Dans l'ensemble du pays, le total des besoins primaires du pays s'élevait à plus de 7,5 pétajoules (PJ) en 2017, dont plus de la moitié se trouve en Grande Comore. À l'échelle nationale, cela indique des besoins annuels moyens de 9,1 gigajoules (GJ) par habitant. Cela place les Comores parmi les pays qui en consomment le moins dans le monde. Pour référence, la consommation moyenne dans l'ensemble des pays classés par l'ONU comme « pays les moins avancés » était de 15,2 GJ/habitant en 2014, selon les statistiques les plus récentes disponibles (AIE et OCDE, 2014). Dans la demande finale d'énergie, la consommation d'électricité annuelle moyenne par personne aux Comores a été de 66,1 kilowattheures (kWh) par habitant (la production d'électricité, moins les pertes de transmission et de distribution), ce qui est parmi les plus faibles au monde. En comparaison, la consommation moyenne d'électricité dans l'ensemble des pays les moins avancés était d'un peu plus de 200 kWh/habitant en 2014 (AIE et OCDE, 2014). L'intensité énergétique de l'économie comorienne était de USD 0,19 USD par Mégajoule (MJ)⁴ en 2017, ce qui est semblable à des intensités énergétiques observées dans les autres pays les moins avancés.

Les besoins énergétiques sont dominés par le bois et les autres types de biomasses qui répondent à près de la moitié des besoins en énergie primaire en 2017. Bois et biomasse sont utilisés principalement par les ménages et pour la production d'huile essentielle. Vient ensuite la consommation de diesel, qui est utilisée également pour la production d'électricité. L'essence et le kérosène sont des carburants importants pour le transport, et de nombreux ménages s'appuient également sur le kérosène pour leurs besoins de cuisson. Tous les produits pétroliers sont importés.

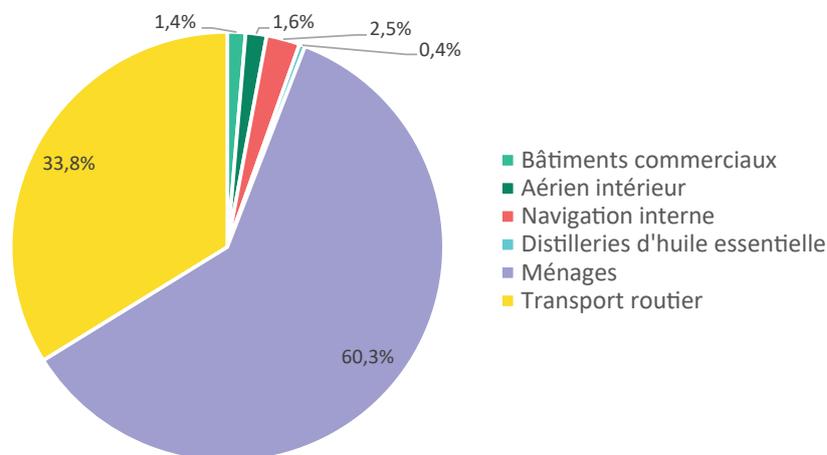
Statistiques énergétiques en Grande Comore

Historique de la demande énergétique finale

La plus grande et la plus peuplée des îles de l'archipel des Comores, la Grande Comore (Ngazidja) est également le centre économique du pays. La demande énergétique finale y est répartie parmi un large éventail de secteurs, dont la plus importante est la consommation des ménages. Comme sur chacune des autres îles, la consommation énergétique domestique y est dominée par la biomasse primaire sous forme de bois de chauffage. La consommation finale d'électricité est la plus élevée du pays, avec 95,2 kWh/habitant et par an.

La Figure 12 montre la demande totale d'énergie finale en Grande Comore (3702,4 TJ) par secteur, pour 2017. Pour l'affichage, la liste exclut l'électricité non facturée, ce qui représente moins de 0,1 % de la demande finale d'énergie.

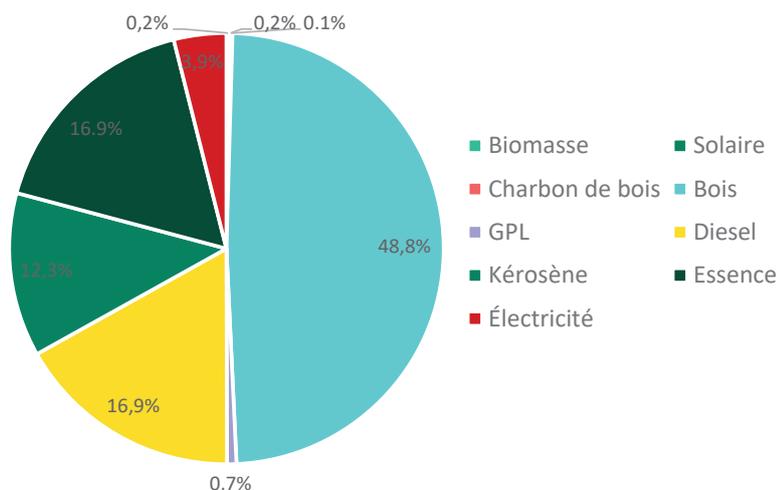
Figure 12 : Part de la demande totale d'énergie finale par secteur en Grande Comore



Source : Basé sur la demande d'énergie calculée par secteur

⁴ Mesuré en 2007 USD, en supposant un taux de change moyen de 2007 pour 354,87 francs comoriens (KMF) pour 1 USD (XE Corporation, 2018).

Figure 13 : Part de la demande totale d'énergie finale par combustible en Grande Comore



Source : Basé sur la demande d'énergie calculée par carburant

La Figure 13 montre la demande totale d'énergie finale en Grande Comore (3702,4 TJ) par combustible, pour 2017. Pour l'affichage, la liste exclut l'électricité non facturée, ce qui représente moins de 0,1 % de la demande finale d'énergie. La biomasse, l'énergie solaire et le charbon de bois représentent respectivement seulement 0,2 %, 0,2 % et 0,1 % de la demande finale d'énergie, et leur visibilité sur le graphique est faible.

Tableau 4 : Bilan énergétique 2017 pour la Grande Comore (en térajoules)

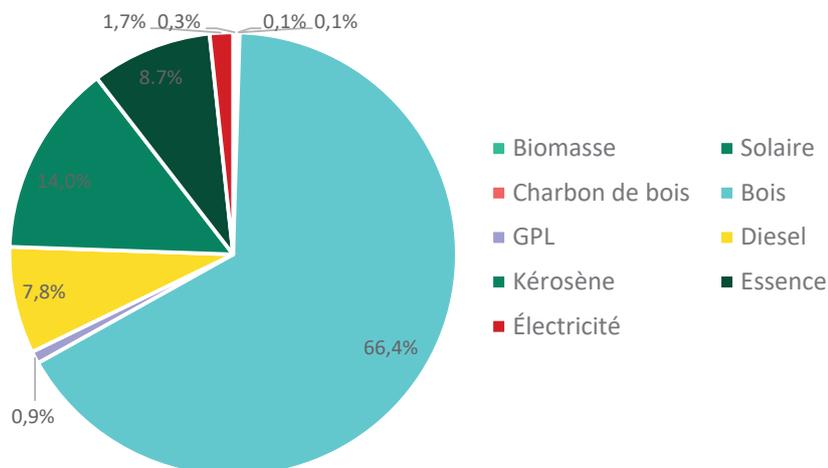
	Essence	Kérosène	Diesel	GPL	Bois	Charbon de bois	Biomasse	Solaire	Électricité	Total
Production	-	-	-	-	1817,1	-	8,4	6,1	-	1831,6
Importations	626,9	455,1	1452,8	25,9	-	-	-	-	-	2560,7
Exportations	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de l'approvisionnement primaire	626,9	455,1	1452,8	25,9	1817,1	-	8,4	6,1	-	4392,3
Production de charbon de bois	-	-	-	-	-10,1	2,3	-	-	-	-7,9
Centrales hors réseau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Réseau principal	-	-	-826,7	-	-	-	-	-	231,8	-594,9
Transport et distribution	-	-	-	-	-	-	-	-	-87,2	-87,2
Transformation totale	-	-	-826,7	-	-10,1	2,3	-	-	144,7	-689,9
Industrie	-	0,4	-	-	15,6	-	-	-	-	16,1
Distilleries d'huile essentielle	-	0,4	-	-	15,6	-	-	-	-	16,1
Transports	626,9	150,2	626,1	-	-	-	-	-	-	1403,2
Route	626,9	-	626,1	-	-	-	-	-	-	1253,0
Navigation intérieure	-	92,3	-	-	-	-	-	-	-	92,3
Aérien intérieur	-	57,9	-	-	-	-	-	-	-	57,9
Autres :	-	304,5	-	25,9	1791,4	2,3	8,4	6,1	144,7	2283,1
Ménage	-	304,5	-	16,1	1791,4	2,3	8,4	5,2	105,2	2233,1
Bâtiments commerciaux	-	-	-	9,8	-	-	-	0,8	39,5	50,0
Électricité non facturée	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Demande totale	626,9	455,1	626,1	25,9	1807,0	2,3	8,4	6,1	144,7	3702,4

Source : Produit à partir de la collecte de données nationales et la modélisation

Flux énergétiques en Grande Comore

Les Habitants et les activités économiques de la Grande Comore donnent lieu aux besoins en énergie les plus importants parmi les trois îles, avec des besoins énergétiques primaires moyens de 10,4 GJ/habitant. Le Table 4 fournit un bilan énergétique pour la Grande Comore, pour 2017.

Figure 16 : Part de la demande d'énergie par combustible à Anjouan



Source : Basé sur la demande d'énergie calculée par carburant

La Figure 16 montre la répartition de la demande totale d'énergie finale à Anjouan (2539,7 TJ) par combustible, pour 2017. Pour l'affichage, la liste exclut l'électricité non facturée, ce qui représente moins de 0,1 % de la demande finale d'énergie. La biomasse, l'énergie solaire et le charbon de bois représentent respectivement seulement 0,3 %, 0,1 % et 0,1 % de la demande finale d'énergie.

Bilan énergétique pour Anjouan

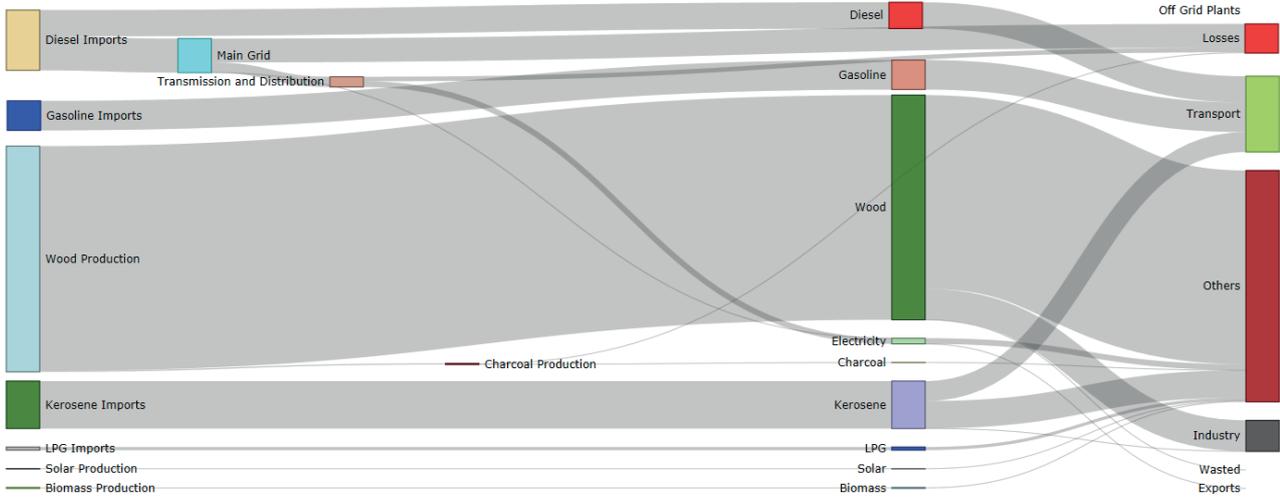
La moyenne des besoins en énergie primaire de l'île est de 7,9 GJ/habitant, près d'un quart de moins que l'île voisine de Grande Comore. Le Tableau 5 donne un aperçu des flux de produits énergétiques pour Anjouan en 2017.

Tableau 5 : Bilan énergétique 2017 pour Anjouan (en térajoules)

	Essence	Kérosène	Diesel	GPL	Bois	Charbon de bois	Biomasse	Solaire	Électricité	Total
Production	-	-	-	-	1695,0	-	7,3	2,7	-	1705,0
Importations	221,7	356,5	452,9	22,9	-	-	-	-	-	1054,1
Exportations	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de l'approvisionnement primaire	221,7	356,5	452,9	22,9	1695,0	-	7,3	2,7	-	2759,0
Production de charbon de bois	-	-	-	-	-8,7	1,9	-	-	-	-6,8
Centrales hors réseau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Réseau principal	-	-	-255,4	-	-	-	-	-	76,6	-178,8
Transport et distribution	-	-	-	-	-	-	-	-	-33,8	-33,8
Transformation totale	-	-	-255,4	-	-8,7	1,9	-	-	42,8	-219,3
Industrie	-	2,0	-	-	231,7	-	-	-	-	233,7
Distilleries d'huile essentielle	-	2,0	-	-	231,7	-	-	-	-	233,7
Transports	221,7	149,7	197,6	-	-	-	-	-	-	569,0
Route	221,7	-	197,6	-	-	-	-	-	-	419,3
Navigation intérieure	-	101,5	-	-	-	-	-	-	-	101,5
Aérien intérieur	-	48,2	-	-	-	-	-	-	-	48,2
Autres :	-	204,8	-	22,9	1454,7	1,9	7,3	2,7	42,8	1737,0
Ménage	-	204,8	-	14,7	1454,7	1,9	7,3	2,0	34,3	1719,7
Bâtiments commerciaux	-	-	-	8,1	-	-	-	0,7	8,1	16,9
Électricité non facturée	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4
Demande totale	221,7	356,5	197,6	22,9	1686,3	1,9	7,3	2,7	42,8	2539,7

Source : Produit à partir de la collecte de données nationales et la modélisation

Figure 17 : Diagramme de Sankey des flux énergétiques pour Anjouan



Diesel Imports	Importations de diesel	Charcoal Production	Production de charbon de bois	Biomass	Biomasse
Gasoline Imports	Importations d'essence	Diesel	Diesel	Off Grid Plants	Centrales hors réseau
Wood Production	Production de bois	Gasoline	Essence	Losses	Pertes
Kerosene Imports	Importations de kérosène	Wood	Bois	Transport	Transports
LPG Imports	Importations de GPL	Electricity	Électricité	Others	Autres
Solar Production	Production d'énergie solaire	Charcoal	Charbon de bois	Industry	Industrie
Biomass Production	Production de biomasse	Kerosene	Kérosène	Wasted Exports	Exportations perdues
Main Grid	Réseau principal	LPG	GPL		
Transmission and Distribution	Transport et distribution	Solar	Solaire		

Source : Généré à partir du modèle de système énergétique développé pour les Comores

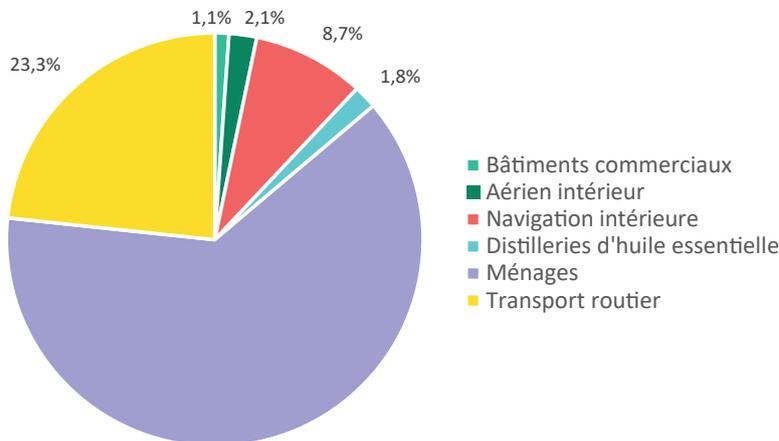
Statistiques énergétiques de Mohéli

Historique de la demande énergétique

Mohéli (Mwali) est la plus petite des trois îles comoriennes. Ses habitants consomment un peu plus d'électricité par an que l'île voisine Anjouan, avec une consommation d'électricité finale de 48,7 kWh/habitant et par an.

La Figure 18 montre la répartition de la demande totale d'énergie finale à Mohéli (354,4 TJ) par secteur, pour 2017. Pour l'affichage, la liste exclut l'électricité non facturée, ce qui représente moins de 0,1 % de la demande finale d'énergie.

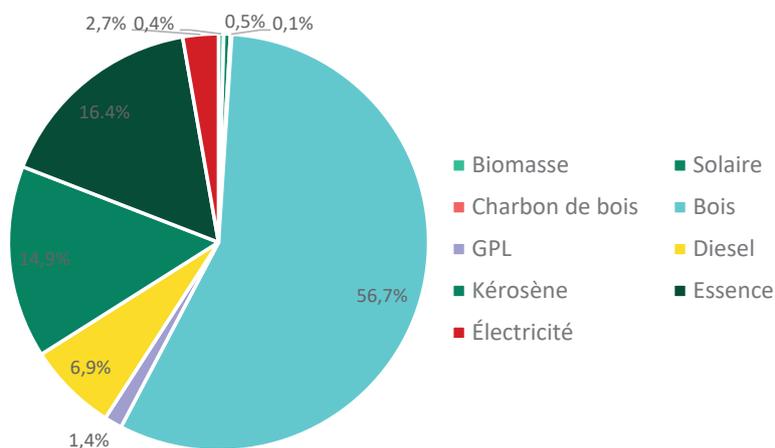
Figure 18 : Part de la demande totale d'énergie par secteur à Mohéli



Source : Basé sur la demande d'énergie calculée par secteur

La Figure 19 montre la répartition de la demande totale d'énergie finale à Mohéli (354,4 TJ) par combustible, pour 2017. Pour l'affichage, la liste exclut l'électricité non facturée, ce qui représente moins de 0,1 % de la demande finale d'énergie. La biomasse, l'énergie solaire et le charbon de bois représentent respectivement seulement 0,4 %, 0,5 % et 0,1 % de la demande finale d'énergie.

Figure 19 : Part de la demande totale d'énergie finale par combustible à Mohéli



Source : Basé sur la demande d'énergie calculée par carburant

Bilan énergétique pour Mohéli

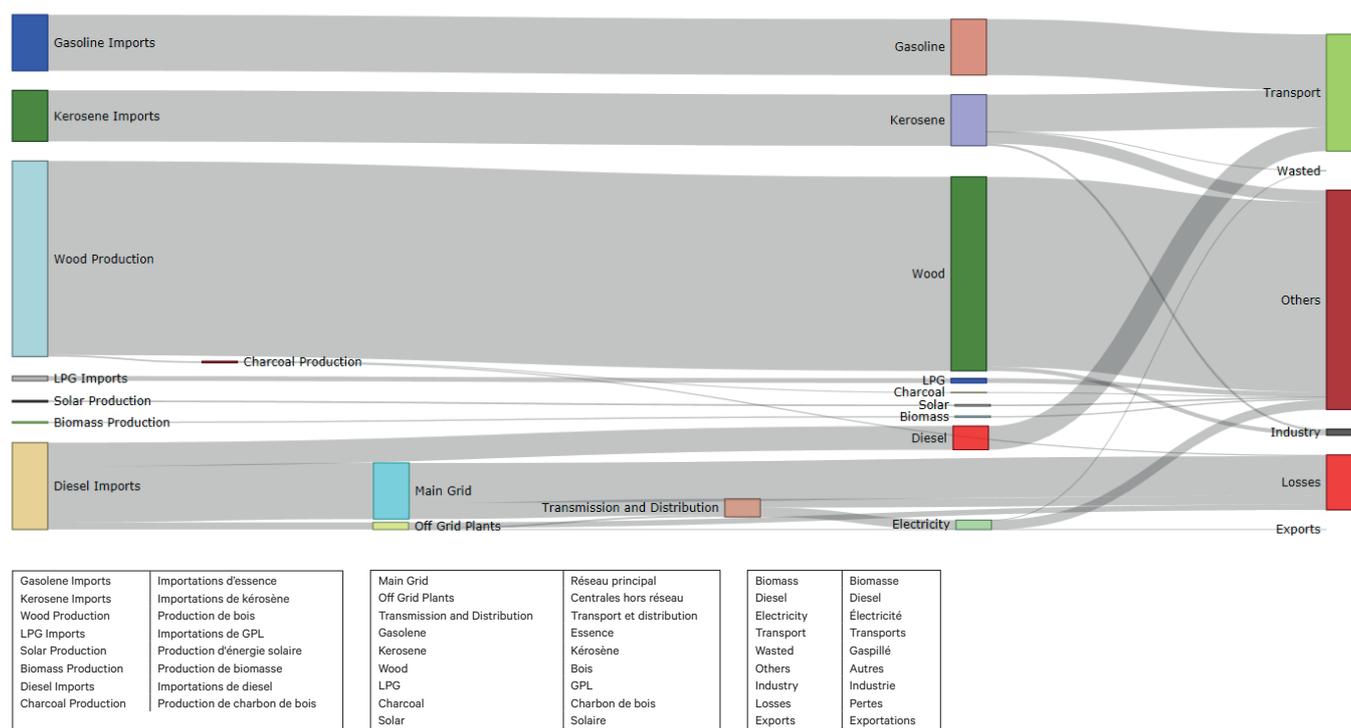
Parmi les trois îles, la population de Mohéli est celle qui consomme le moins d'énergie par habitant (7,4 GJ/hab.). Le Tableau 6 donne un aperçu des flux de produits énergétiques pour Mohéli en 2017.

Tableau 6 : Bilan énergétique 2017 pour Mohéli (en térajoules)

	Essence	Kérosène	Diesel	GPL	Bois	Charbon de bois	Biomasse	Solaire	Électricité	Total
Production	-	-	-	-	202,5	-	1,4	1,8	-	205,7
Importations	58,0	52,9	89,9	4,9	-	-	-	-	-	205,7
Exportations	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de l'approvisionnement primaire	58,0	52,9	89,9	4,9	202,5	-	1,4	1,8	-	411,4
Production de charbon de bois	-	-	-	-	-1,6	0,4	-	-	-	-1,3
Centrales hors réseau	-	-	-7,4	-	-	-	-	-	1,8	-5,5
Réseau principal	-	-	-58,0	-	-	-	-	-	16,8	-41,2
Transport et distribution	-	-	-	-	-	-	-	-	-9,0	-9,0
Transformation totale	-	-	-65,4	-	-1,6	0,4	-	-	9,7	-57,0
Industrie	-	2,3	-	-	4,2	-	-	-	-	6,5
Distilleries d'huile essentielle	-	2,3	-	-	4,2	-	-	-	-	6,5
Transports	58,0	38,4	24,5	-	-	-	-	-	-	120,9
Route	58,0	-	24,5	-	-	-	-	-	-	82,5
Navigation intérieure	-	30,8	-	-	-	-	-	-	-	30,8
Aérien intérieur	-	7,6	-	-	-	-	-	-	-	7,6
Autres :	-	12,2	-	4,9	196,7	0,4	1,4	1,8	9,7	227,1
Ménage	-	12,2	-	3,6	196,7	0,4	1,4	1,7	6,6	222,5
Bâtiments commerciaux	-	-	-	1,3	-	-	-	0,1	2,5	3,9
Électricité non facturée	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Demande totale	58,0	52,9	24,5	4,9	200,9	0,4	1,4	1,8	9,7	354,4

Source : Produit à partir de la collecte de données nationales et la modélisation

Figure 20 : Diagramme de Sankey des flux énergétiques pour Mohéli



Source : Généré à partir du modèle de système énergétique développé pour les Comores

5. Créer des scénarios énergétiques

Dans le LEAP, un scénario est défini comme : une *prévision de la façon dont un système énergétique pourrait évoluer au fil du temps en fonction du contexte socio-économique et de la situation politique*. Même si les plans d'action et mesures politiques orientent la formulation d'ensemble des scénarios, les projections de consommation énergétique sont affectées par quatre principaux paramètres : la croissance de la population, le comportement humain et les appareils d'utilisation finale.

Les scénarios sur les Comores du LEAP ont été modélisés selon deux principales stratégies nationales de développement : 1) la stratégie de croissance accélérée et de développement durable (SCA2D) 2018-2021 ; et 2) la stratégie du secteur énergétique national. Considérant que la première est une stratégie globale qui articule le plan national d'action, il jette les bases d'une stratégie énergétique nationale.

En 2030, les Comores visent à être un pays émergent avec un développement économique et social durable et une économie fortement diversifiée et concurrentielle. L'énergie durable est le principal moteur de cette transition. Le SCA2D révisé aligne le cadre national de planification avec les objectifs de développement durable et l'Agenda 2030 pour le développement durable, obligeant le pays à aller vers de faibles émissions de carbone. En outre, cela pousse les Comores à passer d'importateur d'énergie à une nation disposant de systèmes énergétiques sûrs et résilients.

Les moyens de développement pour le secteur énergétique sont articulés autour du premier et du deuxième axe du document SCA2D, y compris les objectifs pour :

- Accélérer la transformation structurelle de l'économie et la gestion durable de l'environnement ; et
- Accélérer le développement en capital humain et promouvoir le bien-être social.

Les objectifs axés sur l'énergie durable évoqués dans l'axe I et l'axe II sont :

- Ajouter 18 MW de capacité électrique grâce à une nouvelle centrale électrique au mazout lourd (HFO) en 2019 ;
- Faire passer le taux d'électrification de 60 % en 2017 à 70 % en 2021 ; et
- Faire passer la part des énergies renouvelables dans la production totale d'électricité (en puissance installée) de moins de 1 % en 2013 à 30 % en 2021.

La stratégie énergétique à moyen terme de 2013 identifie toutefois les Comores comme importateur de combustibles fossiles pour répondre aux besoins en électricité et en énergie conventionnelle, et permettrait de continuer à dépendre trop du bois de chauffage pour les ménages, l'artisanat et le commerce, ce qui conduirait à une déforestation excessive. Cela nuit au développement économique durable, à la sécurité énergétique et à la protection de l'environnement. Le système énergétique des Comores conduit à l'insécurité énergétique, une forte dégradation de l'environnement et une perte de la biodiversité, et il ne fournit pas beaucoup de solutions énergétiques modernes pour les ménages, selon la stratégie.

Par conséquent, la stratégie a identifié quatre axes de travail pour assurer la durabilité de l'énergie et la préservation de l'environnement dans le cadre du SDG. Il s'agit de la sécurité énergétique, un accès amélioré à l'énergie, assurer un développement économique durable et s'engager sur la voie du développement durable. Les objectifs énoncés dans la stratégie de modélisation comprennent :

- La promotion d'une large utilisation des technologies d'énergies renouvelables (TER) en augmentant la part des énergies renouvelables dans la puissance nationale installée pour passer de moins de 1 % en 2013 à 10 % en 2018 et 55 % en 2033 ;
- Faire passer le taux d'électrification de 46 % en 2013 à 60 % en 2018 et 100 % en 2033 ; et
- Réduire la part des combustibles du bois dans la consommation totale d'énergie du pays, en passant de 65 % en 2018 à 25 % en 2033.

Grâce aux mesures ciblées évoquées ci-dessus et aux dialogues entre les intervenants, quatre scénarios stratégiques ont été préparés dans les projections énumérées ci-après : à court (2021) et moyen terme (2033), ainsi qu'un scénario de référence. Un scénario supplémentaire a été ajouté pour combiner les scénarios.

1. **Scénario de référence**
2. **Scénario de l'indépendance énergétique nationale**
3. **Scénario d'accès accéléré à l'énergie**
4. **Scénario de transition énergétique de la biomasse**
5. **Scénario combiné**

5.1 Scénario de référence (REF)

Le scénario de référence est basé sur les tendances de croissance historiques. Ce scénario ne suppose aucun changement ou un changement négligeable dans les modes de développement et la croissance démographique, et que le secteur de l'énergie reste semblable. Il estime que la population et les tendances de la croissance économique sont les principaux moteurs de l'évolution. Dans ce cas, le taux de croissance de la population reste à une moyenne de 2,6 %, et le taux de croissance du PIB sont respectivement de 5,8 %, 6,0 % et 3,2 % dans les secteurs primaires, secondaires et tertiaires du PIB.

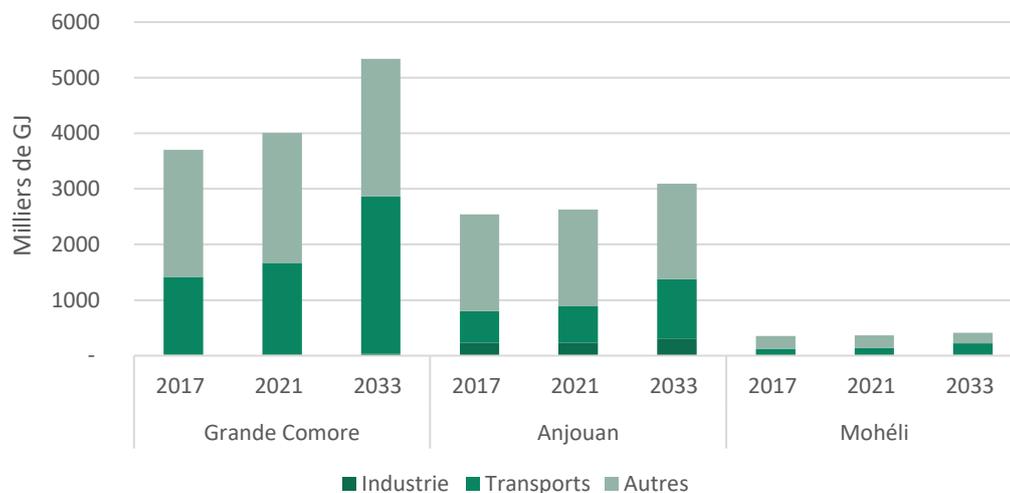
Il n'y aurait aucun changement majeur dans les habitudes de consommation d'énergie dans le secteur industriel, des transports et résidentiel (Figure 22). La population continuerait d'utiliser des combustibles pour cuisiner et s'éclairer dans les proportions actuelles et les modes de transport resteraient les mêmes (avec la route, l'air et la navigation intérieure, et principalement de petits bateaux à moteur pour la pêche). Le gouvernement continuerait à fournir de l'électricité en augmentant le nombre de groupes électrogènes au diesel au fur et à mesure que la demande augmente. Les projets nationaux majeurs en cours, comme les centrales au mazout lourd de 18 MW de Grande Comore et la centrale solaire de 125 KW de Ndrondroni, devraient être mis en service d'ici à 2020.

Les sections ci-dessous donnent des précisions sur l'offre et la demande énergétique dans ce scénario de référence.

Projections de la demande et l'approvisionnement en énergie dans le scénario de référence

La demande finale d'énergie aux Comores a été de 6597 gigajoules (GJ) en 2017. Dans le scénario de référence, elle passerait à 34 %, soit 8849 GJ en 2033. 56 % de cette demande proviendrait de Grande Comore, 39 % d'Anjouan et 5 % de Mohéli. Le secteur domestique et le secteur résidentiel (étiquetés « autres ») seraient les principaux consommateurs d'énergie dans toutes les régions (Figure 21).

Figure 21 : Demande d'énergie par secteur en projection à moyen terme



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

Le bois de chauffage resterait la plus grande part de la demande finale d'énergie, représentant 56 % en 2017 et 52 % en 2033. Également en 2033, les produits pétroliers représenteraient 45 % de la demande finale d'énergie et l'électricité 3 %.

Le bois de chauffage représenterait 81 % de la demande totale d'énergie résidentielle, le kérosène 12,3 %, l'électricité 4,9 % et les autres sources 1,8 %. Le bois de chauffage est principalement utilisé pour la cuisson, et on a besoin de 222 kilotonnes chaque année pour répondre à l'utilisation par les ménages au cours de l'année de référence. Il passerait à 247 kilotonnes en 2021 et à 336,9 kilotonnes en 2033. Les distilleries d'huile essentielle d'ylang-ylang (qui rapportent les revenus les importants du pays) utilisent principalement du bois de chauffage, avec un nombre négligeable de distilleries ayant adopté le kérosène (environ 1 %). On estime la consommation annuelle à 16 kilotonnes en 2017, et celle-ci ferait plus que doubler en 2033, à 39 kilotonnes. La demande totale de bois serait donc de 376 kilotonnes, en excluant l'utilisation du bois de chauffage dans les hôtels, restaurants et boulangeries. Avec une quantité limitée de ressources en bois et un taux de déforestation élevé, la dépendance aux combustibles du bois en est à un seuil critique, car la demande dépasse l'offre. Les participants aux entretiens ont signalé que les ressources forestières étaient presque épuisées à Anjouan et Mohéli, elles sont passées à moins de 50 % de ce qu'elles étaient en 1990

Figure 22 : Part du combustible dans la demande d'énergie finale par secteur



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

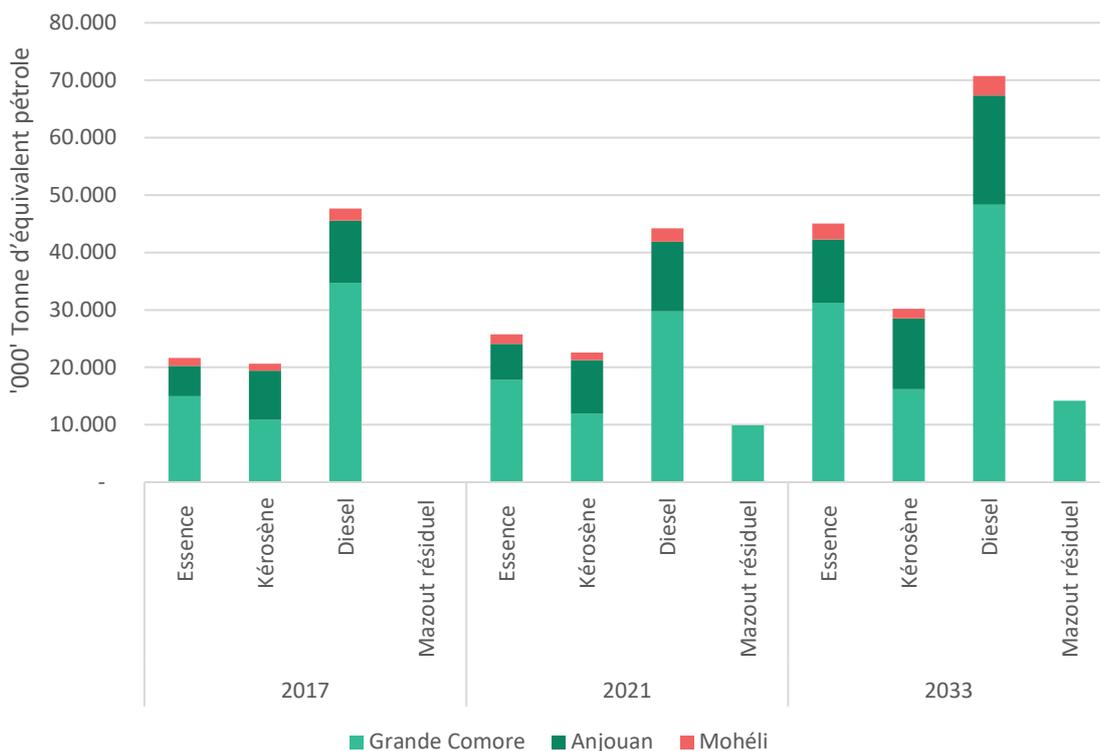
(ministère des Forêts, comm. interne, 2018). L'utilisation du charbon de bois, dans le même temps, est encore faible aux Comores. En 2017, la demande totale estimée était de 0,16 kilotonne et elle pourrait être du double en 2033, ce qui signifie qu'environ 2 kilotonnes de bois seraient nécessaires pour la production de charbon.

Les Comores sont un importateur de produits pétroliers (kérosène, diesel et essence). Ces produits sont directement utilisés dans les transports et les secteurs domestiques, et une partie du diesel est transformée pour la production d'électricité. La demande et l'offre de produits pétroliers sont indiquées à la Figure 23. Il y aurait une croissance constante des produits pétroliers pour répondre à une demande d'énergie qu'on prévoit voir doublée en 2033. L'essence devrait augmenter de 19 % et le kérosène de 9 %. Les importations de diesel diminueraient de 7 % entre 2017 et 2021. Cette réduction des importations de diesel proviendrait du lancement de la centrale électrique au mazout lourd en Grande Comore. Entre 2021 et 2033, les besoins en essence augmenteraient de 75 %, en kérosène de 34 % et en diesel de 60 %, en augmentant les dépenses nationales dans des proportions semblables.

La production d'électricité dans les trois îles est dominée par les centrales diesel. La demande totale d'électricité des Comores au cours de l'année de référence est de 54,8 GWh, avec 74 % pour la Grande Comore, de 21,2 % pour Anjouan et 4,5 % pour Mohéli. Ceci est dû à la part élevée de la Grande Comore dans l'accès à l'électricité (89 %) et l'intensité de sa consommation électrique (446 kWh par ménage). Anjouan, à titre de comparaison, a un taux d'accès à l'électricité de 65 %, avec une intensité d'électricité annuelle de 222 kWh/ménage. Le taux d'accès à l'électricité à Mohéli est de 62 %, avec une intensité d'électricité annuelle de 277 kWh/ménage.

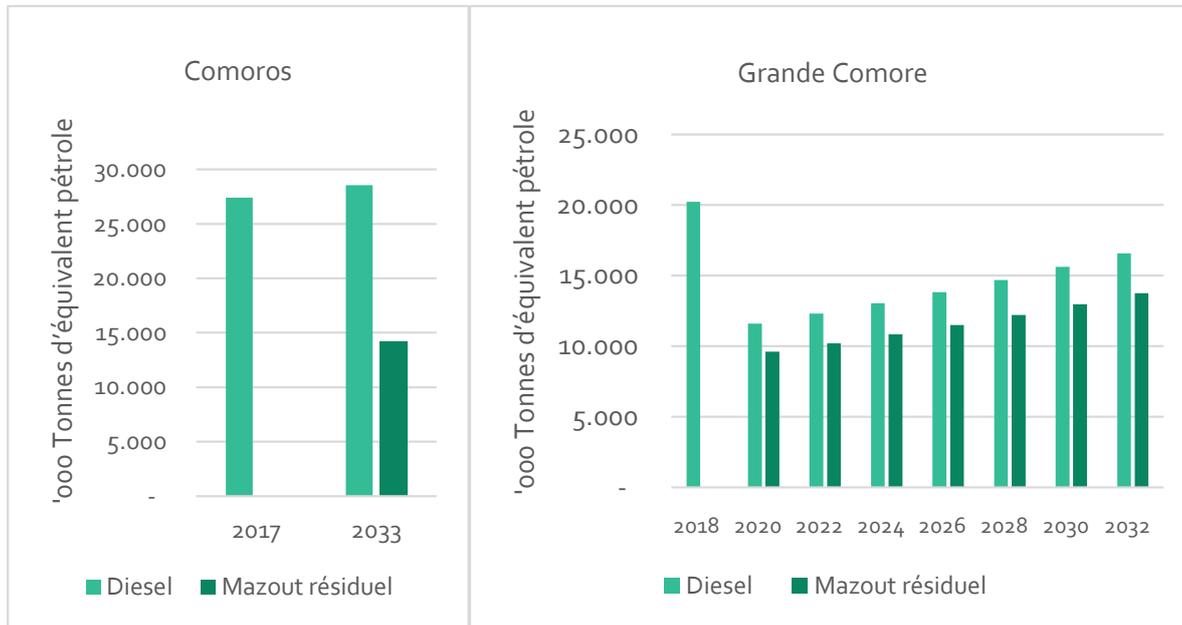
La demande d'électricité est à la hausse et devrait augmenter de 60 % entre 2017 et 2033, passant de 54,7 à 87,4 GWh/an. Le projet national consistant à installer une centrale électrique au mazout lourd (HFO), et ainsi gagner 18 MW de capacité supplémentaire réduirait l'importation globale de diesel de 20 %. En Grande Comore, les importations de diesel diminueraient de 43 % (Figure 24). Environ 33 % de la production d'électricité proviendrait du fioul lourd en 2033 (Figure 25).

Figure 23 : Produits pétroliers nationaux nécessaires pour répondre à la demande finale en énergie



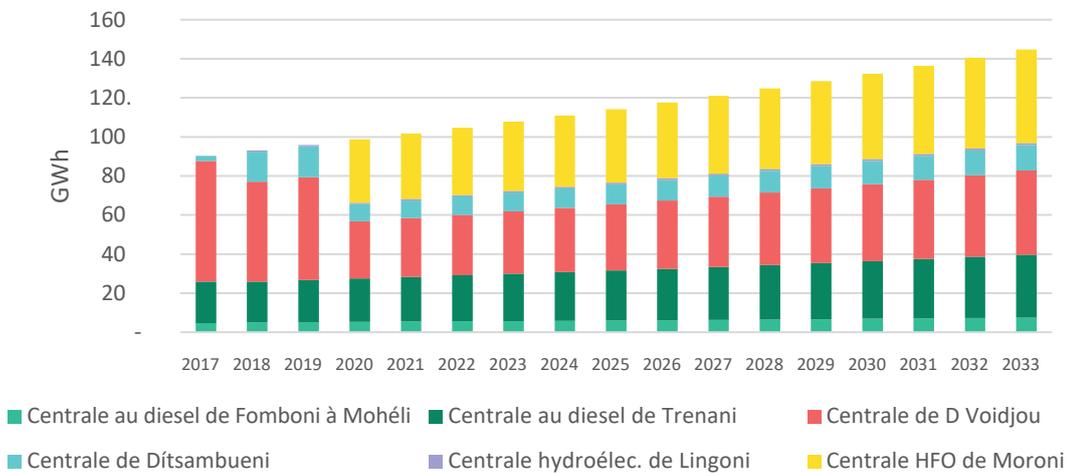
Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

Figure 24 : Besoins en combustible pour la production d'électricité



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

Figure 25 : Production d'électricité par centrale



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

5.2 L'indépendance énergétique nationale (ENE1)

Dans ce scénario, les Comores chercheraient à développer et à diversifier leur approvisionnement en énergie sur les trois îles par l'utilisation de ressources énergétiques locales. Il fixerait des objectifs pour promouvoir une large utilisation des technologies liées à l'énergie renouvelable. La diversification énergétique du pays proviendrait de l'énergie hydroélectrique, la géothermique, l'éolien, le solaire photovoltaïque et l'énergie marémotrice.

Objectif de la stratégie : Augmenter la part des énergies renouvelables dans la puissance nationale installée pour passer de moins de 1 % pour l'année de référence à 10 % en 2018 et 55 % en 2033.

Les 55 % attendus de la part des énergies renouvelables seraient répartis dans les proportions suivantes : 25 % pour la géothermie, 15 % pour le solaire, 7 % pour l'éolien et 8 % pour l'hydroélectricité. En réalité, ces ressources

seraient distribuées de façon inégale dans tout le pays, en fonction des ressources énergétiques locales. Toutefois, pour assurer que les Comores atteignent l'objectif d'ensemble de 55 % d'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique, on a modélisé un mix énergétique renouvelable de 55 % sur chaque île alors qu'il était différent pour chacune. Les énergies renouvelables suivantes ont été modélisées en fonction des exigences de parts d'ici 2033 (Tableau 7).

Tableau 7 : Hypothèses du scénario d'indépendance énergétique nationale

Part des énergies renouvelables en 2033					
	Aérogénérateur	Solaire	Géothermie	Hydroélectricité	Part en pourcentage du bouquet énergétique renouvelable total
Mohéli	40 %	15%			55%
Anjouan		25%		30 %	55%
Grande Comore		15%	40 %		55%

Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

Ce modèle met en œuvre de façon indépendante des sources supplémentaires d'énergie renouvelable dans un scénario de continuité des tendances de consommation, avec un réseau stabilisé, une réduction des pertes de transmission et de distribution à 20 % au maximum. L'acheminement de l'électricité se fait par ordre de mérite et les sources intermittentes, comme l'énergie solaire et l'énergie éolienne, sont expédiées selon la capacité totale disponible. Le Tableau 8 indique la capacité en énergie renouvelable qui doit être installée pour satisfaire le bouquet de 55 % du réseau national.

Tableau 8 : Capacité installée et supplémentaire pour atteindre 55 % d'énergie renouvelable (en MW)

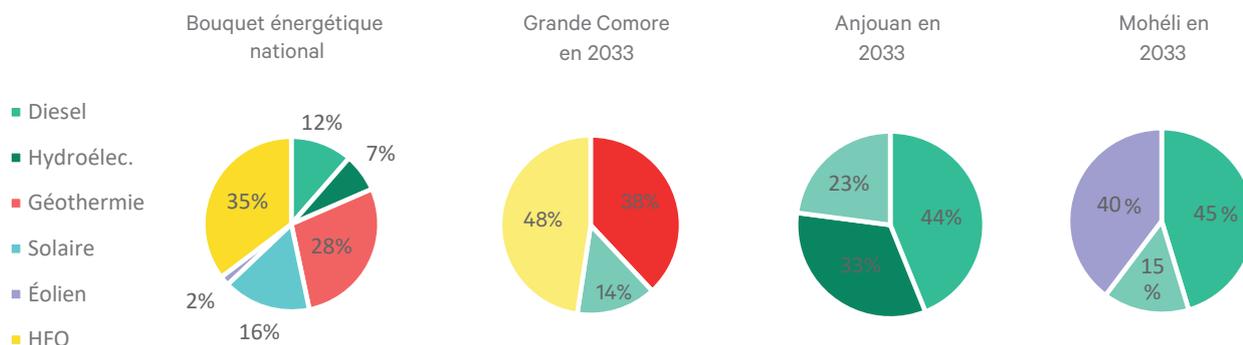
	Grande Comore		Anjouan		Mohéli	
Branches	2017	2033	2017	2033	2017	2033
Usine diesel Fomboni Mohéli	-	-	-	-	3,6	3,6
Centrale diesel de Trenani	-	-	5,7	5,7	-	-
Centrale D Voidjou	16,2	16,2	-	-	-	-
Centrale Dítsambueni	8,4	8,4	-	-	-	-
Centrale hydroélec. de Lingoni	-	-	0,3	0,3	-	-
HFO de Moroni	-	18,0	-	-	-	-
Technologie générique diesel	-	-	-	-	-	-
Nouvelle hydroélec.	-	-	-	0,8	-	-
Nouveau solaire	-	4,6	-	2,2	-	0,3
Nouvel éolien	-	-	-	-	-	0,7
Nouveau géothermique	-	3,8	-	-	-	-
Total	24,600	50,988	6,000	9,021	3,600	4,613

Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

Dans ce scénario de l'indépendance énergétique, 109 GWh d'électricité au total en 2033 seraient acheminés dans les proportions suivantes (Figure 26).

D'après les possibilités en énergie renouvelable des Comores, comme elles ont été présentées dans le rapport d'évaluation (Apperley & Quinlivan, 2016) il est plus rentable en Grande Comore d'avoir un mix solaire et géothermique. Une centrale solaire de 5 MW et une centrale géothermique de 10 MW permettraient de réduire potentiellement le mix de production de charge de base au diesel de 95 %. À Anjouan, il est possible de générer 5 MW d'hydroélectricité dans les centrales de Lingoni et Marahani lorsqu'elles seront réhabilitées

Figure 26 : Proportion d'énergie renouvelable dans le scénario de l'indépendance énergétique



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

(Bureau Géologique, 2018). Le rapport du Bureau Géologique (2018) estime également que les Comores ont un potentiel de 10,6 MWp en solaire photovoltaïque. Ce potentiel est susceptible de participer à la réalisation de la vision du pays à l'horizon 2030 et à l'objectif « L'énergie durable pour tous »⁵ d'une énergie universelle pour chacun.

5.3 Accès accéléré à l'énergie (ENE)

Dans ce scénario, l'objectif global de la stratégie énergétique des Comores serait associé à l'Agenda 2030 et à l'Objectif de développement durable d'un « accès pour tous à une énergie propre et bon marché ». Cette stratégie vise ainsi à contribuer au développement durable du pays, grâce à la fourniture de services énergétiques peu coûteux et accessibles au plus grand nombre possible. Ceci est mis en œuvre dans quatre grands domaines thématiques stratégiques.

L'un des domaines thématiques se concentre sur la recherche de solutions durables et économiques pour le développement des services énergétiques (production, transport, distribution, gestion et entretien). Ce domaine thématique définit les objectifs stratégiques suivants :

Objectif stratégique no 1 : Garantir et faire passer la couverture électrique du pays de 84 % en 2013 à 95 % en 2018, et à 100 % en 2033 (la couverture est définie comme l'approvisionnement en électricité, par un réseau à moyenne tension, pour le secteur concerné) ;

Objectif stratégique no 2 : Augmenter le taux d'électrification à 46 % en 2013 à 60 % en 2018 et à 100 % en 2033.

Anjouan et la Grande Comore ont atteint une couverture électrique de près de 100 %, mais le taux d'électrification est respectivement à 65 % et 88 %. L'île de Mohéli possède un réseau principal et trois réseaux isolés. Le gouvernement a commandé un projet financé par la Banque africaine de développement pour prolonger le réseau principal jusqu'aux réseaux isolés. Le résultat serait un réseau principal accessible par les 26 villages de l'île. Cette avancée est susceptible de stimuler davantage la connectivité du réseau. Le projet vise également à consolider les lignes de transmission dans tous les villages.

Le scénario d'accès accéléré à l'énergie modélise par conséquent l'électrification universelle d'ici 2033. Tous les ménages utiliseraient l'électricité pour l'éclairage, éliminant le kérosène pour cet usage. La cuisson électrique, cependant, augmenterait uniquement de façon marginale en raison du prix élevé de l'électricité. L'installation des options d'énergie renouvelable pourrait améliorer les tarifs préférentiels, mais cette situation n'est pas envisagée à court et moyen termes. Le coût de l'électricité aux Comores est de 0,37 USD le kilowattheure (kWh) ; en comparaison, ce tarif est de 0,057 USD/kWh en Afrique du Sud.

⁵ <https://www.seforall.org/>

Donc, même l'électricité est disponible dans chaque foyer, son utilisation devrait être restreinte en raison du coût. Nous avons tenu compte d'une estimation prudente de la croissance de l'utilisation d'électricité, de l'actuel 0,3 % par an dans les zones rurales à 5 %, et de 1 % dans les zones urbaines à 10 %. En outre, avec un indice de développement humain à la hausse, des envois de fonds de la diaspora plus importants et la réduction du chômage, les ménages devraient avoir tendance à avoir plus d'électroménagers, augmentant ainsi l'intensité énergétique globale par ménage. Nous avons supposé dans le scénario une hausse prudente de 30 % de la consommation d'électricité par habitant. Une mise en œuvre indépendante de ce scénario suppose toutefois des centrales supplémentaires d'énergie renouvelable.

Résultats

Mettre en œuvre ce scénario augmenterait de 55 % la demande d'électricité en 2033 par rapport au scénario de référence, soit, de 87 GWh dans un scénario « de continuité des tendances » à 135 GWh dans un scénario d'accès accéléré à l'électricité en 2033 (Figure 27).

Une production plus importante serait donc nécessaire de la part des centrales existantes. Le modèle présente une production supplémentaire de 21 GWh et d'une capacité d'ensemble de 23 MW. Cela tombe à 6 MW de capacité supplémentaire en Grande Comore, 13 MW de capacité supplémentaire à Anjouan et 4 MW capacité supplémentaire à Mohéli.

La figure 28 montre qu'il y aurait une production suffisante pour répondre à la demande dans un scénario de référence. En 2033, la nouvelle centrale à mazout lourd (HFO) fournirait environ 30 % de l'électricité nécessaire. Mais dans le scénario de l'accès rapide à l'électricité, on pourrait avoir besoin de plus d'électricité, et une centrale supplémentaire de 23 MW serait nécessaire pour générer 21 GWh de plus afin de satisfaire la demande. Ceci est représenté par la centrale électrique supplémentaire identifiée comme technologie générique diesel. Le modèle suggère que davantage de capacité serait nécessaire pour répondre à la demande dans ce scénario.

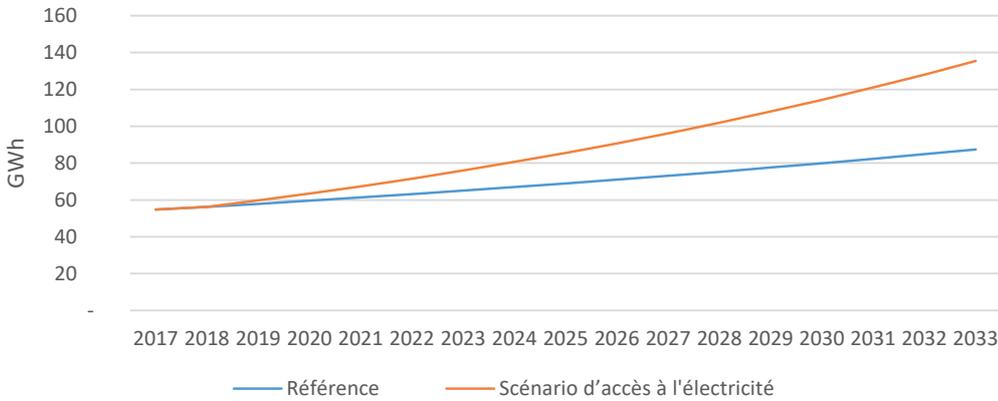
5.4 Transition énergétique de la biomasse (BIO)

Le bois de chauffage reste la principale source d'énergie aux Comores, soit 57 % du bouquet énergétique national, parmi des réserves nationales de biomasse mises à rude épreuve. Les zones rurales sont les plus touchées, avec 91 % leur population faisant la cuisine avec du bois de chauffage. Les distilleries d'ylang-ylang sont une préoccupation croissante pour l'utilisation de bois de chauffage, car elles l'utilisent pour le traitement des huiles essentielles. Environ 98 % des distilleries dépendent du bois de chauffage, à raison de 366 kg de bois par kilogramme d'huile essentielle. La stratégie énergétique nationale cherche à réduire la part des combustibles du bois dans la consommation totale d'énergie du pays, de 78 % en 2013 à 65 % en 2018 et à 25 % en 2033. Atteindre cet objectif nécessite une transition rapide vers les énergies alternatives.

L'évaluation montre que le GPL est la principale solution alternative pour une transition vers un combustible moins polluant. L'utilisation du kérosène augmenterait dans le plan à court et à moyen terme et réduirait par la suite quand les Comores arriveraient à des solutions plus propres. La réalisation de ce scénario ne serait pas uniforme pour les zones urbaines et rurales. Étant donné que la transition va du bois au GPL, l'adoption du GPL est susceptible de se propager plus rapidement dans les zones urbaines que dans les zones rurales. Les efforts de promotion et les campagnes médiatiques seraient plus efficaces dans les zones urbaines pour réduire au minimum l'utilisation du bois de chauffage et du charbon de bois. Dans ce scénario, le gouvernement s'efforcerait d'éliminer l'utilisation du charbon de bois à l'horizon 2033. Le modèle réduirait ainsi la dépendance au bois de chauffage dans les zones urbaines à seulement 14 % des ménages en 2033. Dans le même temps, la dépendance au bois des zones rurales passerait de 91 % à 30 % des ménages en 2033. Cependant, l'utilisation du kérosène et du GPL domineraient encore l'approvisionnement en énergie pour la cuisson. La consommation de GPL sur toutes les îles passerait à 40 % des ménages ruraux et 70 % des ménages urbains.

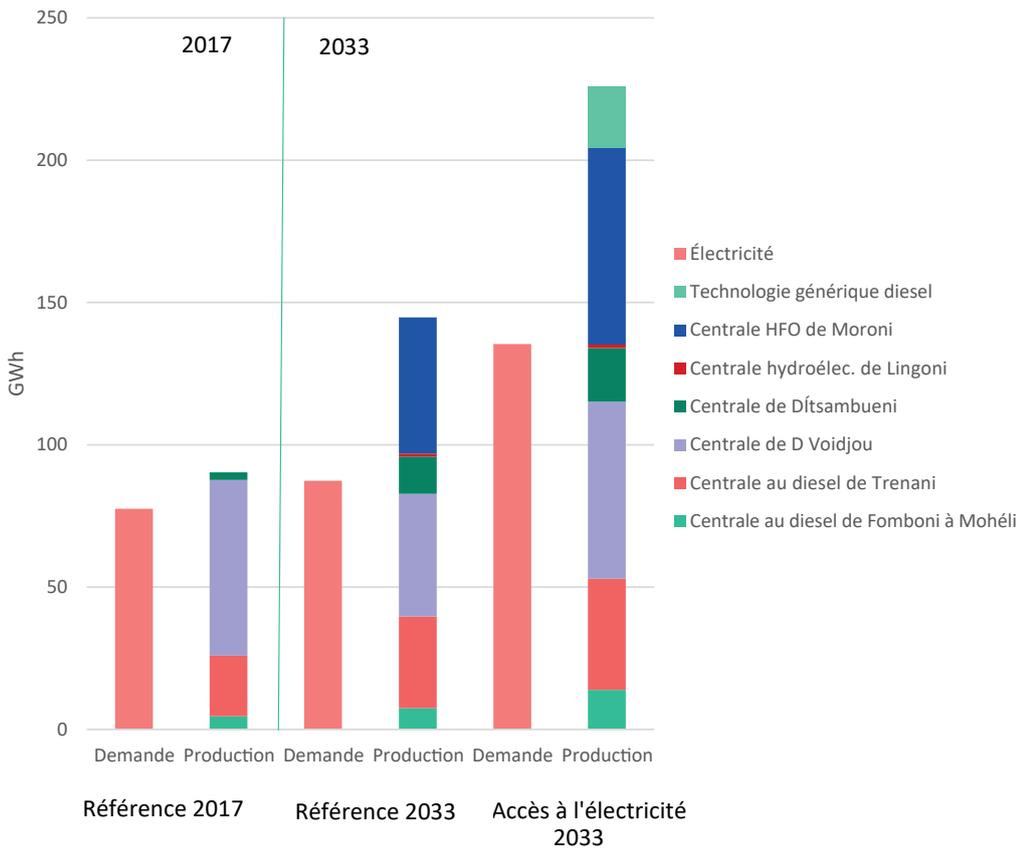
Davantage de distilleries d'ylang-ylang utiliseraient également du kérosène comme succédané au bois dans ce scénario, dans lequel le gouvernement ferait campagne pour réduire la dépendance au bois de chauffage. Le ministère de l'Énergie renouvelable à la direction générale de l'énergie, des mines et des ressources en eau (ainsi que des organisations non gouvernementales) favoriserait l'utilisation de foyers de cuisson et les brûleurs à biomasse améliorés pour les distilleries, afin de réduire l'utilisation du bois de chauffage. En 2025, la Grande Comore et Anjouan pourraient atteindre une réduction de 30 % de l'utilisation des brûleurs à bois

Figure 27 : Scénario d'accès accéléré à l'énergie comparé au scénario de référence



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

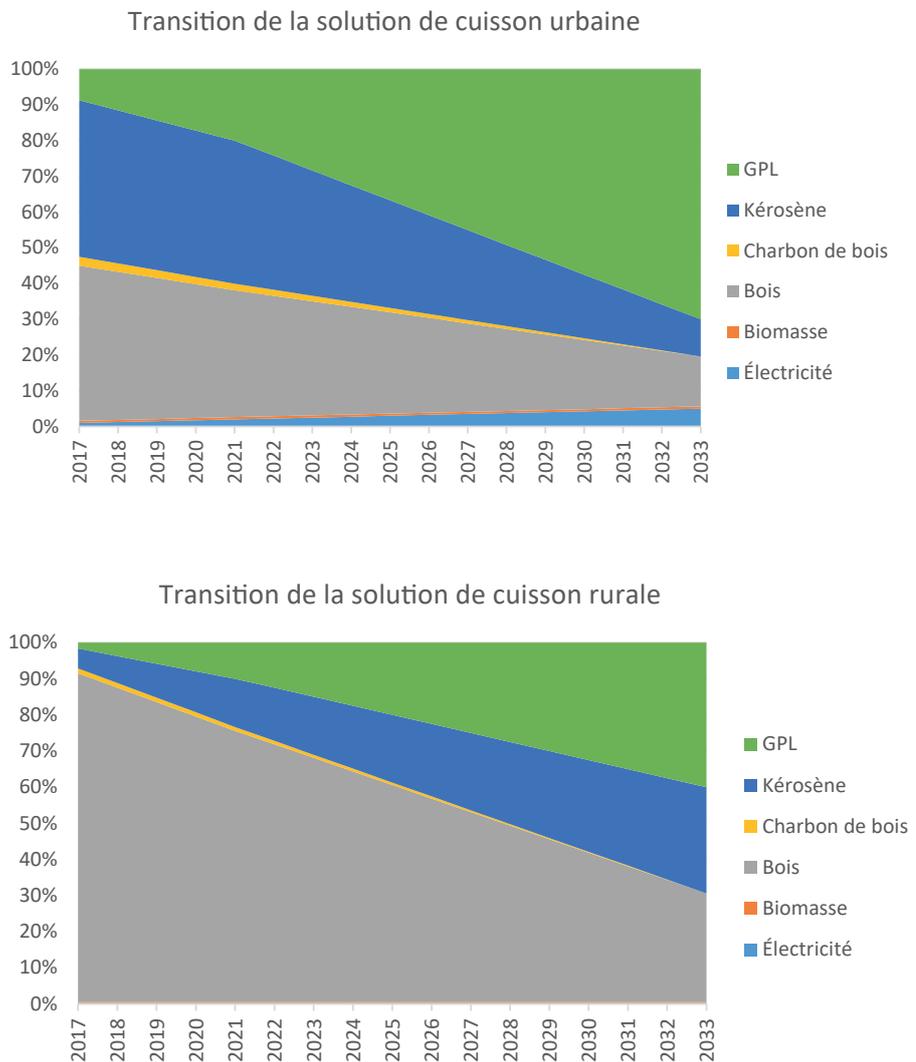
Figure 28 : Demande et production d'énergie dans le scénario de l'accès accéléré à l'électricité



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

de chauffage traditionnels. L'utilisation dans les alambics d'ylang-ylang serait de son côté réduite de 45 % en 2033. L'utilisation de kérosène augmenterait sensiblement à Anjouan, où le bois disparaît de façon critique et où il y a plus de producteurs d'huile essentielle. Les contraintes sur la biomasse dans cette région induiraient une croissance substantielle de 30 % de l'utilisation de kérosène. Sur Mohéli, l'association des producteurs d'ylang-ylang procède actuellement à des recherches sur une technologie hybride solaire-bois pour réduire l'utilisation du bois à 75 % de la consommation actuelle. Cette technologie a pour but de préchauffer l'eau pour les distilleries dans un chauffe-eau solaire jusqu'à 70° C, puis d'utiliser du bois pour porter l'eau à ébullition. La technologie devrait arriver en phase pilote en 2030. Ce scénario suppose un minimum de 3 usines utilisant cette technologie à titre expérimental en 2030.

Figure 29 : Part des ménages ayant adopté des combustibles de cuisson alternatifs



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

La transition des ménages dans les zones urbaines et rurales vers des sources de carburant alternatives pour la cuisson est illustrée à la Figure 29.

Résultats

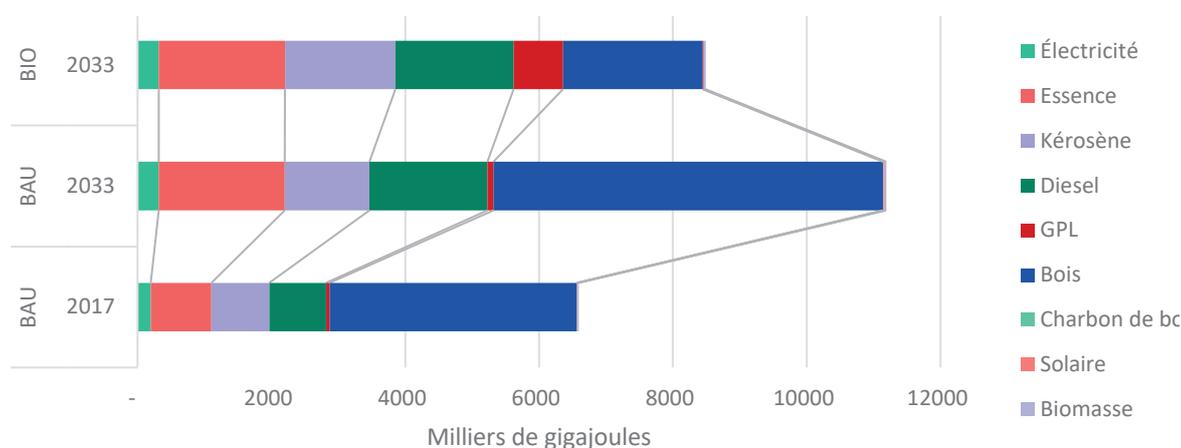
En mettant en place ce scénario, le pays pourrait économiser 20 % du total de la demande énergétique finale de référence et de réduire de 64 % ses besoins en bois dans la fourniture finale d'énergie (Figure 30).

L'augmentation de la demande de GPL dans ce scénario ambitieux nécessiterait une action concertée et la participation active du secteur privé. La demande de GPL triplerait en 2021 dans ce scénario, ce qui signifie qu'il faudrait environ 8 fois plus de GPL pour répondre à la demande (Tableau 9). Des campagnes de sensibilisation et de promotion actives seraient également nécessaires.

5.5 Scénarios combinés (COM)

Si les Comores choisissaient d'être très proactives, leur gouvernement pourrait faire mener toutes ces stratégies en parallèle. Nous proposons donc un dernier scénario qui combine le scénario d'indépendance énergétique (ENE1), celui de l'accès accéléré à l'électricité (ENE) et celui de la transition énergétique de la biomasse (BIO).

Figure 30 : Transition du bois au GPL



Source : Basé sur l'analyse du modèle Systèmes énergétiques des Comores du LEAP

Tableau 9 : Besoins en GPL pour le secteur domestique et le secteur commercial dans le scénario de référence et le scénario BIO

	2017	2021	2033
Scénario BIO	1 133	3 355	15 602
Scénario de référence	1 133	1 282	1 851
Différence	-	2 073	13 750

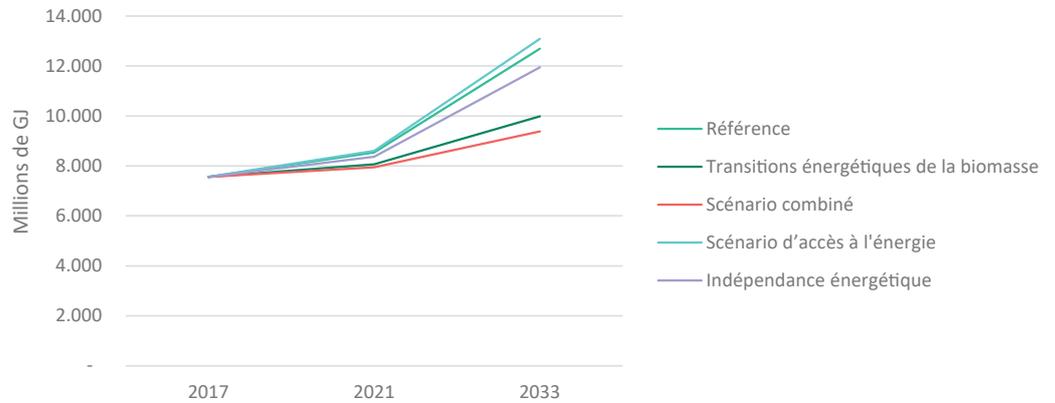
Source : Basé sur l'analyse du modèle « Systèmes énergétiques des Comores » du LEAP

Ce scénario pourrait introduire un mix de basculement entre différents combustibles, de capacité supplémentaire de consommation et de production d'électricité. Le scénario de l'indépendance énergétique (ENE1) vise à augmenter la part de l'énergie renouvelable à 55 % de la capacité totale de production. Ce scénario améliore également la stabilité du réseau pour atteindre un maximum de 20 % de pertes de transmission et de distribution. Le scénario d'accès accéléré à l'électricité (ENE) vise une électrification de 100 % des Comores. Si davantage de personnes avaient accès à l'électricité, cela entraînerait davantage d'acquisitions de nouveaux appareils électriques. Cependant, en raison des coûts, l'intensité énergétique par ménage n'augmenterait que légèrement. Enfin, le scénario de transition énergétique de la biomasse (BIO) vise à accélérer un basculement du bois de chauffage traditionnel vers le GPL. La transition devrait être expérimentée en partie dans l'industrie de l'ylang-ylang, qui passerait du bois au kérosène. Dans l'ensemble, selon ce scénario, le pays pourrait atteindre la durabilité et réduire sa consommation finale d'énergie de 26 % en 2033 (Figure 31).

Le bois de chauffage domine la demande dans le scénario de référence, comme c'est illustré à la Figure 32. Toutefois, la mise en œuvre d'une stratégie visant à réduire la consommation de bois de chauffage ferait en sorte qu'il ne représente que 25 % de la demande finale d'énergie en 2033, ce qui est représenté dans le scénario BIO ainsi que dans le scénario COM. Le GPL passerait de moins de 1 % de la demande à 9 % en 2033, tandis que l'utilisation du kérosène ne changerait que très peu. La part de l'électricité doublerait de 3 à 6 % de la demande dans le scénario COM et les scénarios d'accès accéléré ENE.

Du côté de l'approvisionnement, le scénario de l'indépendance énergétique (ENE1) entraînerait une baisse de la production d'électricité de 25 % en 2033 (de 145 GWh à 109 GWh). Ceci est attribué à la stabilisation du réseau et la réduction des pertes de réseau. Dans ce scénario, le géothermique prendrait une part importante dans la

Figure 31 : Demande d'énergie dans tous les scénarios

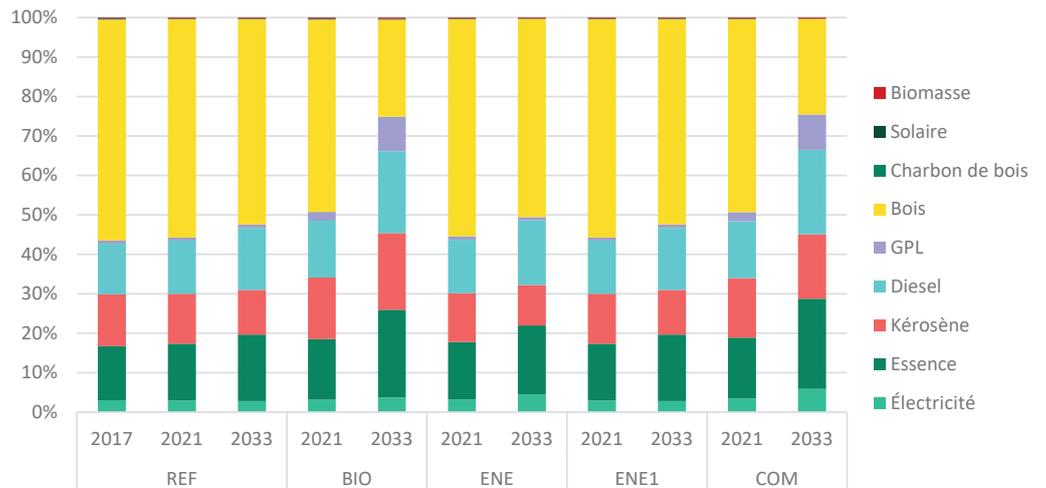


Source : Basé sur l'analyse du modèle « Systèmes énergétiques des Comores » du LEAP

production d'énergie totale, qui est de 55 % d'énergie renouvelable. Le scénario de transition énergétique de la biomasse (BIO) aurait un effet minimum sur l'approvisionnement en électricité. L'augmentation marginale est attribuable au petit nombre de ménages qui adopterait l'électricité pour cuisiner en 2033. Le scénario de l'accès accéléré à l'électricité (ENE) augmenterait fortement la demande d'électricité, comme en témoigne la production élevée. Mis en œuvre indépendamment, ce scénario augmenterait les besoins de production à 226 GWh, soit 56 % de plus que le scénario de référence. Mais une mise en place combinée du scénario d'accès accéléré à l'électricité et celui de l'indépendance énergétique diminuerait l'augmentation à 17 %. Ceci est attribué aux économies provenant de l'amélioration du réseau et d'un mix de technologies énergétiques renouvelables plus efficace (Figure 33).

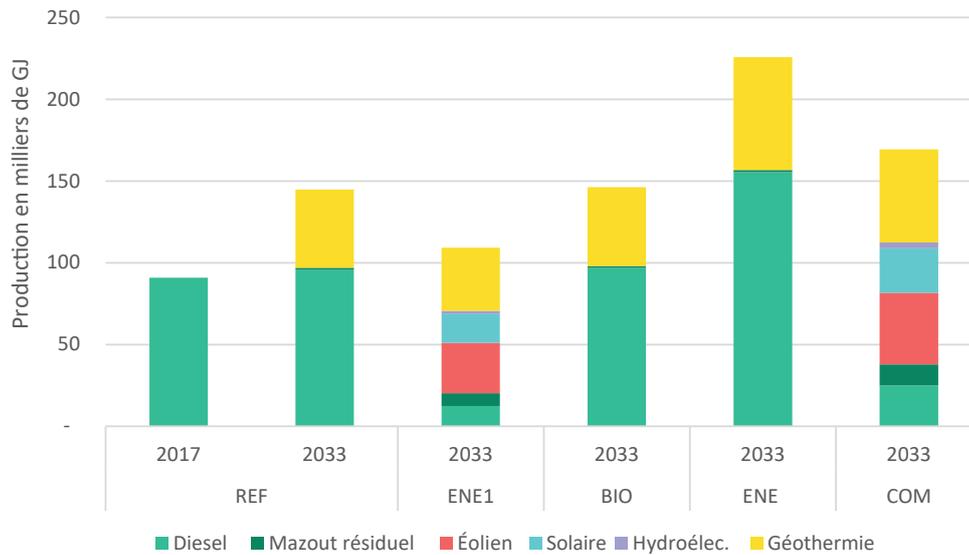
Pour le scénario combiné, le Tableau 10 montre qu'on aurait besoin au total de 73 MW de capacité installée. Celle-ci serait composée de 27 % d'énergies renouvelables et 63 % de combustibles fossiles. En 2033, 1 MW d'électricité supplémentaire en cas d'urgence serait également nécessaire pour répondre à la forte demande.

Figure 32 : Part du combustible dans la demande finale d'énergie



Source : Basé sur l'analyse du modèle « Systèmes énergétiques des Comores » du LEAP

Figure 33 : Approvisionnement en électricité dans tous les scénarios



Source : Basé sur l'analyse du modèle « Systèmes énergétiques des Comores » du LEAP

Tableau 10 : Capacité des centrales pour les scénarios combinés

	Grande Comore		Anjouan		Mohéli	
	2017	2033	2017	2033	2017	2033
Centrales électriques						
Centrale D Voidjou	16,2	16,2	-	-	-	-
Centrale Dítsambueni	8,4	8,4	-	-	-	-
Usine diesel Fomboni Mohéli	-	-	-	-	3,6	3,6
Technologie générique diesel	-	-	-	-	-	1,0
Nouveau géothermique	-	5,4	-	-	-	-
Nouvelle hydroélec.	-	-	-	1,5	-	-
Centrale hydroélec. de Lingoni	-	-	0,3	0,3	-	-
Centrale hydroélec. de Marakani	-	-	0,3	0,3	-	-
HFO de Moroni	-	18,0	-	-	-	-
Solaire de Ndrondroni	-	-	-	-	-	0,1
Niamachoi_Ndrondroni_Miringoni	-	-	-	-	0,4	0,4
Nouveau solaire	-	6,4	-	3,9	-	0,5
Centrale diesel de Trenani	-	-	5,7	5,7	-	-
Nouvel éolien	-	-	-	-	-	1,3
Total	24,6	54,4	6,3	11,7	4,0	6,9

Source : Basé sur l'analyse du modèle « Systèmes énergétiques des Comores » du LEAP

6. Conclusions et recommandations

Ce rapport se concentre sur la préparation des statistiques du premier bilan énergétique des Comores (en 2017) et le développement de modèles de systèmes énergétiques ventilés par région et à l'échelle nationale. Il décrit également une analyse de scénarios basés sur les cibles de la stratégie énergétique à l'horizon 2033, afin de démontrer l'utilité du modèle pour l'analyse politique et la planification.

Sur la base des données de référence tirées des statistiques du bilan énergétique 2017, les besoins annuels moyens du pays en énergie sont de 9,1 gigajoules (GJ) par habitant, avec une consommation annuelle moyenne d'électricité de 66 kilowattheures (kWh). En comparaison, la consommation moyenne d'électricité dans l'ensemble de ses pays les moins avancés était d'un peu plus de 200 kWh/habitant en 2014. L'intensité énergétique de l'économie comorienne était de USD 0,19 USD par Mégajoule (MJ) en 2017, ce qui est semblable à des intensités énergétiques observées dans les autres pays les moins avancés. Le bois et autres biomasses satisfont près de la moitié des besoins en énergie primaire en 2017, suivis par le diesel. Tous les produits pétroliers sont importés.

La Stratégie énergétique 2033 de l'Union des Comores indiquait les cibles à atteindre. Sur la base du modèle de système énergétique régional ou national développé dans l'outil Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP), cinq scénarios sont identifiés à partir de la Stratégie énergétique 2033 pour montrer l'utilité du modèle pour l'analyse politique et la planification. Le scénario de référence est basé sur les tendances de croissance historiques. Le scénario de l'indépendance énergétique nationale exige une augmentation de 10 % avant 2018 et de 55 % avant 2033 de la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique. Pour réaliser cet objectif, la capacité nationale installée d'énergies renouvelables sur chacune des îles devra être de 9,4 MW, d'après la projection de la demande électrique de référence.

Le scénario d'accès accéléré à l'électricité cherche à augmenter l'électrification à 60 % d'ici 2018 et 100 % d'ici 2033. Pour atteindre cet objectif, la demande d'électricité augmenterait de 55 % en 2033, passant à 135 GWh, exigeant une capacité supplémentaire de 23 MW pour répondre à la demande. Le scénario de transition énergétique de la biomasse cherche à réduire la dépendance à l'égard du bois à 65 % en 2018 et 25 % en 2033. En mettant en place cette mesure politique, les Comores pourraient économiser 20 % du total de la demande énergétique finale de référence et de réduire de 64 % les besoins en bois dans la fourniture finale d'énergie. Ce scénario nécessite une utilisation accrue du GPL, ce qui exige une action concertée et la participation active du secteur privé.

Combinées, ces interventions politiques prévues par le gouvernement devraient produire les résultats suivants. Du côté de l'approvisionnement, le scénario de l'indépendance énergétique nationale entraîne une baisse de la production d'électricité de 25 % en 2033 (de 145 GWh à 109 GWh). Ceci est attribué à la stabilisation du réseau et la réduction des pertes de réseau. Le scénario de transition énergétique de la biomasse (BIO) a un effet minimum sur l'approvisionnement en électricité. Le scénario d'accès accéléré à l'électricité augmente brutalement la demande d'électricité, augmentant les besoins de production de à 226 GWh : 56 % de plus que le scénario de référence. Mais une mise en place combinée du scénario d'accès accéléré à l'électricité et celui de l'indépendance énergétique nationale est supposée permettre de contenir l'augmentation à 17 %.

En conclusion, les statistiques du bilan énergétique pour les Comores (2017) ont montré que 51 % de l'énergie totale consommée (soit 3820 TJ) est importé, alors que 49 % (soit 3742 TJ) sont produits dans les Comores. La plus grande partie de cette énergie générée provient du bois utilisé dans le secteur résidentiel pour la cuisson. L'offre primaire totale d'énergie sur chacune des trois îles était de 4392 TJ pour la Grande Comore, 2759 TJ pour Anjouan et 411 TJ pour Mohéli en 2017. Toutefois, une moyenne de 13 % de cette énergie est perdue au cours de la transformation, du transport et de la distribution. C'est une excellente occasion pour les Comores de réduire ces pertes par la stabilisation du réseau. Pour ce qui est de la demande, elle devrait passer de 6597 TJ en 2017 à 11.189 TJ en 2033 dans le scénario de référence. On répondra à cette demande par un approvisionnement énergétique total de 9.383 TJ composé de 72 % par les produits pétroliers, 22 % par la biomasse et 6 % par l'énergie renouvelable.

Les recommandations clés suivantes sont proposées pour renforcer la capacité de planification énergétique des Comores et l'organisation des statistiques énergétiques :

1. **D'après les statistiques du bilan énergétique 2017 qui ont été préparées au niveau de chaque île et au niveau national, les mises à jour subséquentes et les rapports statistiques relatives au bilan énergétique doivent être poursuivis en organisant les données nationales selon le bilan de référence établi et les directives de l'AIE.**
2. **Renforcer l'unité de planification énergétique au sein de la Direction générale de l'énergie des mines et des ressources en eau en tant que centre de collecte et d'organisation des données du secteur énergétique, et pour mettre en œuvre les modèles de système énergétique permettant de répondre à la politique du secteur énergétique et aux exigences de planification.**
3. **Appuyer l'institutionnalisation de la production annuelle du rapport sur les statistiques du bilan énergétique par la Direction générale des ressources énergétiques, minières et hydrauliques.**
4. **Tenir un inventaire national de la biomasse afin de favoriser le contrôle de l'utilisation durable de la biomasse et d'améliorer la planification énergétique de la biomasse.**
5. **Organiser une collecte de données supplémentaires pour combler les lacunes dans les modèles régionaux et le modèle national de systèmes énergétiques qui ont été développés, afin d'améliorer la précision du modèle pour ces utilisations politiques et de planification.**

Enfin, il est essentiel que les Comores renforcent sans cesse leurs capacités dans tous les sous-secteurs énergétiques et tous les organismes gouvernementaux concernés si le pays veut atteindre la stratégie énergétique nationale et les objectifs de développement durable à l'horizon 2030, particulièrement l'objectif no 7 sur l'énergie.

Il sera essentiel pour les Comores de mobiliser des ressources pour l'investissement dans le secteur de l'énergie, y compris pour des travaux d'infrastructures nécessaires pour réduire des pertes élevées. Cette mesure sera cruciale pour susciter l'intérêt du secteur privé d'investir dans le secteur de l'énergie, avec une politique concertée et des efforts opérationnels. L'amélioration du recouvrement des coûts est également un domaine crucial intrinsèque à l'amélioration du secteur et à l'attraction des investisseurs. Ces efforts devraient être accompagnés d'un renforcement des capacités institutionnelles et techniques.

7. Références

- AETS. (2013). *Elaboration d'une stratégie sectorielle nationale Energie aux Comores* (No. Final Report). Contrat 2011/281/281494. https://www.aets-consultants.com/projects_view,110.
- GBAD. (2015). Relever les défis de la crise énergétique actuelle aux Comores. Groupe de la banque africaine de développement. <https://www.afdb.org/en/news-and-events/tackling-the-challenges-of-the-current-energy-crisis-in-the-comoros-14078/>
- P. Apperley et P. Quinlivan (2016). *Évaluations des options d'énergie renouvelable aux Comores* (Rapport final).
- Bureau Géologique. (2018). *Évaluation des options d'énergie renouvelable pour les Comores : Possibilités et coûts* (Rapport préliminaire).
- CABIRA / NEPLAN. (2018). *Projet d'assistance technique pour l'élaboration du plan directeur de production, de transport, de distribution de l'énergie électrique et du développement des énergies renouvelables aux Comores* (PATEPD) (Rapport préliminaire provisoire).
- Climatetagger. (2012). REEEP. <https://www.reeep.org/comoros-2012>
- Diallo, S. (2017). *Rapport technique final sur l'élaboration de la feuille de route du secteur de l'énergie de l'Union des Comores*.
- Orientation de gestion économique. (2009). L'énergie : Union des Comores. <http://lescomores.com/en/economy/energy.php>
- UE (2013). Développer une stratégie nationale sectorielle de l'énergie aux Comores. Document 2.2 : Stratégie sectorielle sur 20 ans.
- Rapport final Statistiques pour les Comores. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Accessed 2018
- Heaps, C. G. (2018). *Système Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) (Version 2018.01.8)*. Stockholm Environment Institute. www.energycommunity.org
- AIE. (2004). *Manuel de statistiques énergétiques*. Agence internationale de l'énergie. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264033986-en>
- AIE et OCDE. (2014). Indicateurs du développement dans le monde : Consommation d'électricité (en kWh par habitant). L'Agence internationale de l'énergie et l'Organisation de coopération et de développement économiques. Tiré de <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- Initiative Développement. (2017). *Estimation de la consommation de bois*. Initiative Développement, association de solidarité internationale.
- Moissi, A. (2017). *Etat des lieux et stratégie énergétique nationale* (Rapport final).
- MONSTAT. (2014). Bilan énergétique statistique, 2012-2013 (Rapport final). Office statistique du Monténégro. https://www.monstat.org/userfiles/file/publikacije/stat%20energ%20bilansi/Statistical_Energy_Balances_2012_2013.pdf
- Nassurdine M. (2018). Réunion n° 2 du club des électriciens. Données du secteur électrique. Comores Présentation.
- SADC. (2016). *SADC Energy Monitor 2016 : Baseline Study of the SADC Energy Sector*. Communauté de développement de l'Afrique du Sud. https://www.sadc.int/files/1514/7496/8401/SADC_Energy_Monitor_2016.pdf

SCA2D. (2018). La stratégie de croissance accélérée et de développement durable. Gouvernement des Comores. http://www.paris21.org/sites/default/files/Comores%20SCA2D%202015_2019%20VF%20du%2030Nov2014.pdf

Énergie durable pour tous (2014). Réaliser l'accès à l'énergie universelle. https://www.seforall.org/sites/default/files/1/2014/12/fp_se4all_access.pdf

UNECA (2017). Profil de pays 2017. Nations Unies. Commission économique pour l'Afrique.

UNEP (n.d.). Bâtir la résilience climatique par la réhabilitation des bassins versants, des forêts et l'adaptation des moyens de subsistance. Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://www.thegef.org/sites/default/files/project_documents/10-18-16_Project_Document_PAD_Comoros_LDCF2_revised_clean.pdf

XE Corporation. (2018). Tables des tarifs actuels et historiques. <https://www.xe.com/currencytables/?from=USD>

8. Annexes

Annexe 1. Données saisies dans la situation courante

MEILLEURE MODÉLISATION DES DONNÉES CÔTÉ DEMANDE						
	Hypothèses/démographie	Comores	Grande Comore (Nga)	Anjouan (Anj)	Mohéli (Moh)	Source
K1	Ménages ruraux	Ménage rural/taille du ménage rural				Projection du recensement de la population ; 2003
K2	Ménages urbains	Population urbaine/taille du ménage urbain				
K3	Urbanisation	100* Population urbaine/population totale				
K4	Population urbaine	Nga+Anj+Moh	101808	100495	30345	
K5	Population rurale	Nga+Anj+Moh	320077	250364	25059	
K6	Population totale	Population urbaine + population rurale				
K7	Taille du ménage urbain	5,1	-	-	-	Enquête démographique et sanitaire, 2014
K8	Taille du ménage rural	5,5	-	-	-	
	Hypothèses/Economie					
K9	PIB en prix constants (millions de KMF)	516137	-	-	-	Bureau des projections statistiques
K10	Ajustement du PIB (en millions de KMF)	446	-	-	-	
K11	Valeur ajoutée du secteur primaire	215508	-	-	-	
K12	Valeur ajoutée du secteur secondaire	63428	-	-	-	
K13	Valeur ajoutée du secteur tertiaire	236755	-	-	-	
	Besoin en énergie	Comores	Grande Comore	Anjouan	Mohéli	
D1	Ménage	Activité				
	Urbain	28%	24%	29%	55%	
	Cuisine	100 % de saturation	Intensité énergétique par ménage			
	GPL (kg/hhd_année)	8,70 %	131,4	131,4	131,4	
	Kérosène (litres/hhd_année)	43,80 %	96,0	96,0	96,0	
	Charbon (Kg/hhd_année)	2,50 %	60,0	60,0	60,0	
	Bois (Kg/hhd_année)	43,40 %	1861,5	1861,5	1861,5	
	Biomasse (Kg/hhd_année)	0,60 %	1861,5	1861,5	1861,5	
	Électricité (kWh/hhd_année)	1%	100,9	222,0	277,4	
	Eclairage :	100 % de saturation				
	Électricité (kWh/hhd_année)	0	100,9 / 88,64%	222/ 65,23%	277,4/ 61,85%	
	Kérosène (litres/hhd_année)	24	3,61%	31,44%	32,97%	
	Cires de paraffine	0	6,48%	1,39%	1,09%	
	Solaire (kWh/hhd_année)	1221,9	1,17%	0,70 %	3,68%	
	Autres :	0	0,10 %	1,24%	0,41%	
	Autres :	100 % de saturation				

	Électricité (kWh)		22867,0	144500,0	210136,5	
	Bois (Kg)					
	Rural	72%	76%	71%	45%	
	Cuisine	100 % de saturation				
	GPL	1,60 %	131,4	131,4	131,4	
	Kérosène	5,50 %	96,0	96,0	96,0	
	Charbon de bois	1,40 %	60,0	60,0	60,0	
	Bois	90,90 %	1861,5	1861,5	1861,5	
	Biomasse	0,30 %	1861,5	1861,5	1861,5	
	Électricité	0,30 %	100,9	222,0	277,4	
	Eclairage :	100 % de saturation				
	Électricité	0	1 0 0 . 9 / 81,71%	222/ 65,23%	277,4/ 61,85%	
	Kérosène	24	11,46%	31,44%	32,97%	
	Cires de paraffine	0	4,77%	1,39%	1,09%	
	Solaire	1221,9	1,64%	0,70 %	3,68%	
		0	0,42%	1,24%	0,41%	
	Autres :	100 % de saturation				
	Électricité (kWh)	100 %	-	-	-	
	Bois (Kg)	100 %	-	-	-	
D2	Secteur industriel et commercial	Comores	G r a n d e Comore	Anjouan	Mohéli	
	Niveau d'activité	Du PIB valeur ajoutée secondaires et tertiaires				
	Bâtiments commerciaux					
	Électricité (j/KMF)	100 %	71	63,6	120,9	
	Solaire PV (j/KMF)	100 %	5,4	5,4	5,3	
	GPL (j/KMF)	100 %	63,6	63,6	62,4	
	Distilleries d'huile essentielle (tonnes de pétrole en 2013)		3,50	45,50	4,00	
	Bois de chauffage		86%	95%	37%	
	Chaudière à bois améliorée (t. de bois/t. d'huile)	182,9	17%	11%	100 %	
	Chaudière à bois traditionnelle (t de bois/t d'huile)	365,9	83%	89%	0 %	
	Chaudière à bois hybride solaire (t de bois/t d'huile)	0	-	-	-	
	Kérosène		14%	5%	63%	
	Chaudière au kérosène (t de bois/t d'huile)	57,8	100 %	100 %	100 %	
D3	Secteur des transports	Comores	G r a n d e Comore	Anjouan	Mohéli	
	Niveau d'activité	PIB à prix constants				
	Route	100 %	-	-	-	

	Diesel	100 %	2379,2	902,4	701,6	
	Essence (en joules/KMF)	100 %	2382,3	1012,9	1658,6	
	Marine (bateau_km)		5306256	5835348	1771308	
	Kérosène (litres/bateau_km)	0,48	-	-	-	
	Aviation	100 %	-	-	-	
	Kérosène d'aviation	100 %	220,1	220	217,6	

Annexe 2

	Situation courante 2017				Mitigation de la dégradation forestière 2021				Mitigation de la dégradation forestière 2033			
	Comores	Grande Comore (Nga)	Anjouan (Anj)	Mohéli (Moh)	Comores	Grande Comore (Nga)	Anjouan (Anj)	Mohéli (Moh)	Comores	Grande Comore (Nga)	Anjouan (Anj)	Mohéli (Moh)
Ménage												
Urbain												
	Part du combustible de cuisson dans la situation courante				Transitions de l'énergie de cuisson				Transitions de l'énergie de cuisson			
	100,00 %	0	0	0	100,0 %	0	0	0	100,0 %	0	0	0
GPL	8,70 %	-	-	-	20,0 %	-	-	-	60,0 %	-	-	-
Kérosène	43,80 %	-	-	-	40,0 %	-	-	-	24,4%	-	-	-
Charbon de bois	2,50 %	-	-	-	1,9%	-	-	-	0,0 %	-	-	-
Bois	43,40 %	-	-	-	35,5%	-	-	-	10,0 %	-	-	-
Biomasse	0,60 %	'/' ;oijy-	-	-	0,6%	-	-	-	0,6%	-	-	-
Électricité	1%	-	-	-	2,0 %	-	-	-	5,0 %	-	-	-
Rural												
					Transitions de l'énergie de cuisson				Transitions de l'énergie de cuisson			
	100,00 %				100 %	0	0	0	100 %	0	0	0
GPL	1,60 %	-	-	-	10 %	-	-	-	30 %	-	-	-
Kérosène	5,50 %	-	-	-	13%	-	-	-	29%	-	-	-
Charbon de bois	1,40 %	-	-	-	1,40 %	-	-	-	0,00 %	-	-	-
Bois	90,90 %	-	-	-	75%	-	-	-	40 %	-	-	-
Biomasse	0,30 %	-	-	-	0,30 %	-	-	-	0,30 %	-	-	-
Électricité	0,30 %	-	-	-	0,30 %	-	-	-	0,30 %	-	-	-
S e c t e u r industriel et commercial												
Distilleries d'huile essentielle												
Bois de chauffage	0	86%	95%	37%							70 %	
Amélioration des brûleurs au bois de chauffage	0	17%	11%	100 %		30 %	30 %			45%	45%	
Brûleur de bois de chauffage traditionnel	0	83%	89%	0 %		70 %	70 %			55%	55%	
Hybride bois - Solaire	0	-	-	-								10 %
Kérosène		14%	5%	63%							30 %	
Brûleur au kérosène	100 %											

Annexe 3

Mohéli					Anjouan					Grande Comore				
Groupes	Puissance installée (KW)	Puissance disponible (KW)	Année installation	Arrêté	Groupes	Puissance installée (KW)	Puissance disponible (KW)	Année d'installation	Arrêté	Groupes	Puissance installée (KW)	Puissance disponible (KW)	Année d'installation	Arrêté
Groupe1	580	450	2004	2011	Groupe1	1280	2207	2006		Groupe1				
Groupe2	528	400	2006	2010	Groupe2	800		2006		Groupe2				
Groupe3	800	700	2009	2014	Groupe3	2920		2006		Groupe3				
Groupe4	890	700	2014	2016	Groupe4	2500	2599	2008		Groupe4				
Groupe5	890	700	2014	2016	Groupe5	2500	3004	2010		Groupe5				
Groupe 6	1200	1000	2016	2017	Groupe 6	3000	4350	2015		Groupe 6				
Groupe 6	2 000	1 800	17 mai	en cours	Groupe 7	1 500	5 700	2017		Groupe 6				
Groupe 7	2000	1800	17 mai	en cours						Groupe 7				

