

Diagnostic énergétique et technique pour l'intégration du solaire PV dans les bâtiments publics aux Comores – Rapport consolidé de l'Activité 3

Étude de pré faisabilité sur l'utilisation de systèmes photovoltaïques sur les toits des bâtiments publics aux Comores, avec une connexion au réseau, et définition d'une politique de Net Metering

Union des Comores

INFORMATION DOCUMENTAIRE

Projet	Étude de pré faisabilité de l'utilisation de systèmes photovoltaïques sur les toits des bâtiments publics aux Comores, avec une connexion au réseau, et définition d'une politique de Net Metering.
Contrat	UNEP/2024/33
Titre	Rapport d'évaluation de la demande électrique aux Comores
Référence:	1139-COM-LIV-031

Historique des versions

Version	Date	Émis par	Statut et commentaires
0.1	13.05.2025	E. Ben Mahmoud	Version initiale

Contrôle qualité

Initiateurs	E. Ben Mahmoud	
Premier niveau d'assurance qualité	R. Voisin	
Deuxième niveau d'assurance qualité	J. Voisin	
Émis le		

AVIS IMPORTANT ET CLAUSE DE NON-RESPONSABILITE

Ce document est destiné à l'usage exclusif du Client tel que spécifié sur la première page à qui il est adressé et qui a conclu un accord écrit avec MRV Énergie Conseils Inc ou une société affiliée émettant ce document (« MRV Énergie »). Ni MRV Énergie ni aucune société affiliée n'assument de responsabilité envers des tiers (autres que le client) en vertu de tout acte, omission ou défaut, que ce soit contractuel, délictuel, y compris la négligence, ou autrement. Aucune société affiliée autre que MRV Énergie ne sera responsable de toute perte ou dommage résultant de l'activité de MRV Énergie, de ses sociétés affiliées, ou de leurs préposés, sous-traitants ou agents. Ce document doit être lu dans son intégralité et est soumis à toutes les hypothèses et réserves qui y sont exprimées, ainsi que dans toute autre communication pertinente. Il peut contenir des données techniques détaillées destinées à être utilisées par des personnes possédant l'expertise requise dans ce domaine.

Ce document est soumis au droit d'auteur et ne peut être reproduit et diffusé qu'en conformité avec la classification du document et les conditions associées stipulées ou mentionnées dans ce document ou dans l'accord écrit avec le client. Une classification de document permettant au client de redistribuer ce document n'implique pas que MRV Énergie ait une quelconque responsabilité envers tout destinataire autre que le client.

Ce document est basé sur les informations concernant les dates et périodes mentionnées. Il ne garantit pas l'immuabilité des données. Sauf accord écrit explicite pour la vérification des informations, MRV Énergie décline toute responsabilité en cas d'informations incorrectes fournies par le Client ou un tiers, ainsi que pour les conséquences de ces données, qu'elles soient incluses dans ce document ou non.

Toutes les données, prévisions, estimations ou prédictions sont sujettes à des facteurs qui ne sont pas tous inclus dans la probabilité et les incertitudes mentionnées dans ce document, et aucune garantie de résultat n'est donnée dans ce document.

RESUME EXECUTIF

Contexte et Objectifs de l'Étude

L'Union des Comores, composée des îles de Grande Comore, Anjouan et Mohéli, fait face à de nombreux défis énergétiques, notamment une forte dépendance aux combustibles fossiles importés et un réseau électrique vieillissant souffrant de pertes significatives et de coupures fréquentes. L'accès à une électricité fiable et abordable est un enjeu majeur pour le développement socio-économique du pays, impactant aussi bien les infrastructures publiques que le secteur privé.

L'objectif de cette étude est de quantifier la demande énergétique actuelle et future, en tenant compte des évolutions économiques et démographiques, afin d'orienter la planification des infrastructures électriques et d'assurer un approvisionnement durable et abordable pour tous. Les résultats de cette analyse permettront d'établir des recommandations stratégiques pour le développement de nouvelles installations de production, de transport et de distribution d'électricité adaptées aux besoins du pays.

EXECUTIVE SUMMARY

Context and Objectives of the Study

The Union of the Comoros, composed of Grande Comore, Anjouan, and Mohéli islands, faces numerous energy challenges, including a strong dependence on imported fossil fuels and an aging electrical grid suffering from significant losses and frequent power outages. Access to reliable and affordable electricity is a major issue for the country's socioeconomic development, affecting both public infrastructure and the private sector.

This study aims to quantify current and future energy demand, considering economic and demographic trends, to guide the planning of electrical infrastructure and ensure a sustainable and affordable power supply for all. The findings of this analysis will support strategic recommendations for the development of new generation, transmission, and distribution facilities tailored to the country's needs.

TABLE DES MATIERES

Information Documentaire	ii
Avis Important et Clause de Non-Responsabilité	iii
Résumé Exécutif.....	iv
Executive Summary.....	v
Table des Matières.....	vi
Liste des éléments graphiques.....	viii
Glossaire	xi
1 Introduction.....	1
1.1 Contexte du projet	1
1.2 Objectif du rapport.....	1
2 Analyse des prévisions de la demande d'électricité (2025, 2030, 2035)	2
2.1 Méthodologie	2
2.2 Évolution historique de la demande	3
2.3 Scénarios de prévision de la demande.....	5
2.4 Résultats des projections de la demande.....	5
2.5 Facteurs influençant la demande.....	7
3 Croissance économique et démographique aux Comores	8
3.1 Méthodologie	8
3.2 Sources utilisées.....	8
3.3 Approche analytique et scénaristique	9
3.4 Évolution démographique aux Comores : analyse historique et projections	10
3.5 Évolution économique : État actuel et scénarios futurs	30
3.6 Croissance urbaine et impacts sur les zones rurales.....	48
3.7 Conclusion	51
4 Evaluation du Potentiel de production solaire aux Comores	53
4.1 Objectif.....	53
4.2 Recueil et Analyse des Données Climatiques	53
4.3 Etude d'Irradiation solaire.....	17
4.4 Conclusion	30
5 États actuels des infrastructures de production aux Comores.....	31

5.1	Production d'électricité aux Comores	31
5.2	Génération d'électricité par habitant	34
6	Description du réseau électrique actuel.....	34
6.1	Structure et configuration du réseau	35
6.2	Niveau de fiabilité actuel.....	48
6.3	Analyse des charges et production existantes	50
6.4	État de l'équilibre offre-demande.....	52
7	Défis majeurs liés à l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau.....	54
7.1	Instabilité du réseau :.....	54
7.2	Interconnexions :	58
7.3	Aspects économiques :.....	64
7.4	Autres défis :.....	68
8	Calcul et estimation de la capacité d'absorption du réseau.....	69
8.1	Méthodologie utilisée :	69
8.2	Résultats :	71
8.3	Conclusion et recommandations	72

LISTE DES ELEMENTS GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1-DEMANDE D'ELECTRICITE AUX COMORES EN 2025 (©PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRICITE A MOINDRE COUT (PDMC)ARTELIA 2024)	3
TABLEAU 2-ACCES A L'ELECTRICITE AUX COMORES EN 2025 (©PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRICITE A MOINDRE COUT (PDMC)ARTELIA 2024)	4
TABLEAU 3-PERTES TECHNIQUES ET COMMERCIALES AUX COMORES EN 2025 (©PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRICITE A MOINDRE COUT (PDMC)ARTELIA 2024).....	4
TABLEAU 4-ÉTAT SUR LA SITUATION D'ELECTRICITE AUX COMORES.....	4
TABLEAU 5-ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ENERGETIQUE ET DE LA PUISSANCE DE POINTE POUR GRANDE COMORES (©PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRICITE A MOINDRE COUT (PDMC)ARTELIA 2024)	5
TABLEAU 6-ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ENERGETIQUE ET DE LA PUISSANCE DE POINTE POUR ANJOUAN (©PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRICITE A MOINDRE COUT (PDMC)ARTELIA 2024)	6
TABLEAU 7-ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ENERGETIQUE ET DE LA PUISSANCE DE POINTE POUR MOHELI (©PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRICITE A MOINDRE COUT (PDMC)ARTELIA 2024)	6
TABLEAU 8- SCENARIOS DE CROISSANCE ECONOMIQUE ET ENJEUX PAR ILE AUX COMORES.....	47
TABLEAU 9- TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE GRANDE COMORES (°C) (© WEATHER SPARK).....	2
TABLEAU 10-VITESSE DE VENT MOYENNE ANNUELLE GRANDE COMORES (KM/H) (© WEATHER SPARK)	3
TABLEAU 11- TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE ANJOUAN (°C) (© WEATHER SPARK)	7
TABLEAU 12- VITESSE DE VENT MOYENNE ANNUELLE ANJOUAN (KM/H) (© WEATHER SPARK)	9
TABLEAU 13- TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE MOHELI (°C) (© WEATHER SPARK)	13
TABLEAU 14- BASES DE DONNEES D'IRRADIATION.....	18
TABLEAU 15-IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A MORONI (kWh/m ²).....	20
TABLEAU 16- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A MITSAMILOU (kWh/m ²).....	21
TABLEAU 17- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A DEMBENI (kWh/m ²).....	22
TABLEAU 18- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A MUTSAMUDU(kWh/m ²)	23
TABLEAU 19- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A BIMBINI (kWh/m ²)	24
TABLEAU 20- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A DOMONI (kWh/m ²)	25
TABLEAU 21- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A FOMBONI (kWh/m ²)	26
TABLEAU 22- IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE A NIOUMACHOUA(kWh/m ²)	27
TABLEAU 23 - DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DES CENTRALES THERMIQUES FOSSILES AUX COMORES.....	32
TABLEAU 24 - DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DES CENTRALES SOLAIRES PV AUX COMORES	32
TABLEAU 25 - DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DES PETITS SYSTEMES SOLAIRES PV AUX COMORES ((© PROJET D'APPUI AU SECTEUR DE L'ENERGIE AUX COMORES (PASEC))	33
TABLEAU 26 - DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DES CENTRALES HYDROELECTRIQUES AUX COMORES	34
TABLEAU 27- LIGNE MT 20KV DE LA GRANDE COMORE	38
TABLEAU 28- TRANSFORMATEUR MT/BT 20KV EN GRANDE COMORES	39
TABLEAU 29- RESEAUX 20KV A ANJOUAN	41
TABLEAU 30- DDETAIL DU LIGNE MT 20KV DE MOHELI.....	45
TABLEAU 31- REPARTITION DES TRANSFORMATEURS A MOHELI.....	45
TABLEAU 32- PLAGE DE FONCTIONNEMENT NORMAL DE LA FREQUENCE.....	50
TABLEAU 33- SCENARIO DE L'OFFRE – DEMANDE DE LA GRANDE COMORE (©PDMC ARTELIA 2024)	53
TABLEAU 34- SCENARIO DE L'OFFRE – DEMANDE DE MOHELI (©PDMC ARTELIA 2024)	53
TABLEAU 35 SCENARIO DE L'OFFRE – DEMANDE D'ANJOUAN (©PDMC ARTELIA 2024).....	54
TABLEAU 36- VALEURS DE PUISSANCES ADMISSIBLES DANS LES LIGNES ELECTRIQUES (©PDMC ARTELIA 2024).....	57
TABLEAU 37- DEMANDE AU PRIX DE L'ANNEE 2023(VARIATION EN %)(© INSEED – BCC)	65
TABLEAU 38- PRIME FIXE ET VARIABLE	66
TABLEAU 39- CONSOMMATION SIMULEE POUR L'ANNEE 2043 (LES PERTES NE SONT PAS PRISES EN COMPTE) (ARTELIA).....	70
TABLEAU 40- CONSOMMATION SIMULEE POUR L'ANNEE 2043 (LES PERTES NE SONT PAS PRISES EN COMPTE) (ARTELIA).....	70

TABLEAU 41- CONSOMMATION SIMULEE POUR L'ANNEE 2043 (LES PERTES NE SONT PAS PRISES EN COMPTE) (ARTELIA).....	71
TABLEAU 42- RENFORCEMENTS NECESSAIRES 2043 – GRANDE COMORE	71
TABLEAU 43- RENFORCEMENTS NECESSAIRES 2043 – ANJOUAN.....	71

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1-EVOLUTION DE LA DEMANDE D'ELECTRICITE AUX COMORES (2025-2035)	7
FIGURE 2-CROISSANCE DEMOGRAPHIQUE PAR ILE AUX COMORES (1980–2023)	11
FIGURE 3: REPARTITION DE LA POPULATION COMORIENNE (2023).....	11
FIGURE 4: REPARTITION DE LA POPULATION COMORIENNE PAR TRANCHE D'AGE (2023)	13
FIGURE 5: TAUX DE FECONDITE (ENFANTS/FEMME)	15
FIGURE 6: CROISSANCE DE L'URBANISATION DANS LES COMORES A L'HORIZON 2050	16
FIGURE 7: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE CROISSANCE MODEREE - GRANDE COMORE	19
FIGURE 8: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE TRANSITION ACCELEREE- GRANDE COMORE (2025–2050)	20
FIGURE 9: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE CROISSANCE CONTROLEE- GRANDE COMORE (2025–2050)	21
FIGURE 10: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE CROISSANCE MODEREE - ANJOUAN (2025–2050)	23
FIGURE 11: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE TRANSITION ACCELEREE- ANJOUAN (2025–2050)	24
FIGURE 12: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE CROISSANCE CONTROLEE- ANJOUAN (2025–2050)	25
FIGURE 13: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE CROISSANCE MODEREE - MOHELI (2025–2050)	27
FIGURE 14: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE TRANSITION ACCELEREE- MOHELI (2025–2050)	28
FIGURE 15: PROJECTION DE LA POPULATION, DE L'URBANISATION ET DE LA CROISSANCE – SCENARIO DE CROISSANCE CONTROLEE- MOHELI (2025–2050)	29
FIGURE 16: REPARTITION SECTORIELLE ESTIMEE DU PIB (2023)	31
FIGURE 17- EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLE A GRANDE COMORES (© WEATHER SPARK)	1
FIGURE 18- COMPARAISON DE LA VITESSE MOYENNE DU VENT POUR DEMBENI, MORONI ET MITSAMILOULI (© WEATHER SPARK).....	3
FIGURE 19- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A MORONI (© WEATHER SPARK)	5
FIGURE 20- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A MITSAMILOULI (© WEATHER SPARK)	5
FIGURE 21- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A DEMBENI (© WEATHER SPARK)	6
FIGURE 22- EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLE A ANJOUAN (© WEATHER SPARK)	7
FIGURE 23- COMPARAISON DE LA VITESSE MOYENNE DU VENT POUR MUTSAMUDU, BIMBINI ET DOMONI (© WEATHER SPARK)	9
FIGURE 24- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A MUTSAMUDU (© WEATHER SPARK)	11
FIGURE 25- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A DOMONI (© WEATHER SPARK).....	11
FIGURE 26- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A BIMBINI (© WEATHER SPARK)	12
FIGURE 27- EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLE A MOHELI (© WEATHER SPARK)	13
FIGURE 28- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A FOMBONI (© WEATHER SPARK)	16
FIGURE 29- MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE A NIOUMACHOUA (© WEATHER SPARK)	16
FIGURE 30- CARTE : IRRADIATION HORIZONTALE GLOBALE (© SOLARGIS).....	18
FIGURE 31- CARTE DU POTENTIEL SOLAIRE PV (© SOLARGIS)	19
FIGURE 32- COMPARAISON DU GHI A MORONI.....	21
FIGURE 33- COMPARAISON DU GHI A MITSAMILOULI	22
FIGURE 34- COMPARAISON DU GHI SUR DEMBENI.....	23
FIGURE 35- COMPARAISON DU GHI A MUTSAMUDU	24
FIGURE 36- COMPARAISON DU GHI A BIMBINI	25

FIGURE 37-COMPARAISON DU GHI SUR A DOMONI (kWh/M ²).....	25
FIGURE 38- COMPARAISON DU GHI SUR A FOMBONI(kWh/M ²).....	26
FIGURE 39- COMPARAISON DU GHI SUR A NIOUMACHOUA (kWh/M ²)	27
FIGURE 40- PROFILS DE PRODUCTION HORAIRES TYPIQUES (kWh/kWc)	30
FIGURE 41 - REPARTITION DE LA PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR ENERGIE AUX COMORES (© PLAN COMORES ÉMERGENT 2030 PNUD 2019)	31
FIGURE 42- ARCHITECTURE DU RESEAU ELECTRIQUE EXISTANT DE LA GRANDE COMORE : (©PAESC).....	37
FIGURE 43- POSTE DE TRANSFORMATION HAUT DE POTEAU (H61)	40
FIGURE 44- POSTE DE TRANSFORMATION PREFABRIQUE (H59)	40
FIGURE 45- ARCHITECTURE DU RESEAUX 20KV A ANJOUAN	43
FIGURE 46- SCHEMA DU RESEAUX MT 20KV DE MOHELI	45
FIGURE 47- SCHEMA SYNOPTIQUE UNIFILAIRE DU RESEAU MOYEN TENSION MT DE MOHELI (©SONELEC MOHELI)	47
FIGURE 48- DESCRIPTION D'UNE POSTE SOURCE.....	62
FIGURE 49- TOPOLOGIE DU RESEAU DE 2030 GRANDE COMORE - AVEC UN RESEAU DE TRANSPORT 63 kV (EN NOIR)	63
FIGURE 50- CROISSANCE ECONOMIQUE (© BCC)	65

GLOSSAIRE

BT	Basse Tension
BESS	Battery Energy Storage System (Système de stockage d'énergie par batterie)
CAPEX	Capital Expenditure (Dépenses d'investissement)
EE	Efficacité Énergétique
ESC	Énergie Solaire Concentrée
GWh	Gigawattheure (1 GWh = 1 million de kWh)
GHI	Global Horizontal Irradiance (Irradiation Horizontale Globale)
GES	Gaz à Effet de Serre
HTA	Haute Tension A (≈ 20 kV)
HTB	Haute Tension B (> 50 kV)
IACM	Interrupteur Aérien à Commande Manuelle
INSC	Institut National de la Statistique des Comores
IPP	Independent Power Producer (Producteur d'Électricité Indépendant)
KW	Kilowatt (1 kW = 1 000 W)
KWh	Kilowattheure (Unité de mesure de l'énergie)
LCOE	Levelized Cost of Energy (Coût actualisé de l'énergie)
LV	Low Voltage (Basse Tension)
MWh	Megawattheure (1 MWh = 1 000 kWh)
MW	Mégawatt (1 MW = 1 000 kW)
MV	Medium Voltage (Moyenne Tension)
MEEH	Ministère de l'Énergie, de l'Eau et des Hydrocarbures
NET-METERING	Système de facturation nette permettant aux producteurs d'électricité renouvelable de revendre leur surplus au réseau
OPEX	Operational Expenditure (Dépenses d'exploitation)
PAESC	Projet d'Accès à l'Énergie Solaire aux Comores
PASEC	Projet d'Appui au Secteur de l'Énergie aux Comores
PDMC	Plan de Développement de l'Électricité au Moindre Coût
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PV	Photovoltaïque (Production d'électricité à partir du solaire)
PPA	Power Purchase Agreement (Contrat d'achat d'électricité)
SONELEC	Société Nationale d'Électricité des Comores
T&D	Transmission et Distribution de l'électricité
UNEP	Programme des Nations Unies pour l'Environnement

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DU PROJET

L'Union des Comores, se composant de trois îles volcaniques (Grande Comores (Ngazidja) : 1148 km², Mohéli (Mwali) : 290 km² et Anjouan (Ndzouani) : 424 km²), est un pays confronté à des problèmes d'insuffisance d'alimentation électrique. L'accès à une électricité stable et de qualité demeure problématique, freinant le développement socio-économique des Comores. En 2023, 75 % de la population avait accès à l'électricité, avec des disparités marquées entre les îles. Les pannes fréquentes, pouvant durer jusqu'à 12 heures touchent fréquemment les zones urbaines et rurales. De plus les pertes importantes dans les réseaux de transport et de distribution de chaque île constituent une source significative de coûts, d'où les défis du système électrique, qui fonctionne avec des installations vieillissantes et des pertes de transmission élevées.

Le secteur énergétique des Comores dépend fortement de la biomasse locale et des combustibles fossiles importés du Moyen-Orient pour produire de l'électricité via des centrales thermiques. Cette dépendance expose le pays à la volatilité des prix du pétrole. Cependant le développement des énergies renouvelables pourrait réduire cette dépendance au pétrole, ainsi que les émissions de GES et l'utilisation du bois-énergie dans les secteurs résidentiels et industriels.

Dans ce contexte, des actions prioritaires ont été identifiées pour renforcer le réseau électrique et développer des centrales d'énergies renouvelables. La Stratégie Nationale Énergétique, soutenu par le Plan Comores Émergent, le Projet d'Appui au Secteur de l'Énergie (PASEC) et le Projet d'Accès à l'Énergie Solaire (PAESC), vise à augmenter la part d'énergies renouvelables à 55% de la puissance électrique installée, atteindre un taux d'électrification de 100% et réduire la part de la biomasse à 40% dans la consommation finale d'énergie d'ici 2033.

MRV Énergie (le Consultant) a été retenu par le Centre et Réseau de Technologies Climatiques (CTCN) des Nations Unies (Le Client) pour fournir de l'assistance technique au Gouvernement des Comores dans la promotion des énergies renouvelables, en particulier le solaire photovoltaïque par la réalisation d'étude de pré-faisabilité pour l'utilisation de systèmes photovoltaïques connectés au réseau en toiture des bâtiments publics et la définition d'une politique de Net Metering.

Un ensemble de sous activités ont été planifiées dans le cadre de l'Activité 3 afin de mener une analyse intégrée de la demande énergétique, la croissance économique et démographique, du potentiel de production solaire, et de la capacité du réseau électrique à intégrer des systèmes photovoltaïques connectés sur les bâtiments publics aux Comores. Le présent rapport consolidé regroupe les résultats des différentes sous-activités réalisées, notamment l'évaluation de la demande en électricité (livrable 3.1), la croissance économique et démographique (livrable 3.2), l'analyse du potentiel solaire (livrable 3.3), et l'étude de la capacité du réseau (livrable 3.4). Il constitue ainsi la synthèse complète des travaux menés dans le cadre de l'Activité 3 et sert de base technique et stratégique à la poursuite de l'étude de pré-faisabilité

1.2 OBJECTIF DU RAPPORT

L'objectif principal de ce rapport est de consolider l'ensemble des analyses réalisées dans le cadre de l'Activité 3 du projet, afin d'évaluer la faisabilité technique et énergétique de l'intégration de systèmes photovoltaïques (PV) connectés au réseau sur les bâtiments publics aux Comores.

Le rapport vise notamment à :

- Estimer la demande actuelle et future en électricité à l'échelle nationale et par île, en tenant compte des dynamiques économiques, démographiques et sectorielles (synthétisées dans le livrable 3.2 sur la croissance économique et démographique) ;
- Identifier et quantifier le potentiel solaire disponible sur le territoire comorien à partir de données climatiques fiables ;
- Évaluer la capacité du réseau électrique existant à absorber une production décentralisée d'énergie solaire injectée en basse et moyenne tension ;
- Identifier les contraintes techniques, économiques et institutionnelles à lever pour assurer une intégration réussie et durable du solaire PV ;
- Fournir une base technique et stratégique pour orienter les futures décisions de planification énergétique et de sélection des sites pilotes dans le cadre de l'implémentation du Net Metering.

En consolidant ces différentes dimensions, le rapport contribue à poser les fondations d'un développement progressif et maîtrisé des énergies renouvelables dans le secteur public, dans une logique de transition énergétique et de renforcement de la résilience du système électrique comorien.

2 ANALYSE DES PREVISIONS DE LA DEMANDE D'ELECTRICITE (2025, 2030, 2035)

L'objectif principal de cette section est d'évaluer la demande en électricité aux Comores afin d'identifier les besoins réels des différents secteurs de consommation, y compris les ménages, l'industrie et les services. Cette évaluation constitue une étape clé pour orienter les décisions stratégiques et assurer la mise en place d'installations de production d'électricité adaptées aux besoins du pays.

L'étude vise à :

- Quantifier la demande actuelle et future en électricité à travers l'analyse des tendances de consommation sur les différentes îles de l'archipel.
- Analyser l'évolution de la demande énergétique en tenant compte des scénarios de croissance économique et d'urbanisation.

Cette analyse permet ainsi de fournir des recommandations pour la planification et la mise en œuvre de nouveaux projets de production, de transport et de distribution d'électricité. Elle contribue également à la formulation de politiques énergétiques durables visant à garantir un accès fiable et abordable à l'électricité pour tous les habitants des Comores.

2.1 METHODOLOGIE

L'évaluation de la demande en électricité aux Comores repose sur les résultats de l'**Étude du Plan de Développement de l'Électricité au Moindre Coût des Comores**, réalisée par Artelia. Cette étude a été confrontée aux conclusions du **Plan Directeur de 2017**, permettant d'analyser la cohérence des projections de la consommation nationale. Les comparaisons montrent que les prévisions des deux études sont globalement alignées, avec des écarts limités jusqu'en 2033. L'intégration des projets spécifiques, notamment ceux liés aux infrastructures énergétiques et aux nouveaux développements économiques, entraîne une augmentation significative de la demande et de la puissance de pointe dès 2029-2030.

En complément, une **lecture critique approfondie** des résultats de ces études a été réalisée afin d'évaluer leur pertinence et leur applicabilité dans le contexte actuel. Cette analyse critique a permis d'identifier des points d'amélioration et des ajustements nécessaires en tenant compte des dynamiques récentes du secteur énergétique des Comores. Une **analyse des résultats propre à ce projet** a été intégrée, en mettant en lumière les principaux défis à relever et les opportunités.

2.2 ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA DEMANDE

L'évaluation de la demande actuelle en électricité aux Comores repose sur l'analyse des tendances de consommation des dernières années. Cette section examine la répartition de la demande sur les trois îles – Grande Comores, Anjouan et Mohéli. Elle met en évidence les principaux consommateurs, ainsi que les défis liés à l'accès à l'électricité et à la qualité du service.

2.2.1 SITUATION ACTUELLE ET TENDANCES

La demande en électricité aux Comores évolue de manière **contrastée** selon les îles :

- **Grande Comores et Anjouan** souffrent d'un déficit de production et de délestages fréquents, malgré une demande croissante.
- **Mohéli**, bien que plus petite, connaît une **croissance rapide de la demande**, avec une hausse moyenne de **10 % entre 2021 et 2023**.

L'urbanisation joue un rôle clé :

- Les **zones urbaines** concentrent la majorité de la consommation en raison de **meilleures infrastructures électriques**.
- Les **zones rurales**, bien que bénéficiant d'un meilleur taux de couverture, connaissent des **coupures fréquentes et une faible qualité de service**.

2.2.2 CONSOMMATION ESTIMÉE EN 2025

En 2025, la consommation estimée par île est la suivante :

Tableau 1-Demande d'électricité aux Comores en 2025 (@Plan de développement de l'électricité à moindre coût (PDMC), Artelia 2024)

Île	Puissance de pointe (MW)	Energie demandée (GWh)
Grande Comores	23	135
Anjouan	8,6	39,6
Mohéli	1,5	7,7

2.2.3 REPARTITION SECTORIELLE DE LA DEMANDE

L'opérateur national **SONELEC** classe ses clients en deux groupes :

- Clients Basse Tension (BT) : Usages résidentiels et petites entreprises.
- Clients Moyenne Tension (MT) : Secteurs industriels et services.

2.2.4 ACCES A L'ELECTRICITE

Tableau 2-Accès à l'électricité aux Comores en 2025 (@Plan de développement de l'électricité à moindre coût (PDMC), Artelia 2024)

Île	Taux de couverture (%)	Taux de desserte réel (%)
Grande Comores	100 %	96,1 %
Anjouan	~100 %	50,4 %
Mohéli	~100 %	96,4 %

Malgré ces taux élevés, l'accès à une électricité fiable reste **un défi** :

- Coupures fréquentes : Entre 2 et 6 heures par jour en ville, jusqu'à 12 heures par jour en zone rurale.
- Moyens de substitution : Utilisation d'essence, bougies, piles pour l'éclairage en cas de panne.

2.2.5 PERTES TECHNIQUES ET COMMERCIALES

Tableau 3-Pertes techniques et commerciales aux Comores en 2025 (@Plan de développement de l'électricité à moindre coût (PDMC), Artelia 2024)

Île	Rendement du réseau (%)	Pertes énergétiques (%)
Grande Comores	73.3 %	26.7 %
Anjouan	70.81 %	29.1 %
Mohéli	74.07 %	25.93 %

Les pertes énergétiques sont dues à un réseau vieillissant à des inefficacités de facturation.

Tableau 4-Etat sur la situation d'electricité aux Comores

Facteur	Situation en 2025
Consommation totale	182,3 GWh/an
Secteur dominant	Résidentiel (~80 %)
Taux de desserte	96 % (Grande Comore & Mohéli), 50 % (Anjouan)
Pertes énergétiques	~26-29 %
Qualité du service	Coupures fréquentes et instabilité du réseau

Coût de l'électricité	Élevé, freinant la demande
-----------------------	----------------------------

Conséquences pour l'intégration du solaire

- Potentiel d'intégration élevé pour améliorer la fiabilité du réseau.
- Développement du Net Metering nécessaire pour maximiser les bénéfices.
- Réduction des pertes et amélioration de l'efficacité énergétique essentielles.

2.3 SCENARIOS DE PREVISION DE LA DEMANDE

L'étude détermine trois scénarios de projection de la demande à l'horizon 2043, permettant d'évaluer les besoins en production et en infrastructures associées :

- **Scénario de référence (réaliste)** : Il repose sur les tendances actuelles de consommation et constitue la base pour planifier le développement des nouveaux moyens de production et l'expansion des réseaux électriques.
- **Scénario haut (volontariste)** : Il suppose une augmentation plus rapide de la consommation due à une croissance économique plus forte et une électrification accélérée. Il sert à tester la robustesse des choix d'investissement et les capacités du réseau à absorber une demande plus élevée.
- **Scénario bas (conservateur)** : Il est basé sur une croissance plus modérée, alignée sur les tendances historiques de la consommation. Il permet d'évaluer les risques en cas de croissance plus faible que prévu et d'adapter les investissements en conséquence.

La demande totale d'électricité pour chaque île est obtenue en additionnant les consommations des différents secteurs (résidentiel, commercial, industriel, etc.). Les paramètres de projection sont établis à partir de l'analyse des données historiques et des tendances économiques locales.

2.4 RESULTATS DES PROJECTIONS DE LA DEMANDE

2.4.1 ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ELECTRIQUE SUR GRANDE COMORES

La demande électrique à Grande Comores est en forte croissance en raison de son urbanisation rapide et de l'expansion des activités commerciales et industrielles

Tableau 5-Évolution de la demande énergétique et de la puissance de pointe pour Grande Comores (©Plan de développement de l'électricité à moindre coût (PDMC), Artélia 2024)

Désignation	2025	2030	2035
Energie demandée (GWh)	135	232	339
Taux de croissance énergie (%)	19,8	23,4	5
Puissance de pointe (MW)	23	38	53
Taux de croissance puissance (%)	15,7	19,3	4,7

La demande énergétique augmente fortement entre 2025 et 2030, avec une croissance annuelle dépassant les 19 %.

Cette croissance s'explique par l'augmentation de la population urbaine et le développement économique.

La puissance de pointe suit la même tendance, traduisant un besoin accru en capacité installée.

2.4.2 ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ELECTRIQUE SUR ANJOUAN

Anjouan connaît une demande croissante due à l'amélioration de l'accès à l'électricité et au développement du secteur tertiaire.

Tableau 6-Évolution de la demande énergétique et de la puissance de pointe pour Anjouan (©Plan de développement de l'électricité à moindre coût (PDMC), Artélia 2024)

Désignation	2025	2030	2035
Energie demandée (GWh)	40	75	127
Taux de croissance énergie (%)	11,5	17,1	9,4
Puissance de pointe (MW)	9,6	15,2	24,4
Taux de croissance puissance (%)	10,4	13,7	8,6

La croissance de la demande énergétique est plus modérée qu'à Grande Comores, mais reste significative avec +17,1 % entre 2025 et 2030.

La puissance de pointe augmentera également de manière soutenue, nécessitant une amélioration des infrastructures.

Cette augmentation est principalement portée par l'électrification des zones rurales et le développement du secteur tertiaire.

2.4.3 ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ELECTRIQUE SUR MOHELI

Mohéli, bien que moins peuplée, enregistre une progression constante de la demande électrique, notamment grâce à l'essor des infrastructures locales.

Tableau 7-Évolution de la demande énergétique et de la puissance de pointe pour Mohéli (©Plan de développement de l'électricité à moindre coût (PDMC), Artélia 2024)

Désignation	2025	2030	2035
Energie demandée (GWh)	7,7	17,3	23,7
Taux de croissance énergie (%)	9,8	8,9	5,5
Puissance de pointe (MW)	1,5	2,8	3,8
Taux de croissance puissance (%)	8,8	8,2	5,4

La croissance de la demande énergétique est plus modeste que sur les autres îles, Mohéli étant moins peuplée et moins industrialisée.

Cependant, l'augmentation prévue en 2030 (+8,9 %) montre une transition progressive vers une consommation énergétique accrue.

L'augmentation de la puissance de pointe est cohérente avec ces tendances.

2.4.4 ÉVOLUTION DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ AUX COMORES (2025-2035)

Parmi les trois îles de l'archipel des Comores, **Grande Comores** enregistre la plus forte augmentation de la demande en électricité, portée par l'urbanisation croissante et le développement des activités économiques. Cette hausse significative reflète une consommation énergétique en pleine expansion, nécessitant une adaptation rapide des infrastructures électriques. En revanche, **Anjouan et Mohéli** connaissent une croissance plus modérée, bien que soutenue, en raison d'une électrification progressive et d'une augmentation plus maîtrisée des besoins énergétiques. Ces tendances soulignent l'importance d'une planification différenciée et adaptée aux spécificités de chaque île pour garantir un approvisionnement en électricité stable et durable.

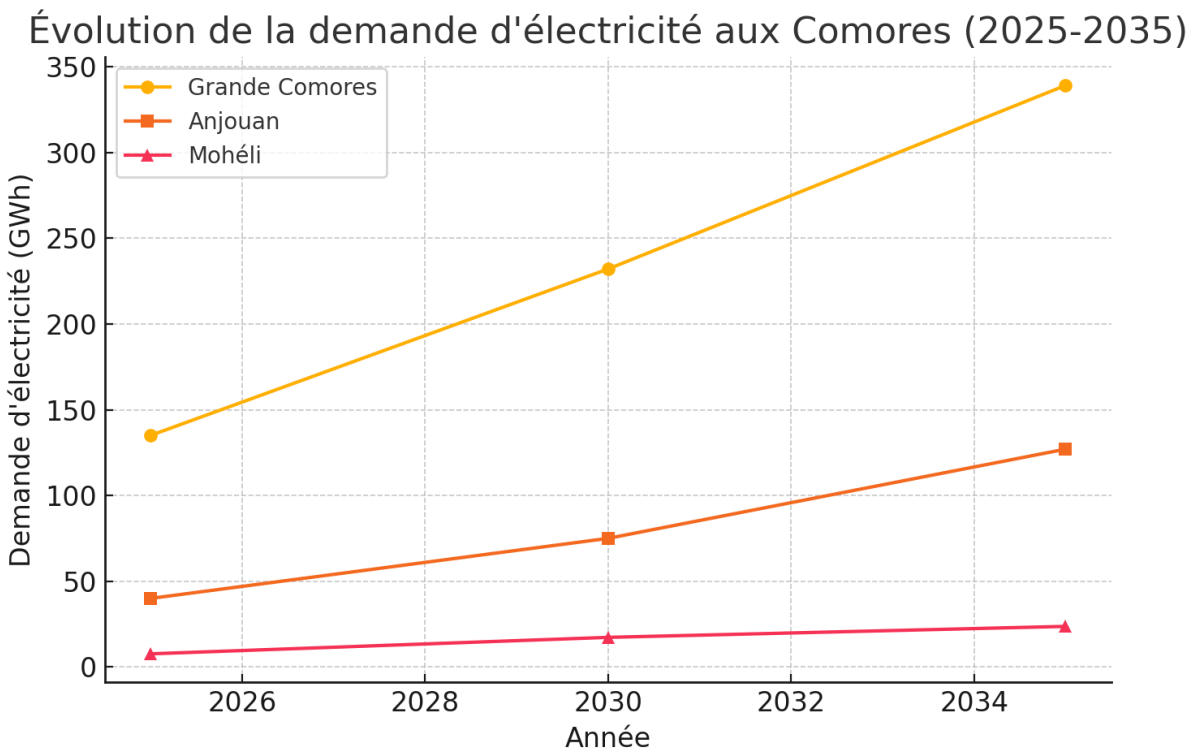


Figure 1-Evolution de la demande d'électricité aux comores (2025-2035)

2.5 FACTEURS INFLUENCANT LA DEMANDE

L'évolution de la demande d'électricité est influencée par plusieurs facteurs clés :

2.5.1 ÉVOLUTION DEMOGRAPHIQUE, URBANISATION ET REPARTITION SPATIALE DE LA POPULATION

La croissance de la population entraîne une augmentation du nombre de ménages raccordés au réseau électrique.

L'urbanisation accélérée accroît la consommation d'électricité dans les centres urbains, nécessitant une extension des infrastructures électriques.

Les migrations internes et les déplacements de population influencent la répartition géographique de la consommation électrique.

2.5.2 CROISSANCE ECONOMIQUE ET POUVOIR D'ACHAT

Une augmentation du PIB et des revenus par foyer entraîne une hausse de la consommation électrique par habitant.

L'expansion du secteur tertiaire et industriel stimule la demande d'électricité pour la production, les services et les infrastructures commerciales.

L'augmentation du pouvoir d'achat favorise l'adoption d'appareils électroménagers et d'équipements énergivores dans les foyers.

2.5.3 TENDANCES SECTORIELLES ET SOCIALES

2.5.3.1 DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL :

L'industrialisation croissante et la mise en place d'usines et de centres de production nécessitent une alimentation électrique fiable et stable.

2.5.3.2 ÉLECTRIFICATION DES ZONES RURALES :

L'accès à l'électricité dans les zones rurales augmente la demande, particulièrement pour l'éclairage, les pompes à eau et les équipements de production agricole.

2.5.3.3 ÉVOLUTION DES HABITUDES DE CONSOMMATION :

L'essor du numérique, des systèmes de climatisation et de chauffage électrique contribue à une consommation plus élevée.

Ces facteurs doivent être pris en compte pour affiner les projections de la demande et adapter le développement du réseau électrique aux besoins futurs.

3 CROISSANCE ECONOMIQUE ET DEMOGRAPHIQUE AUX COMORES

L'objectif de cette section est de présenter une vue d'ensemble de la population et de l'économie par zone (urbaine/rurale) pour chacune des îles à partir du développement de scénarios prospectifs pour 2025, 2030, et 2050.

3.1 METHODOLOGIE

La méthodologie adoptée pour ce rapport repose sur une combinaison d'analyses quantitatives et qualitatives pour comprendre les dynamiques démographiques et économiques des Comores. Elle a été structurée autour de l'analyse des tendances historiques et des projections futures, dans le but d'identifier les scénarios les plus probables pour les îles du pays à l'horizon 2030 et 2050. L'approche analytique et scénaristique a été développée à partir de données actuelles, de modèles économiques et démographiques, et de projections basées sur des hypothèses plausibles.

3.2 SOURCES UTILISEES

Les données et les informations utilisées pour ce rapport proviennent de sources fiables et actualisées. Celles-ci incluent des rapports nationaux, des publications des institutions

internationales, ainsi que des études académiques et des statistiques disponibles. Les principales sources utilisées sont :

- Banque Mondiale (World Bank) : Pour les données macroéconomiques, la croissance du PIB, et les indicateurs sociaux tels que la pauvreté et l'éducation.
- Fonds Monétaire International (FMI) : Pour les perspectives économiques régionales et les projections économiques à moyen et long terme.
- Institut National de la Statistique des Comores (INSC) : Pour les statistiques démographiques, les recensements nationaux et les données concernant la répartition géographique de la population.
- Nations Unies (UNDP) : Pour les rapports sur les Objectifs de Développement Durable (ODD) et les initiatives relatives à l'énergie renouvelable et au développement économique dans les pays en développement.
- Observatoire des Énergies Renouvelables (AEE) : Pour les données spécifiques sur l'énergie, les ressources renouvelables et les projets énergétiques en cours aux Comores.
- Études et rapports gouvernementaux : Notamment le Plan Comores Émergent, le Projet d'Appui au Secteur de l'Énergie (PASEC), ainsi que le Plan d'Accès à l'Énergie Solaire (PAESC), qui ont guidé la stratégie nationale énergétique et les priorités en matière d'infrastructures.

3.3 APPROCHE ANALYTIQUE ET SCENARISTIQUE

L'approche méthodologique adoptée pour ce rapport s'est concentrée sur la construction de scénarios démographiques et économiques basés sur une analyse des tendances passées, des hypothèses de croissance et des facteurs structurels susceptibles d'influencer le futur des Comores. L'élaboration des scénarios a été fondée sur les éléments suivants :

3.3.1 ANALYSE HISTORIQUE ET ACTUELLE

Une première phase de l'analyse a consisté en un diagnostic des tendances démographiques et économiques passées, en utilisant les données historiques disponibles pour comprendre les dynamiques de croissance et de distribution de la population, ainsi que la structure des secteurs économiques.

Cette étape a permis d'identifier les principales forces et faiblesses de l'économie comorienne et de ses infrastructures, en particulier dans les domaines de l'énergie, de l'agriculture et des services.

3.3.2 PROJECTIONS ECONOMIQUES

Les scénarios économiques ont été élaborés en prenant en compte plusieurs hypothèses concernant les investissements dans les infrastructures, les secteurs clés de l'économie, ainsi que les conditions extérieures telles que les prix du pétrole, la volatilité des marchés mondiaux et les partenariats internationaux.

Trois scénarios ont été développés pour chaque île : pessimiste, réaliste et optimiste, avec des hypothèses distinctes sur la croissance économique, l'évolution des investissements dans les énergies renouvelables, et la gestion des ressources naturelles.

3.3.3 APPROCHE SCENARISTIQUE

Les scénarios démographiques et économiques ont été élaborés en combinant les tendances actuelles et les hypothèses possibles sur les politiques publiques, la mise en place de projets d'infrastructures,

et les investissements étrangers. Chaque scénario a été construit sur la base d'un ensemble d'hypothèses stratégiques spécifiques.

Le scénario pessimiste suppose un manque d'investissements et une persistance des défis structurels, avec une faible croissance et une faible diversification économique.

Le scénario réaliste envisage un développement modéré, soutenu par des investissements dans les secteurs clés (agriculture, énergie, infrastructures), mais avec des progrès lents et une dépendance continue à certains secteurs traditionnels.

Le scénario optimiste repose sur une transformation rapide de l'économie grâce à une forte croissance des investissements étrangers, une diversification rapide des secteurs économiques et une amélioration significative des infrastructures énergétiques et de transport.

3.3.4 CONSULTATION D'EXPERTS ET VALIDATION :

Afin de renforcer la pertinence des scénarios et des hypothèses, des consultations ont été menées avec des experts locaux et internationaux en matière d'économie, de développement durable, d'énergie renouvelable et de planification démographique. Les retours des parties prenantes ont été intégrés pour affiner les projections et les hypothèses retenues dans les différents scénarios.

3.4 ÉVOLUTION DEMOGRAPHIQUE AUX COMORES : ANALYSE HISTORIQUE ET PROJECTIONS

3.4.1 POPULATION HISTORIQUE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE (1980-2023)

3.4.1.1 CROISSANCE DÉMOGRAPHIQUE PAR ÎLE

La population des Comores a connu une croissance démographique importante depuis 1980, avec une augmentation notable du nombre d'habitants sur chaque île, mais à des rythmes différents. En 1980, la population des Comores était estimée à environ 350 000 habitants. Cette population a presque doublé en 43 ans, atteignant environ 850 000 habitants en 2023. La croissance démographique a été particulièrement forte sur les îles de Grande Comore (Ngazidja) et Anjouan (Ndzouani), qui ont vu leur population croître respectivement de 2,6 % et 2,7 % par an, un rythme supérieur à la moyenne mondiale. En revanche, l'île de Mohéli (Mwali), plus petite en superficie, a enregistré une croissance plus modeste, en raison de son faible taux de natalité et de son exode rural plus prononcé.

Les données de l'Institut National de la Statistique des Comores (INSC) montrent que la population de Grande Comore a largement dominé cette croissance, atteignant environ 400 000 habitants en 2023, soit près de la moitié de la population totale des Comores. Anjouan, quant à elle, représente environ 40% de la population totale, avec environ 340 000 habitants, tandis que Mohéli compte environ 110 000 habitants.

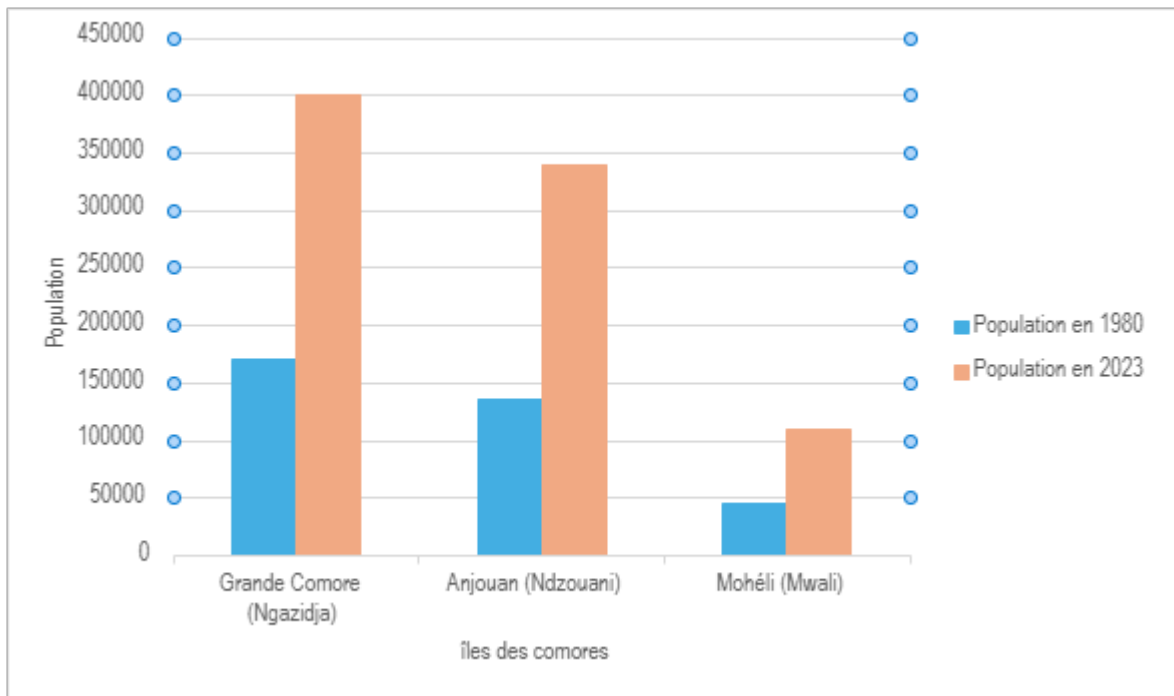


Figure 2-Croissance démographique par île aux Comores (1980–2023)

3.4.1.2 ÉVOLUTION DE LA REPARTITION URBAINE ET RURALE

L'évolution de la répartition de la population entre les zones urbaines et rurales a été marquée par une urbanisation progressive, bien que lente. Selon les dernières données disponibles, environ 45% de la population comorienne vit dans des zones urbaines, principalement dans les grandes villes comme Moroni (Grande Comore), Mutsamudu (Anjouan) et Fomboni (Mohéli). En 1980, seulement environ 30% de la population vivait dans des zones urbaines, ce qui témoigne d'un processus d'urbanisation accéléré au cours des quatre dernières décennies.

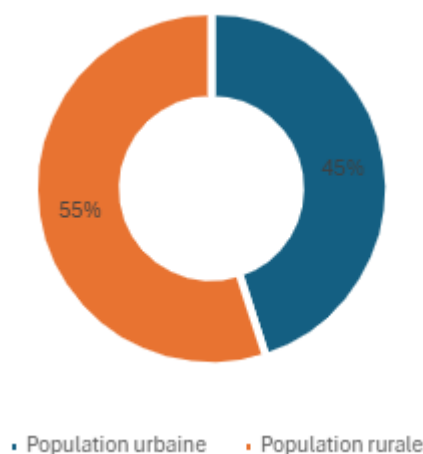


Figure 3: Répartition De La Population Comorienne (2023)

Cette urbanisation est le résultat d'une recherche d'opportunités économiques et d'un meilleur accès aux infrastructures et services, notamment l'éducation, la santé et l'eau potable. Cependant, l'urbanisation rapide a également entraîné des défis, notamment en matière d'infrastructures, de

logements et de gestion des déchets. Moroni, la capitale, a vu sa population augmenter de manière significative, avec une croissance de plus de 4% par an. Toutefois, cette urbanisation reste limitée par l'absence d'une planification urbaine efficace et par le manque d'infrastructures capables de soutenir une telle croissance.

3.4.1.3 IMPACT DE L'EXODE RURAL ET DES MIGRATIONS INTER-ILES

L'exode rural a été un phénomène marquant dans l'histoire démographique des Comores. En raison de la pression démographique, des difficultés économiques et de la recherche d'opportunités d'emploi, une part importante de la population rurale, principalement des jeunes, a migré vers les zones urbaines. Ce phénomène a été particulièrement prononcé sur l'île de Mohéli, où une proportion importante de la population a quitté les zones rurales pour se diriger vers la ville de Fomboni, ou même vers Moroni, dans l'espoir de trouver du travail ou de meilleures conditions de vie.

Les migrations inter-îles ont également joué un rôle significatif. Les habitants de Mohéli et d'Anjouan ont souvent émigré vers Grande Comore, à la fois pour des raisons économiques et pour des raisons liées aux services et infrastructures plus développés. Cette mobilité inter-îles a créé une dynamique démographique complexe, avec des zones urbaines qui connaissent une croissance rapide en raison de l'afflux de personnes provenant d'autres îles, mais aussi une stagnation ou un déclin démographique dans certaines régions rurales de Mohéli et Anjouan.

En parallèle, les Comores connaissent une importante émigration internationale, en particulier vers les pays du Golfe, la France et les Comoriens vivant à l'étranger. Cette émigration internationale contribue à la réduction de la pression démographique interne mais engendre également des remises importantes, qui jouent un rôle crucial dans l'économie des Comores.

3.4.2 STRUCTURE DE LA POPULATION

3.4.2.1 REPARTITION DE LA POPULATION PAR TRANCHE D'AGE

La structure démographique des Comores révèle une population jeune, avec un fort taux de natalité et une grande part de la population dans les tranches d'âge inférieures. Selon les dernières estimations de l'INSC, près de 40% de la population comorienne a moins de 15 ans, ce qui témoigne d'une pyramide des âges très jeune. En revanche, le nombre de personnes âgées de plus de 65 ans reste relativement faible, représentant environ 2-3% de la population. Cette répartition par âge a des implications importantes pour les politiques publiques, en particulier dans les secteurs de l'éducation, de l'emploi et de la santé.

La tranche d'âge des 15-24 ans, qui représente environ 18% de la population, constitue également un groupe démographique clé, car elle correspond à la phase de la vie où l'accès à l'éducation et à l'emploi devient primordial. Enfin, les adultes en âge de travailler, c'est-à-dire les personnes âgées de 25 à 64 ans, forment environ 45% de la population. Cette catégorie est la principale force active dans l'économie du pays.

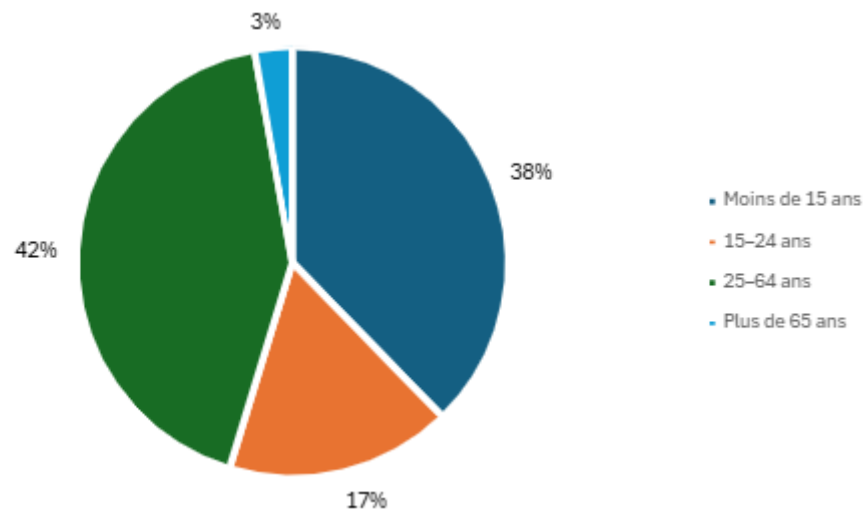


Figure 4: Répartition de la population comorienne par tranche d'âge (2023)

3.4.2.2 REPARTITION PAR ZONE (URBAINE ET RURALE)

La répartition de la population par zone géographique (urbaine vs rurale) reflète des disparités importantes dans la structure d'âge. Dans les zones urbaines, la population est plus concentrée sur les jeunes adultes et les familles en raison de l'accès à des opportunités économiques, éducatives et sanitaires. Les villes comme Moroni, Mutsamudu, et Fomboni abritent une proportion plus élevée d'adultes jeunes (15-24 ans) qui recherchent principalement des opportunités d'emploi et d'éducation. En revanche, les zones rurales de Mohéli et d'Anjouan sont majoritairement peuplées de familles avec de jeunes enfants, et une proportion plus importante de personnes âgées de moins de 15 ans.

Les zones urbaines sont également plus cosmopolites, avec une mixité de groupes d'âge en raison de l'immigration inter-îles et internationale. En revanche, les zones rurales, bien que plus jeunes dans leur composition démographique, souffrent de l'exode rural, ce qui conduit à un vieillissement relatif des populations locales dans certaines régions, notamment à Mohéli.

3.4.2.3 IMPLICATIONS POUR LA PLANIFICATION (EDUCATION, EMPLOI, SANTE)

- **Éducation** : L'important pourcentage de jeunes enfants dans la population (près de 40%) implique un besoin urgent de renforcer les infrastructures éducatives. Les investissements dans l'éducation primaire et secondaire sont essentiels, en particulier pour les zones rurales, où les écoles sont souvent insuffisantes ou mal équipées. Il existe aussi un besoin croissant d'éducation technique et professionnelle pour préparer les jeunes à entrer dans le marché du travail, surtout dans les secteurs de l'agriculture, de la pêche, et des technologies numériques. Le défi est particulièrement crucial pour les jeunes des zones rurales qui ont moins d'accès aux structures éducatives modernes.
- **Emploi** : Le taux élevé de jeunes adultes (15-24 ans) combiné à un marché de l'emploi limité crée un déséquilibre entre l'offre et la demande sur le marché du travail. Cela engendre des taux de chômage relativement élevés chez les jeunes, notamment dans les zones rurales où les opportunités d'emploi sont rares. Les autorités doivent donc développer des politiques qui favorisent l'emploi des jeunes, notamment par la création d'emplois verts, les micro-entreprises et l'entrepreneuriat, en particulier dans les zones urbaines. La formation

professionnelle et l'accès à des compétences spécifiques sont des éléments essentiels pour réduire le chômage chez cette tranche d'âge.

- Santé : La population jeune et croissante impose une pression sur les systèmes de santé, en particulier sur les services maternels et infantiles. Le taux de natalité élevé nécessite des investissements dans les infrastructures sanitaires de base, y compris les centres de santé communautaires dans les zones rurales. Par ailleurs, la mortalité infantile et les maladies infectieuses représentent toujours un défi majeur. L'accès aux soins dans les zones rurales est souvent limité, et les populations urbaines bénéficient d'un meilleur accès aux soins, bien que des disparités demeurent. Les politiques de santé publique doivent donc tenir compte de la distribution démographique pour garantir un accès équitable aux soins sur l'ensemble du territoire.

En outre, avec un faible pourcentage de personnes âgées, les défis liés à la santé des seniors sont moins pressants pour l'instant, mais il est nécessaire d'anticiper la croissance future de cette tranche d'âge en mettant en place des politiques de santé publique préventives et des services adaptés aux personnes âgées.

La répartition de la population par tranche d'âge et par zone a un impact direct sur la planification et les priorités nationales des Comores. Les jeunes générations, en particulier, représentent un potentiel de développement, mais leur intégration dans le marché de l'emploi et leur accès à l'éducation et aux soins de santé sont des défis majeurs. Pour une planification efficace, il est crucial de comprendre ces dynamiques démographiques et de cibler les politiques publiques en fonction des besoins spécifiques des différentes tranches d'âge, tout en équilibrant les disparités entre les zones urbaines et rural

3.4.3 SCENARIOS DEMOGRAPHIQUES POUR 2025, 2030 ET 2050

Afin de mieux comprendre les évolutions démographiques possibles des Comores et leurs impacts sur le développement futur du pays, il est essentiel d'établir des hypothèses sur les facteurs clés qui influenceront cette dynamique. Ces hypothèses portent sur des éléments tels que le taux de croissance démographique, la fécondité, les migrations internationales, et l'urbanisation. En fonction de ces variables, plusieurs scénarios ont été élaborés pour les années à venir, notamment pour 2025, 2030, et 2050. Ces projections permettront de mieux appréhender les besoins futurs en matière de services sociaux, d'infrastructures, et de ressources énergétiques, ainsi que de préparer des politiques publiques adaptées aux défis démographiques auxquels les Comores devront faire face.

Les scénarios envisagés varient en fonction des hypothèses retenues, allant d'une croissance démographique modérée à un scénario de transition accélérée reposant sur des réformes structurelles dans les secteurs économiques et sociaux. La portée de ces scénarios s'étend sur plusieurs décennies, permettant de dessiner des trajectoires démographiques qui éclaireront les décisions à prendre pour assurer un développement équilibré et durable.

3.4.3.1 HYPOTHÈSES DES SCÉNARIOS

3.4.3.1.1 Taux de Croissance Démographique

Le taux de croissance démographique des Comores, qui est actuellement d'environ 2,6 % par an, pourrait continuer à suivre une tendance similaire dans les prochaines décennies. Toutefois, ce taux pourrait légèrement diminuer en raison des politiques de contrôle des naissances et des effets des migrations internationales.

Hypothèse : 2,5 % de taux de croissance annuel moyen pour la période 2025-2030, et 2,2 % pour 2030-2050 en raison de la stabilisation de la natalité et de l'influence des migrations.

3.4.3.1.2 Taux de Fécondité

Le taux de fécondité, qui est actuellement supérieur à 4 enfants par femme, est prévu de suivre une diminution progressive à mesure que les jeunes générations auront accès à une éducation plus complète, notamment en matière de planification familiale et de santé reproductive.

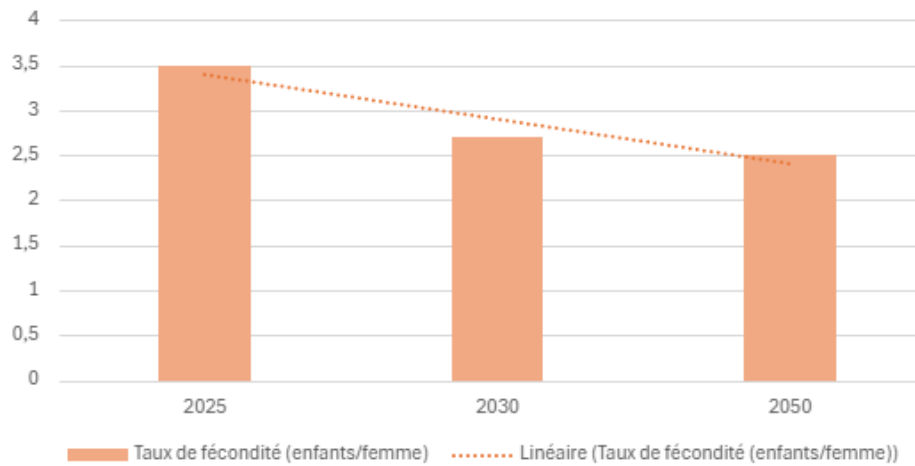


Figure 5: Taux de fécondité (enfants/femme)

Hypothèse : Le taux de fécondité pourrait diminuer à 3,5 enfants par femme d'ici 2025 et atteindre 2,7 enfants par femme en 2030, pour se stabiliser à 2,5 enfants par femme en 2050, ce qui est plus proche des standards mondiaux.

3.4.3.1.3 Migration Internationale et Exode Rural

L'émigration internationale continuera d'être un facteur majeur, en particulier vers les pays du Golfe, la France, et d'autres régions européennes. Cela pourrait alléger la pression démographique interne mais avoir un impact sur le développement économique.

Hypothèse : Le taux de migration internationale pourrait augmenter d'environ 1,5 % par an jusqu'en 2030 en raison de la recherche de meilleures opportunités économiques, avant de se stabiliser à 1 % par an dans la période 2030-2050. L'exode rural pourrait également continuer, bien que légèrement ralenti, avec une réduction des flux vers les zones urbaines.

3.4.3.1.4 Urbanisation et Croissance Urbaine

Le processus d'urbanisation va probablement se poursuivre à un rythme modéré, avec environ 50 % de la population vivant dans des zones urbaines d'ici 2025. La capacité d'accueil des villes principales (Moroni, Mutsamudu, Fomboni) continuera de croître.

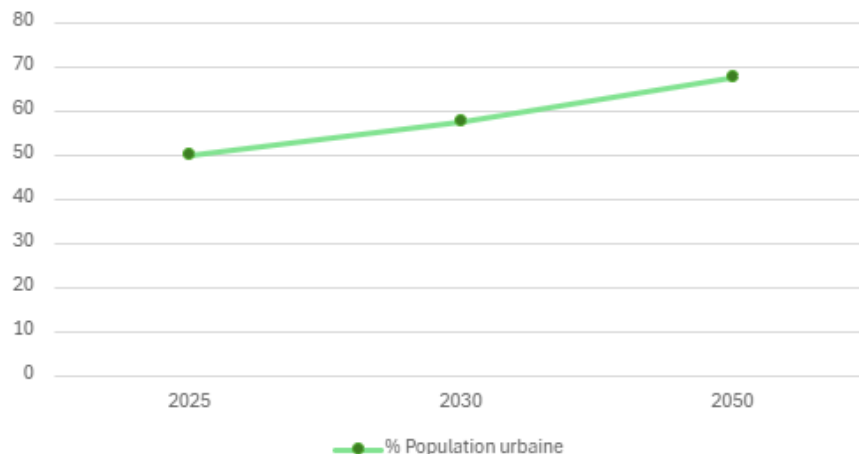


Figure 6: Croissance de l'urbanisation dans les Comores à l'horizon 2050

Hypothèse : En 2025, environ 45-50 % de la population vivra en milieu urbain, tandis que d'ici 2030, ce pourcentage pourrait atteindre 55-60 %. D'ici 2050, environ 65-70 % de la population pourrait vivre dans des zones urbaines.

3.4.3.1.5 Transition Écologique et Impact sur la Démographie

La transition énergétique, avec le passage aux énergies renouvelables et la promotion du solaire photovoltaïque, pourrait attirer des investissements et encourager un développement plus équilibré entre les zones urbaines et rurales. Cela pourrait modérer les dynamiques migratoires en offrant de meilleures opportunités dans les zones rurales.

Hypothèse : L'impact de la transition énergétique pourrait favoriser la réduction de l'exode rural, avec des flux migratoires internes plus modérés vers les grandes villes, et une croissance plus équitable des zones rurales, particulièrement dans les secteurs d'activités liées aux énergies renouvelables et aux infrastructures locales.

3.4.3.1.6 Projections par Tranche d'Âge

Les jeunes générations continueront de représenter une part importante de la population, ce qui imposera des besoins continus en termes d'éducation, de santé et d'emploi. La population de plus de 65 ans reste faible mais devrait augmenter d'ici 2050, en ligne avec l'allongement de l'espérance de vie.

Hypothèse : En 2025, environ 40 % de la population sera âgée de moins de 15 ans, et 18 % des 15-24 ans. D'ici 2050, les jeunes (moins de 15 ans) pourraient représenter environ 35 % de la population, avec une proportion plus élevée de personnes âgées de 65 ans et plus (environ 6-7 %).

3.4.3.1.7 Impact des Politiques de Santé et d'Éducation

Les politiques de santé publique et d'éducation, en particulier celles axées sur la réduction de la mortalité infantile et l'amélioration de l'accès à l'éducation, auront un impact significatif sur la structure démographique.

Hypothèse : Le taux de mortalité infantile devrait baisser de manière continue, contribuant ainsi à une augmentation de l'espérance de vie et à un renforcement de la pyramide des âges. L'amélioration des services éducatifs entraînera également une réduction des taux de fécondité dans les jeunes générations, car une meilleure éducation entraîne souvent un retard dans le mariage et la maternité.

3.4.3.1.8 Scénarios de Croissance Économique

La croissance économique des Comores, notamment dans les secteurs des énergies renouvelables, du tourisme durable, et de l'agriculture, pourrait soutenir une croissance démographique stable mais raisonnée, en apportant des investissements dans les infrastructures et une amélioration du niveau de vie.

Hypothèse : Si l'économie croît à un taux de 5-6 % par an d'ici 2030, cela pourrait atténuer certaines pressions démographiques et offrir plus de possibilités d'emploi et d'éducation, contribuant à une stabilisation de la population autour de 900 000 à 1 million d'habitants d'ici 2030 et 1,2 à 1,4 million d'habitants en 2050.

3.4.3.1.9 Portée des scénarios pour 2025, 2030 et 2050

- Scénario de Croissance Modérée

Ce scénario prévoit une croissance démographique stable avec des améliorations dans les domaines de l'éducation, de la santé et des infrastructures, mais avec des défis de migration et de gestion des ressources.

Projections : 900 000 à 1 million d'habitants d'ici 2030 et 1,2 à 1,4 million d'habitants d'ici 2050.

- Scénario de Transition Accélérée

Un scénario optimiste où les politiques publiques sont très efficaces dans la gestion de l'urbanisation, des migrations et de la transition énergétique, avec des investissements massifs dans les infrastructures.

Projections : Une population proche de 1 million d'habitants d'ici 2030, atteignant 1,3 à 1,5 million d'ici 2050.

- Scénario de Croissance Contrôlée

Ce scénario mise sur des politiques strictes de gestion de la natalité, avec un ralentissement de la croissance démographique et une stabilisation grâce aux migrations internes et à la création d'opportunités locales.

Projections : 900 000 habitants d'ici 2030, avec une croissance ralentie pour atteindre 1 million d'habitants en 2050.

3.4.3.2 SCÉNARIOS DÉMOGRAPHIQUE SUR GRANDE COMORES

3.4.3.2.1 Hypothèses spécifiques pour Grande Comore

- Taux de Croissance Démographique

Grande Comore, la plus grande île des Comores, a connu une croissance démographique soutenue au cours des dernières décennies. Cette dynamique devrait se poursuivre dans les années à venir, bien que des politiques de contrôle de la natalité et des migrations internationales puissent ralentir légèrement cette croissance.

Hypothèse : Le taux de croissance démographique annuel pour Grande Comore est estimé à 2,5 % pour la période 2025-2030, en raison de l'augmentation continue de la population et de la migration interne vers l'île. Ce taux pourrait légèrement diminuer à 2,2 % par an pour la période 2030-2050 en raison de l'amélioration de l'accès à l'éducation et à la santé.

- Taux de Fécondité

Le taux de fécondité à Grande Comore est supérieur à la moyenne nationale, avec un taux de 4,5 enfants par femme. Cependant, des politiques de sensibilisation à la planification familiale, ainsi que des changements dans les attentes sociales, pourraient entraîner une réduction progressive de ce taux.

Hypothèse : Le taux de fécondité pourrait passer de 4,5 enfants par femme en 2025 à 3,5 enfants par femme en 2030, et se stabiliser autour de 3 enfants par femme d'ici 2050.

- **Migration**

La migration interne vers Grande Comore est importante, car l'île abrite la capitale Moroni et offre un meilleur accès aux opportunités économiques, éducatives et sanitaires. Cette migration inter-îles devrait continuer, en particulier en provenance de Mohéli et Anjouan, où les opportunités économiques sont plus limitées.

Hypothèse : La migration interne vers Grande Comore pourrait augmenter de 1,5 % par an jusqu'en 2030, avec un léger ralentissement à 1 % par an d'ici 2050 en raison de la diversification économique de l'île et de l'amélioration des infrastructures dans les îles voisines.

- **Urbanisation**

Grande Comore connaît une urbanisation rapide, notamment dans la capitale Moroni, où l'accès aux services, à l'emploi et aux infrastructures est plus développé. Cette urbanisation devrait se poursuivre avec une concentration accrue de la population dans les zones urbaines de l'île.

Hypothèse : En 2025, environ 50 % de la population de Grande Comore vivra en milieu urbain, principalement à Moroni. D'ici 2030, cette proportion pourrait augmenter à 55-60 %, et atteindre environ 65-70 % en 2050, avec une forte concentration d'habitants dans les zones urbaines.

3.4.3.2.2 Projections démographiques et scénarios pour 2025, 2030 et 2050

- **Scénario de Croissance Modérée**

Ce scénario suppose une croissance démographique continue, mais avec un ralentissement progressif grâce à des politiques de contrôle des naissances et des migrations internes plus équilibrées. La migration vers les zones urbaines pourrait également ralentir avec une meilleure distribution des services et des opportunités dans les zones rurales.

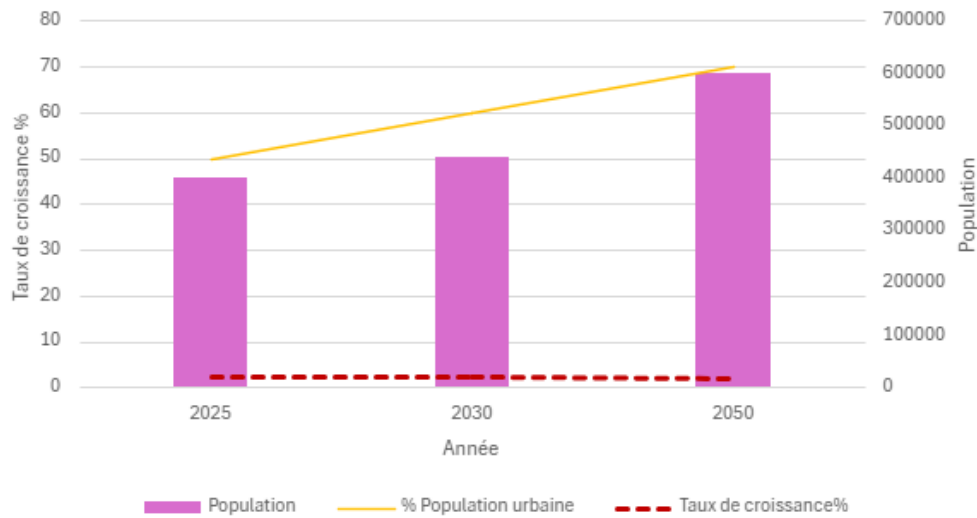


Figure 7: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de croissance modérée - Grande Comore

Hypothèses :

- Croissance démographique de 2,5 % par an de 2025 à 2030.
- Stabilité de la migration interne vers Grande Comore, avec un afflux constant mais modéré.
- Une urbanisation de plus en plus forte, atteignant 60 % de la population en milieu urbain en 2030 et 70 % en 2050.
- Projections :
- 2025 : Environ 400 000 habitants sur Grande Comore.
- 2030 : Environ 440 000 habitants.
- 2050 : Environ 600 000 habitants.
- Scénario de Transition Accélérée :

Ce scénario prévoit une amélioration significative des infrastructures et des politiques publiques, notamment dans les secteurs de l'éducation, de la santé et de l'énergie, accompagnée d'une réduction des inégalités entre les zones urbaines et rurales. Cette transition pourrait favoriser un ralentissement de la croissance démographique, notamment par une meilleure gestion de l'urbanisation et des migrations.

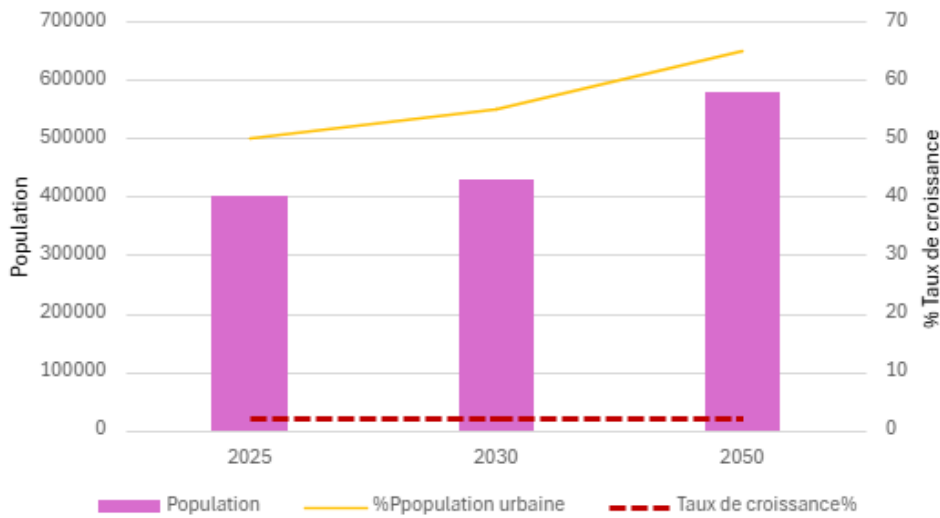


Figure 8: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de transition accélérée- Grande Comore (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique réduite à 2,2 % par an de 2025 à 2030, suivie d'une stabilisation à 2 % par an de 2030 à 2050.
- Politique active de décentralisation des services et des opportunités économiques, limitant l'exode rural vers les zones urbaines.
- La population urbaine atteindrait environ 55 % en 2030 et 65 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 400 000 habitants.
 - 2030 : Environ 430 000 habitants.
 - 2050 : Environ 580 000 habitants.
- Scénario de Croissance Contrôlée

Ce scénario repose sur une gestion stricte des naissances, des migrations internes plus contrôlées et un soutien à la croissance des zones rurales grâce à des initiatives de développement local. Le taux de fécondité pourrait se réduire de manière significative, et l'urbanisation pourrait ralentir.

Hypothèses :

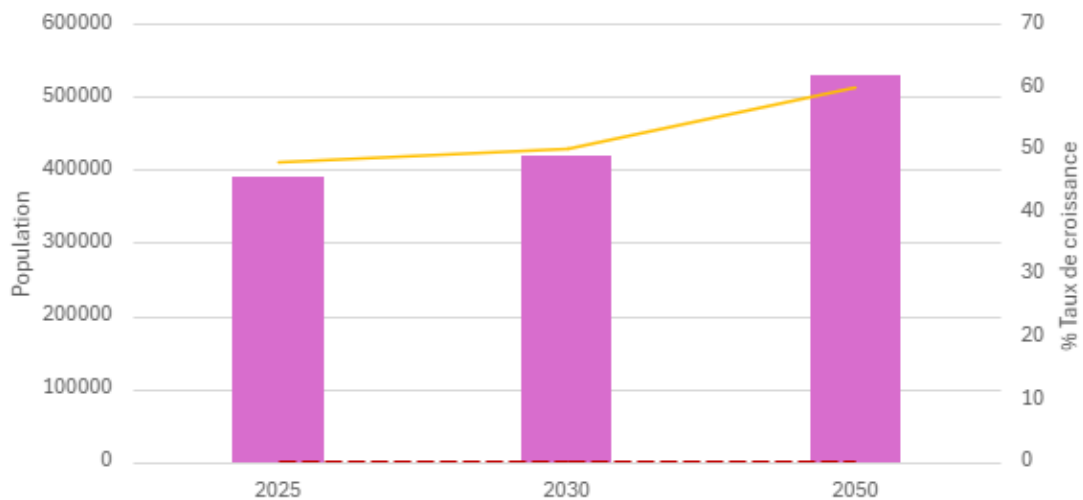


Figure 9: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de croissance contrôlée- Grande Comore (2025–2050)

- Croissance démographique réduite à 2 % par an de 2025 à 2030 et 1,8 % par an de 2030 à 2050.
- Le taux de fécondité diminuerait progressivement, avec une meilleure accessibilité à la planification familiale et une plus grande participation des femmes dans le secteur économique.
- Urbanisation modérée, avec environ 50 % de la population vivant en milieu urbain en 2030, et 60 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 390 000 habitants.
 - 2030 : Environ 420 000 habitants.
 - 2050 : Environ 530 000 habitants.
- Analyse des Scénarios pour Grande Comore

Les projections démographiques pour Grande Comore mettent en évidence des dynamiques de croissance urbaine et de fécondité qui devraient s'intensifier au fur et à mesure que l'île continue de se développer. Le scénario de croissance modérée reflète une tendance stable, avec une augmentation continue de la population et de l'urbanisation, surtout dans la capitale Moroni.

Le scénario de transition accélérée prévoit un développement plus équilibré, avec une gestion efficace des migrations internes et un contrôle de l'urbanisation grâce à des investissements dans les infrastructures et des politiques publiques ciblées. Ce scénario pourrait permettre une croissance plus contrôlée, sans pour autant freiner le développement économique de l'île.

En revanche, le scénario de croissance contrôlée présente un modèle où les politiques de régulation de la population et de décentralisation économique prennent une place prépondérante. Bien que la

croissance démographique et l'urbanisation soient plus lentes dans ce scénario, il offre une possibilité d'éviter les surcharges dans les zones urbaines et de favoriser un développement plus équitable entre les zones rurales et urbaines.

3.4.3.3 SCÉNARIOS DÉMOGRAPHIQUES SUR ANJOUAN

3.4.3.3.1 Hypothèses spécifiques pour Anjouan

- Taux de Croissance Démographique

Anjouan, bien que moins densément peuplée que Grande Comore, connaît une croissance démographique soutenue, notamment en raison de la jeunesse de sa population et de la pression migratoire venant des autres îles. Toutefois, cette croissance pourrait être modérée par la gestion des flux migratoires internes et l'amélioration des conditions de vie locales.

Hypothèse : Le taux de croissance démographique annuel pour Anjouan est estimé à 2,8 % pour la période 2025-2030, en raison de l'augmentation de la population et de la migration inter-îles, puis pourrait légèrement diminuer à 2,4 % par an pour la période 2030-2050 avec une meilleure gestion des migrations et une stabilisation démographique.

- Taux de Fécondité

Le taux de fécondité à Anjouan est élevé, similaire à celui de Grande Comore, avec un taux supérieur à 4 enfants par femme. Cependant, des changements dans les attentes sociales, ainsi qu'une amélioration de l'accès à l'éducation et aux services de santé, devraient contribuer à une réduction progressive de ce taux.

Hypothèse : Le taux de fécondité pourrait passer de 4,3 enfants par femme en 2025 à 3,6 enfants par femme en 2030, puis se stabiliser autour de 3,1 enfants par femme en 2050.

- Migration

La migration interne reste un phénomène majeur, avec de nombreux habitants d'Anjouan se dirigeant vers Grande Comore, principalement vers la capitale Moroni, en quête de meilleures opportunités économiques et sociales. Cependant, des politiques de développement local pourraient aider à réduire l'exode vers les grandes villes.

Hypothèse : La migration interne vers Anjouan pourrait augmenter de 1,2 % par an jusqu'en 2030, avant de se stabiliser à environ 1 % par an d'ici 2050, en raison des opportunités économiques croissantes sur l'île et des politiques de développement visant à limiter l'exode.

- Urbanisation

L'urbanisation d'Anjouan est moins prononcée que celle de Grande Comore, mais elle devrait se développer au fur et à mesure que les infrastructures et les services sociaux s'améliorent. Mutsamudu, la capitale de l'île, devrait continuer de croître, mais l'urbanisation restera moins concentrée qu'à Moroni.

Hypothèse : En 2025, environ 45 % de la population d'Anjouan vivra en milieu urbain. D'ici 2030, cette proportion pourrait augmenter à 50-55 %, et atteindre environ 60 % en 2050, avec une croissance concentrée dans la ville de Mutsamudu et ses environs.

3.4.3.3.2 Projections démographiques et scénarios pour 2025, 2030 et 2050

- Scénario de Croissance Modérée

Ce scénario suppose une croissance démographique continue, mais avec une réduction progressive de la pression migratoire interne grâce à des politiques visant à renforcer l'autonomie économique d'Anjouan. La croissance urbaine sera plus modérée, avec une concentration de la population à Mutsamudu et dans ses zones périphériques.

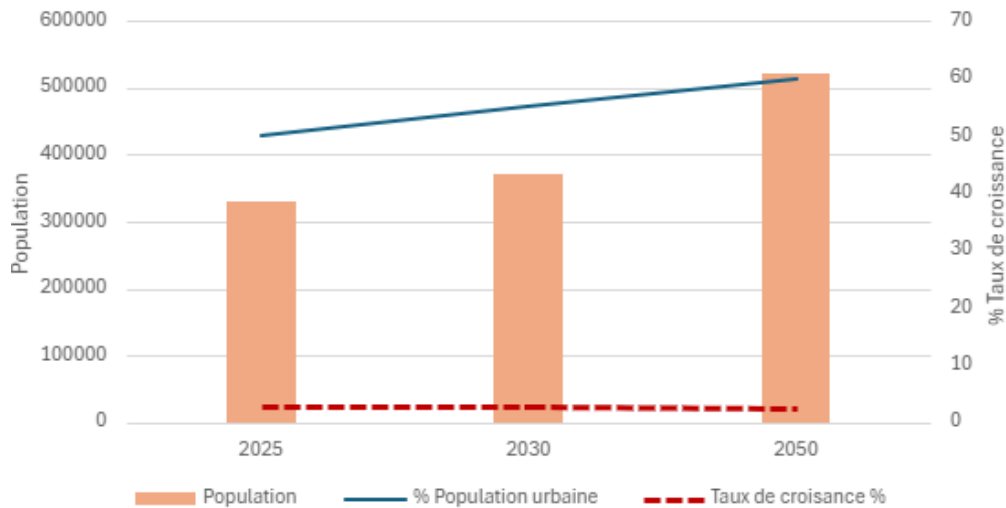


Figure 10: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de croissance modérée - Anjouan (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique de 2,8 % par an de 2025 à 2030.
- Migration interne modérée vers Anjouan, avec un afflux continu mais limité.
- Une urbanisation croissante, atteignant environ 55 % de la population en milieu urbain en 2030, et 60 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 330 000 habitants à Anjouan.
 - 2030 : Environ 370 000 habitants.
 - 2050 : Environ 520 000 habitants.
- Scénario de Transition Accélérée

Ce scénario envisage une réduction plus rapide de la croissance démographique grâce à des investissements importants dans l'éducation, la santé, et les infrastructures économiques. En parallèle, des politiques locales ciblées pourraient ralentir l'exode rural vers Grande Comore, avec des améliorations notables des conditions de vie à Anjouan.

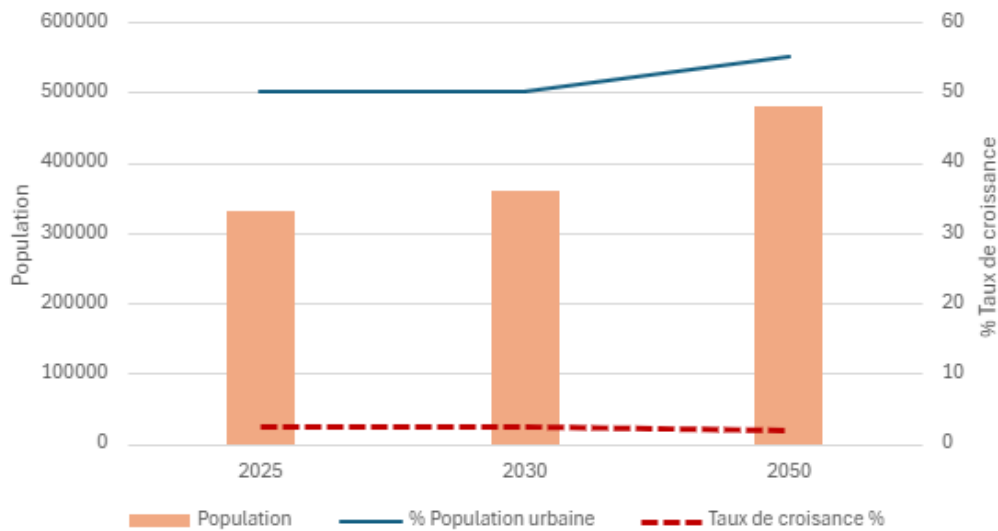


Figure 11: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de transition accélérée- Anjouan (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique réduite à 2,4 % par an de 2025 à 2030, et à 2,1 % de 2030 à 2050.
- Réduction de la migration interne vers Anjouan grâce à un meilleur développement des secteurs agricoles et énergétiques.
- L'urbanisation pourrait s'intensifier, atteignant 50 % de la population en 2030 et 55 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 330 000 habitants.
 - 2030 : Environ 360 000 habitants.
 - 2050 : Environ 480 000 habitants.
- Scénario de Croissance Contrôlée

Ce scénario repose sur une gestion stricte de la population, avec un contrôle des naissances et une décentralisation des services et des opportunités économiques vers les zones rurales. L'objectif est de limiter la croissance démographique et l'urbanisation tout en favorisant un développement équilibré des zones rurales et urbaines.

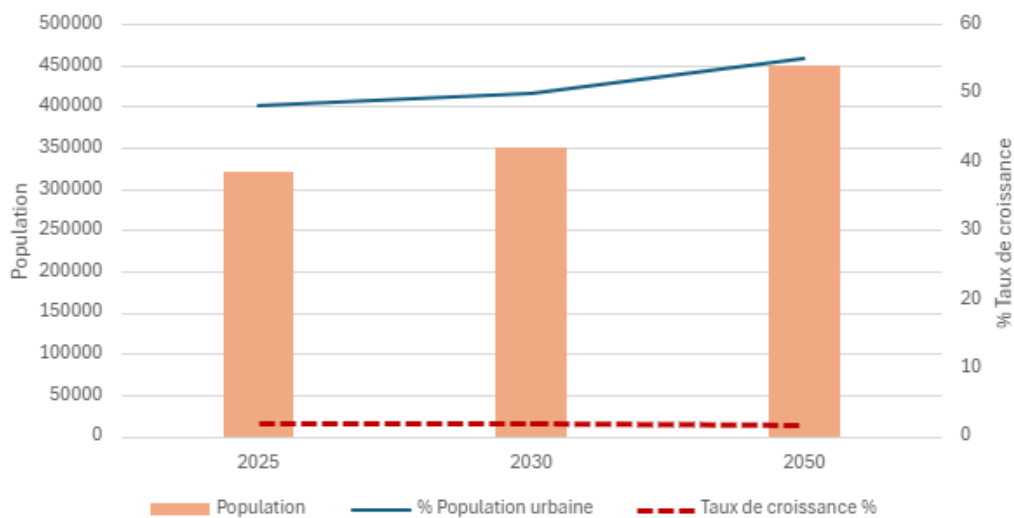


Figure 12: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de croissance contrôlée- Anjouan (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique réduite à 2 % par an de 2025 à 2030, et à 1,7 % de 2030 à 2050.
- La migration interne vers Anjouan serait davantage régulée grâce à des politiques de création d'emplois et de développement des infrastructures locales.
- Une urbanisation modérée, atteignant environ 50 % de la population en 2030 et 55 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 320 000 habitants.
 - 2030 : Environ 350 000 habitants.
 - 2050 : Environ 450 000 habitants.
- Analyse des Scénarios pour Anjouan

Les projections démographiques pour Anjouan montrent une dynamique de croissance relativement forte, mais potentiellement plus contrôlable que celle de Grande Comore, grâce à des politiques de développement local. Le scénario de croissance modérée prévoit une augmentation continue de la population, avec une urbanisation progressive, mais à un rythme relativement plus lent par rapport à Grande Comore.

Le scénario de transition accélérée met l'accent sur des politiques d'éducation, de santé, et de développement économique qui pourraient améliorer la qualité de vie et limiter l'exode vers Grande Comore. Cela permettrait de mieux gérer l'urbanisation, tout en facilitant un développement plus équilibré entre les zones rurales et urbaines.

Enfin, le scénario de croissance contrôlée propose une approche plus conservatrice, avec une gestion stricte des migrations internes et une attention particulière à la régulation de la croissance démographique. Ce scénario pourrait favoriser une croissance démographique plus stable, mais avec un potentiel de développement plus limité dans les zones urbaines.

3.4.3.4 SCÉNARIOS DÉMOGRAPHIQUES SUR MOHÉLI

3.4.3.4.1 Hypothèses spécifiques pour Mohéli

- Taux de Croissance Démographique

L'île de Mohéli est la plus petite des trois îles, avec une population nettement moins nombreuse que Grande Comore et Anjouan. Toutefois, elle connaît une croissance démographique régulière, bien que plus modérée en raison de son développement économique plus limité et de son exode vers les îles voisines.

Hypothèse : Le taux de croissance démographique annuel pour Mohéli est estimé à 2,3 % pour la période 2025-2030. Ce taux pourrait légèrement diminuer à 2 % par an de 2030 à 2050, avec une gestion plus active de la population et des opportunités économiques qui se diversifient sur l'île.

- Taux de Fécondité

Le taux de fécondité à Mohéli est légèrement plus élevé que sur les autres îles en raison des conditions socio-économiques locales et du faible accès aux services de planification familiale. Cependant, une réduction progressive de la fécondité pourrait être anticipée avec une amélioration de l'éducation et de l'accès aux services de santé.

Hypothèse : Le taux de fécondité pourrait passer de 4,7 enfants par femme en 2025 à 4 enfants par femme en 2030, et se stabiliser autour de 3,5 enfants par femme en 2050, grâce à l'amélioration des infrastructures de santé et des politiques de sensibilisation à la planification familiale.

- Migration

La migration inter-îles est un phénomène important à Mohéli, avec un grand nombre de ses habitants migrant vers Grande Comore et Anjouan à la recherche de meilleures opportunités économiques et sociales. Cependant, des politiques de développement local pourraient ralentir ce phénomène, en renforçant l'attractivité de l'île.

Hypothèse : La migration interne vers Mohéli pourrait augmenter de 1,5 % par an jusqu'en 2030, avant de se stabiliser à 1 % par an d'ici 2050, à mesure que des opportunités économiques se développeront sur l'île, réduisant l'exode.

- Urbanisation

L'urbanisation sur Mohéli est actuellement plus faible que sur Grande Comore et Anjouan, avec une population essentiellement rurale. Cependant, des projets d'infrastructures et de développement économique devraient favoriser un léger mouvement vers les zones urbaines, notamment autour de la ville de Fomboni, la capitale de l'île.

Hypothèse : En 2025, environ 40 % de la population de Mohéli vivra en milieu urbain. Cette proportion pourrait augmenter à 45 % en 2030 et atteindre 50 % en 2050, principalement dans la ville de Fomboni et ses environs.

3.4.3.4.2 Projections démographiques et scénarios pour 2025, 2030 et 2050

- Scénario de Croissance Modérée

Ce scénario suppose une croissance démographique régulière mais relativement modérée, avec des migrations internes vers Mohéli en légère augmentation et un développement progressif des infrastructures locales. L'urbanisation restera limitée à quelques zones autour de Fomboni

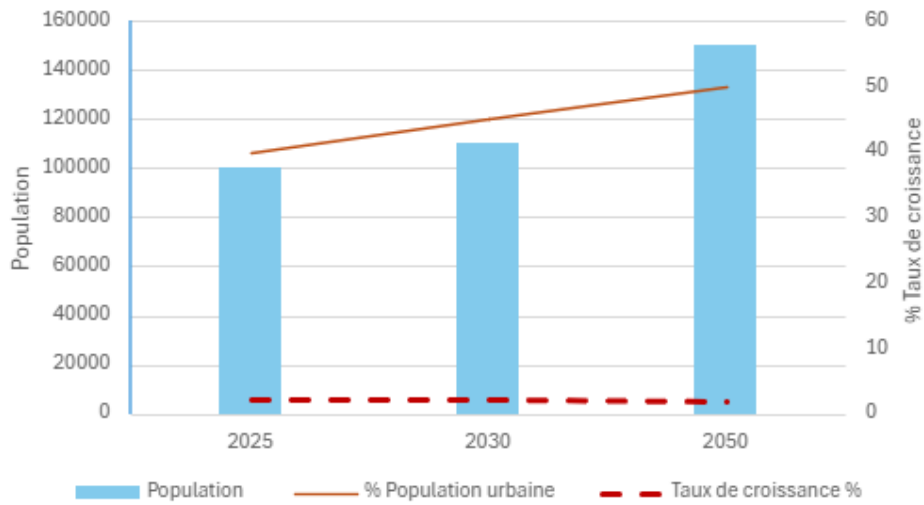


Figure 13: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de croissance modérée - Mohéli (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique de 2,3 % par an de 2025 à 2030.
- Migration interne modérée vers Mohéli, avec un afflux constant mais modéré.
- Une urbanisation modérée, atteignant environ 45 % de la population en milieu urbain en 2030 et 50 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 100 000 habitants à Mohéli.
 - 2030 : Environ 110 000 habitants.
 - 2050 : Environ 150 000 habitants.
- Scénario de Transition Accélérée

Ce scénario prévoit une meilleure gestion de la croissance démographique grâce à un soutien accru aux politiques de santé publique et de planification familiale, ainsi qu'un développement plus rapide des infrastructures locales, notamment en matière d'énergie et de transport. Une plus grande diversification des secteurs économiques pourrait également attirer de nouveaux habitants.

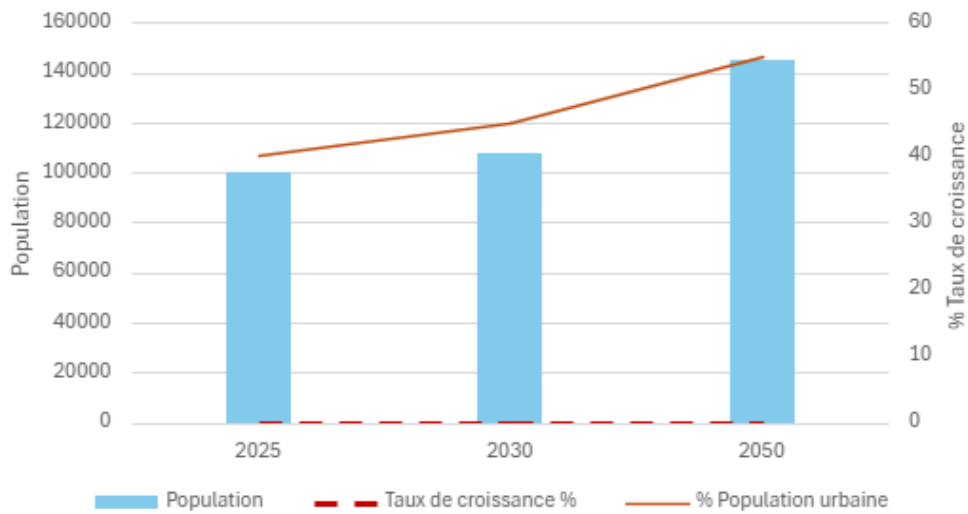


Figure 14: Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de transition accélérée- Mohéli (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique réduite à 2 % par an de 2025 à 2030, suivie d'une stabilisation à 1,8 % par an de 2030 à 2050.
- Migration interne réduite, avec un renforcement des opportunités économiques locales.
- L'urbanisation pourrait augmenter plus rapidement, atteignant environ 45 % de la population en 2030 et 55 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 100 000 habitants.
 - 2030 : Environ 108 000 habitants.
 - 2050 : Environ 145 000 habitants.
- Scénario de Croissance Contrôlée

Ce scénario repose sur une gestion plus stricte de la population et une décentralisation des services économiques et sociaux, permettant de contrôler la croissance démographique tout en améliorant les conditions de vie à Mohéli. La réduction de l'exode et un meilleur contrôle des migrations internes pourraient limiter la pression sur les zones urbaines.

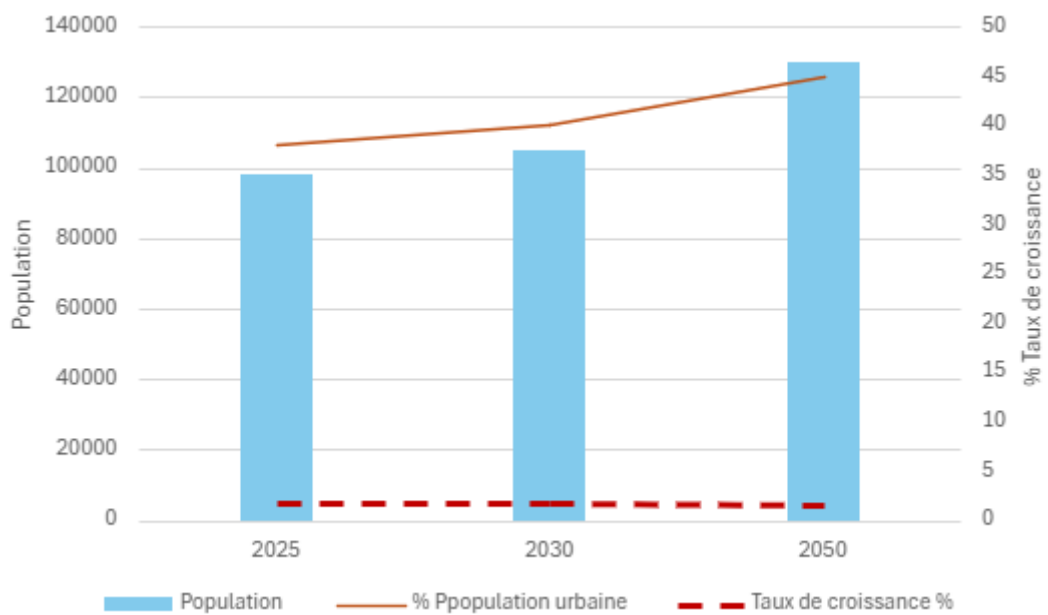


Figure 15:Projection de la population, de l'urbanisation et de la croissance – Scénario de croissance contrôlée- Mohéli (2025–2050)

Hypothèses :

- Croissance démographique réduite à 1,8 % par an de 2025 à 2030 et 1,5 % de 2030 à 2050.
- La migration interne serait davantage régulée grâce à une plus grande autonomie économique de l'île et à des opportunités locales.
- L'urbanisation resterait modérée, atteignant environ 40 % de la population en milieu urbain en 2030 et 45 % en 2050.
- Projections :
 - 2025 : Environ 98 000 habitants.
 - 2030 : Environ 105 000 habitants.
 - 2050 : Environ 130 000 habitants.

3.4.3.4.3 Analyse des Scénarios pour Mohéli

Les projections démographiques pour Mohéli montrent des dynamiques similaires à celles de Anjouan, avec une croissance modérée mais constante de la population. Le scénario de croissance modérée prévoit une augmentation régulière de la population, principalement grâce à un faible mais stable afflux migratoire et à une urbanisation lente mais continue autour de Fomboni.

Le scénario de transition accélérée anticipe une réduction des taux de fécondité et de migration vers Mohéli grâce à un développement plus rapide des infrastructures et à une meilleure gestion des ressources locales. Ce scénario pourrait également accélérer l'urbanisation et diversifier les opportunités économiques de l'île.

Enfin, le scénario de croissance contrôlée vise une gestion stricte de la population et des migrations, en se concentrant sur le développement de l'économie locale tout en limitant la pression sur les zones urbaines. L'urbanisation serait plus lente, mais le développement des zones rurales pourrait offrir un meilleur équilibre.

3.4.3.5 CONCLUSION

Les scénarios démographiques, d'urbanisation et de migration pour les îles des Comores montrent des trajectoires distinctes, mais également des dynamiques communes, influencées par des facteurs socio-économiques, des politiques publiques et des opportunités locales.

Pour **Grande Comore**, le scénario de croissance soutenue suggère une urbanisation rapide, particulièrement autour de la capitale **Moroni**, avec des défis liés à l'infrastructure et à la gestion de l'urbanisation. Des politiques visant à réguler l'exode rural et à promouvoir les énergies renouvelables et les secteurs économiques locaux pourraient permettre une gestion plus équilibrée de la croissance démographique.

Anjouan, bien que connaissant une croissance démographique soutenue, pourrait voir une urbanisation plus modérée, concentrée autour de **Mutsamudu**. Des politiques ciblées sur le développement local, notamment dans les secteurs agricoles et énergétiques, pourraient ralentir l'exode et stabiliser la population, tout en contribuant à une gestion plus équitable des ressources et des infrastructures.

Enfin, **Mohéli**, la plus petite des îles, connaît une dynamique plus modérée. Toutefois, l'île présente un potentiel important pour une croissance démographique contrôlée et une urbanisation plus faible, si des stratégies de développement rural et d'autonomisation des zones périphériques sont mises en place. L'amélioration des infrastructures et des services sociaux pourrait également réduire les migrations internes et favoriser un développement plus équilibré.

En somme, bien que chaque île ait des défis démographiques et d'urbanisation uniques, les scénarios proposés mettent en lumière l'importance d'une gestion proactive et ciblée des ressources humaines et des infrastructures. Des politiques de développement durable, de diversification économique et de gestion des migrations seront essentielles pour garantir un avenir prospère et équilibré pour l'archipel des Comores. Ces stratégies permettront de maximiser les opportunités offertes par la croissance démographique tout en minimisant les risques liés à l'urbanisation incontrôlée et à la pression sur les ressources locales.

3.5 ÉVOLUTION ÉCONOMIQUE : ÉTAT ACTUEL ET SCENARIOS FUTURS

L'évolution économique des Comores est marquée par des défis structurels importants et des opportunités de croissance à long terme. Cette section explore l'état actuel de l'économie comorienne, en analysant les principaux indicateurs économiques, les secteurs clés, ainsi que les inégalités sociales et régionales. À partir de cette base, nous proposons plusieurs scénarios économiques pour les années à venir, en prenant en compte les dynamiques démographiques, les investissements nécessaires et les réformes structurelles à mettre en place. Ces scénarios permettront de visualiser les trajectoires possibles pour l'économie des Comores, tout en identifiant les leviers d'action à privilégier pour assurer un développement durable, inclusif et résilient dans les décennies à venir.

3.5.1 PERFORMANCE ÉCONOMIQUE ACTUELLE DES COMORES

3.5.1.1 INDICATEURS ÉCONOMIQUES ACTUELS

3.5.1.1.1 Produit Intérieur Brut (PIB) total

En 2023, le Produit Intérieur Brut (PIB) des Comores a été estimé à 750 millions de dollars américains, selon les données du Fonds Monétaire International (FMI). Cette estimation représente la valeur totale des biens et services produits dans l'archipel. Par rapport à la moyenne des pays de la région

Afrique subsaharienne, ce PIB reste modeste, plaçant les Comores parmi les économies les plus petites en termes de taille économique.

Le secteur agricole reste un pilier majeur de l'économie, représentant environ 25 % du PIB, avec des produits de niche tels que la vanille, l'ylang-ylang et le clou de girofle qui constituent les principaux produits d'exportation. Toutefois, la faible capacité de transformation locale et la dépendance aux fluctuations des prix mondiaux de ces produits créent une instabilité qui limite le potentiel de croissance économique.

Les secteurs des services représentent environ 60 % du PIB, dominés par le commerce, le tourisme (qui reste modeste), les transports et les services financiers. La concentration des activités économiques autour de la capitale Moroni et quelques autres centres urbains contribue à un déséquilibre entre les différentes îles.

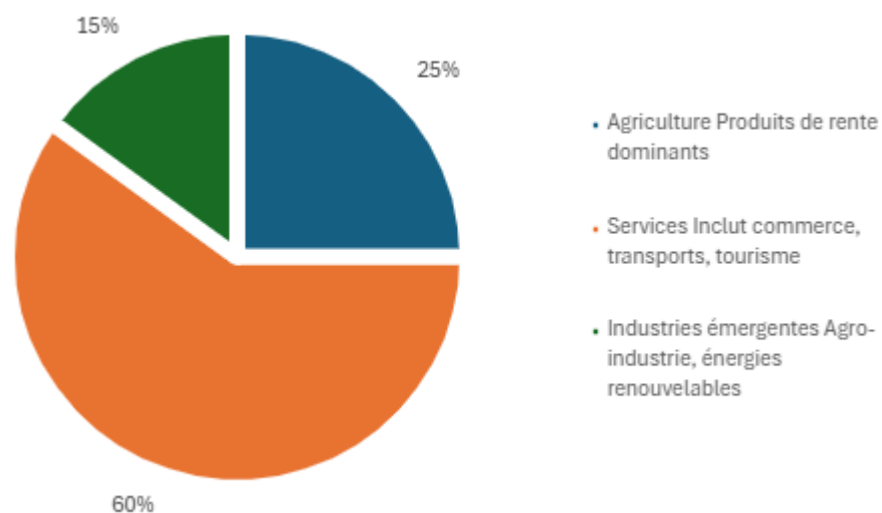


Figure 16: Répartition Sectorielle Estimée Du PIB (2023)

3.5.1.1.2 PIB par habitant

Le PIB par habitant des Comores en 2023 est estimé à 1 050 dollars américains. Bien qu'il ait connu une légère augmentation ces dernières années, il reste bien en dessous de celui de nombreux pays voisins, et place les Comores dans la catégorie des pays à revenu faible. Ce chiffre reflète un niveau de vie relativement bas, où une grande partie de la population se trouve confrontée à des difficultés d'accès à des services essentiels comme l'éducation, la santé et l'assainissement.

L'écart de richesse entre zones urbaines et rurales est marqué, avec un accès limité aux services de base dans les zones rurales, où l'économie repose encore largement sur l'agriculture de subsistance. En outre, le faible revenu moyen indique que la majorité de la population comorienne vit en deçà du seuil de pauvreté, avec des répercussions sur l'accès à une alimentation de qualité et à une éducation adéquate.

3.5.1.1.3 Taux de Croissance du PIB

Le taux de croissance économique des Comores en 2023 a été estimé à environ 3,5 %, un chiffre relativement modéré. Cette croissance est soutenue par une reprise après les effets dévastateurs de la pandémie de COVID-19, ainsi que par les investissements dans les infrastructures (notamment dans le secteur énergétique et des transports), et une augmentation des exportations agricoles.

Cependant, cette croissance reste vulnérable aux aléas externes, notamment les fluctuations des prix des produits de base, les chocs climatiques (qui affectent directement la production agricole) et l'instabilité politique régionale.

Bien que le taux de croissance soit relativement positif par rapport à d'autres pays de la région, il reste insuffisant pour résoudre les problèmes structurels du pays, tels que la pauvreté et le chômage élevé. Par conséquent, la croissance économique des Comores doit se diversifier davantage pour être durable et inclusive.

3.5.1.1.4 Inflation

Le taux d'inflation aux Comores, estimé à 5,8 % en 2023, représente un défi important pour l'économie. Cette inflation est principalement alimentée par l'augmentation des prix des produits importés, notamment les produits pétroliers et alimentaires. Le pays est en grande partie dépendant des importations en raison de la faible production industrielle locale, et la volatilité des prix mondiaux affecte directement le coût de la vie pour la population.

Les produits alimentaires, notamment le riz, le sucre et l'huile, ont enregistré des hausses de prix importantes, ce qui a un impact direct sur les ménages, en particulier dans les zones rurales où les revenus sont faibles. L'inflation représente également un défi pour les autorités économiques, car elle réduit le pouvoir d'achat des citoyens et complique la gestion des politiques monétaires.

3.5.1.1.5 Taux de chômage

Le taux de chômage dans l'archipel est estimé à 14,5 % en 2023. Ce chiffre reste élevé, en particulier parmi les jeunes et les femmes, qui sont confrontés à des obstacles spécifiques pour accéder à un emploi formel. La croissance démographique rapide, combinée à une création d'emplois insuffisante, entraîne une pression constante sur le marché du travail. Le chômage est également exacerbé par le manque d'une économie diversifiée et la domination du secteur informel, où les conditions de travail sont souvent précaires et sans protection sociale.

Les migrations internes et les départs vers l'étranger, notamment vers Mayotte et les Émirats Arabes Unis, sont des stratégies d'adaptation pour les jeunes Comoriens. Cependant, cette émigration, bien que réduisant temporairement la pression sur le marché de l'emploi, ne résout pas les défis structurels liés au chômage local.

3.5.1.1.6 Balance commerciale et exportations

Les Comores enregistrent un déficit commercial structurel important. En 2023, les exportations se sont élevées à environ 150 millions de dollars, tandis que les importations atteignaient environ 300 millions de dollars, faisant des Comores un pays avec une balance commerciale déficitaire. Ce déficit est alimenté par la dépendance du pays aux produits pétroliers, aux produits alimentaires de base (riz, sucre, etc.), et aux biens d'équipement.

Les exportations des Comores sont dominées par des produits agricoles de niche, tels que la vanille, l'ylang-ylang, et les clous de girofle. Bien que ces produits représentent des recettes en devises étrangères, ils sont vulnérables aux fluctuations des prix mondiaux et à des facteurs climatiques défavorables. Il existe un potentiel important pour diversifier les exportations, mais cela nécessite des investissements dans la transformation locale et l'amélioration de la compétitivité des produits.

3.5.1.1.7 Dette publique et soutiens internationaux

La dette publique des Comores est estimée à environ 30 % du PIB en 2023, un niveau relativement modéré comparé à d'autres pays de la région. Toutefois, la capacité de gestion de la dette reste limitée par les faibles recettes fiscales et l'infrastructure insuffisante pour stimuler une croissance interne

durable. Le pays bénéficie de financements extérieurs sous forme de prêts concessionnels et d'aides au développement, principalement de la part des Nations Unies, de l'Union Européenne, et de la Banque Mondiale.

Les soutiens financiers internationaux jouent un rôle crucial dans le financement des projets d'infrastructure (notamment dans le secteur énergétique et les transports) et des programmes de réduction de la pauvreté. Cependant, la gestion prudente de la dette est essentielle pour éviter une crise de solvabilité à long terme.

3.5.1.1.8 Conclusion

Les indicateurs économiques des Comores révèlent une économie en croissance modérée, mais confrontée à des défis structurels. Les principaux défis incluent la dépendance aux importations, l'inflation élevée, le chômage et un décalage régional marqué dans l'accès aux ressources et aux services. Cependant, avec des politiques économiques ciblées, telles que la diversification des secteurs économiques, le renforcement de l'infrastructure énergétique et l'amélioration de l'éducation et de la formation professionnelle, les Comores pourraient connaître une croissance plus inclusive et durable à long terme.

3.5.1.2 LES SECTEURS ECONOMIQUES CLES AUX COMORES

3.5.1.2.1 Répartition des secteurs clés de l'économie (agriculture, services, industries émergentes)

Les Comores présentent une économie encore largement dominée par des secteurs traditionnels, avec une forte dépendance à l'agriculture, une croissance modérée des services et une industrie émergente en phase de développement. Cette section se penche sur les principaux secteurs économiques du pays : l'agriculture, les services, et l'industrie, en détaillant leur contribution à l'économie, leur évolution et les défis auxquels ils sont confrontés.

- L'Agriculture

L'agriculture est le principal secteur économique des Comores, représentant environ 25 % du PIB et absorbant une grande partie de la population active, notamment en milieu rural. Ce secteur repose essentiellement sur des produits agricoles de rente destinés à l'exportation. Les produits de niche comme la vanille, l'ylang-ylang et les clous de girofle sont les principales exportations agricoles. Ces produits représentent non seulement une source majeure de devises étrangères, mais également des emplois dans les secteurs agricoles et d'exportation.

- Vanille : La vanille est l'un des produits les plus emblématiques des Comores. Le pays est l'un des principaux producteurs mondiaux de vanille de haute qualité, bien que la production soit souvent vulnérable aux intempéries et à la volatilité des prix mondiaux.
- Ylang-ylang : Utilisé principalement dans l'industrie cosmétique, l'ylang-ylang représente une part significative des recettes d'exportation. Toutefois, la concurrence accrue sur le marché mondial et les défis liés au maintien des standards de qualité affectent la rentabilité du secteur.
- Clou de girofle : Produit également en grandes quantités, le clou de girofle constitue un autre pilier de l'agriculture comorienne, bien qu'il soit aussi influencé par les conditions climatiques et la demande internationale.

Malgré ces produits phares, l'agriculture comorienne fait face à plusieurs défis structurels, dont une productivité faible, des pratiques agricoles archaïques, et un accès limité à la finance agricole et aux technologies modernes. Le pays souffre également d'une érosion des sols et de l'insuffisance des infrastructures pour le stockage, la transformation et le transport des produits agricoles.

- Les Services

Le secteur des services constitue le principal moteur de la croissance économique récente des Comores, représentant environ 60 % du PIB. Il comprend principalement les services financiers, le commerce, le tourisme, et les transports. La capitalisation sur les services a été renforcée par l'urbanisation croissante, particulièrement à Moroni (la capitale), où les activités commerciales et financières sont en pleine expansion.

- Commerce : Le commerce, tant interne qu'externe, constitue une part importante des services. Les Comores disposent de quelques marchés florissants et d'un secteur commercial en pleine expansion, notamment à travers les petits commerces de détail et les services d'importation/exportation, principalement dans les produits alimentaires et les biens de consommation.
- Tourisme : Le tourisme aux Comores reste relativement sous-développé par rapport aux autres îles de l'océan Indien. Toutefois, avec des plages paradisiaques, des sites naturels et un patrimoine culturel riche, les Comores ont un potentiel considérable pour développer ce secteur. En 2023, le nombre de touristes est estimé à environ 50 000 visiteurs annuellement, une croissance lente mais régulière. Le secteur pourrait se développer davantage avec des investissements dans les infrastructures touristiques, notamment l'amélioration de l'hôtellerie, des transports aériens et l'accessibilité.
- Transports : Le secteur des transports, bien que modeste, joue un rôle crucial dans l'économie. L'archipel est composé de plusieurs îles, ce qui nécessite un réseau de transport maritime et aérien efficace. Cependant, les infrastructures portuaires et aéroportuaires sont souvent obsolètes, et des investissements sont nécessaires pour soutenir le commerce extérieur et le tourisme.

Malgré ces développements, le secteur des services fait face à des défis liés à l'insuffisance des infrastructures de base et à l'accès limité aux technologies nécessaires à la croissance de secteurs comme le tourisme et les services financiers.

- Industries émergentes

Le secteur industriel reste relativement sous-développé, représentant environ 5 à 10 % du PIB des Comores, mais il commence à se diversifier grâce à des efforts récents dans les domaines de la transformation locale et de l'exploitation des ressources naturelles.

- Industrie de la transformation : Le secteur industriel, dans son ensemble, demeure modeste, mais des initiatives sont en cours pour développer des industries de transformation de produits agricoles, telles que la transformation de la vanille et de l'ylang-ylang. Cependant, le pays manque encore d'infrastructures adéquates pour encourager l'industrialisation à grande échelle.
- Énergies renouvelables : Une autre industrie émergente est celle des énergies renouvelables, avec un focus particulier sur l'énergie solaire photovoltaïque. Le gouvernement des Comores, avec l'appui d'organismes internationaux, a commencé à promouvoir les énergies renouvelables comme solution pour la sécurisation énergétique et la réduction des coûts d'électricité. Le potentiel solaire est élevé, mais des investissements en infrastructures et en formation de la main-d'œuvre sont nécessaires pour maximiser ce potentiel.
- Pêche : Le secteur de la pêche représente une ressource importante pour les Comores, bien qu'il soit encore sous-exploité. La mise en place de mécanismes de gestion durable et

l'amélioration des capacités de transformation peuvent contribuer à la croissance de ce secteur.

- Industrie extractive : Bien que les Comores ne possèdent pas de grandes ressources minérales, des efforts sont en cours pour exploiter de petites réserves de pétrole et de gaz. Cependant, ce secteur reste encore embryonnaire et sous-développé.

3.5.1.2.2 Conclusion

Les secteurs économiques clés des Comores illustrent la dépendance historique du pays à l'agriculture, qui continue de jouer un rôle central dans l'économie, mais aussi les efforts croissants dans le secteur des services et la naissance d'industries émergentes. Bien que le pays affiche une certaine diversification, l'économie comorienne reste vulnérable à des chocs externes, tels que la volatilité des prix des produits agricoles et des ressources énergétiques.

Afin de garantir une croissance durable et inclusive, les Comores devront diversifier davantage leur économie en stimulant l'industrialisation locale, en modernisant l'agriculture et en développant le secteur des services à travers l'amélioration des infrastructures et l'intégration des nouvelles technologies. De plus, le développement des énergies renouvelables pourrait non seulement améliorer l'autosuffisance énergétique du pays, mais aussi ouvrir de nouvelles perspectives économiques.

3.5.2 INÉGALITÉS RÉGIONALES ET SOCIALES

3.5.2.1 COMPARAISON DU REVENU MOYEN PAR ÎLE ET PAR ZONE (URBAIN ET RURAL)

3.5.2.1.1 Analyse des disparités économiques entre différents groupes sociaux

Les inégalités régionales et sociales aux Comores sont un problème majeur qui entrave le développement économique et social du pays. Ces inégalités sont manifestes dans la répartition du revenu moyen, les disparités économiques entre les zones urbaines et rurales, ainsi que parmi différents groupes sociaux, ce qui a un impact direct sur l'accès aux services de base tels que l'éducation, la santé et l'emploi. Cette section examine les différences de revenu moyen par île et par zone, ainsi que les disparités économiques entre groupes sociaux spécifiques.

3.5.2.1.2 Comparaison du Revenu Moyen par Île et par Zone (Urbain et Rural)

Le revenu moyen des Comores varie considérablement en fonction de l'île et de la localisation (urbaine ou rurale). En général, les zones urbaines bénéficient d'un niveau de vie plus élevé et d'une meilleure accessibilité aux services que les zones rurales, bien que des inégalités importantes existent même au sein des villes.

3.5.2.1.3 Grande Comore (Ngazidja)

La capitale Moroni, située sur la Grande Comore, concentre la majorité des activités économiques du pays. En conséquence, les habitants de la capitale ont un revenu moyen plus élevé que ceux des autres îles. En 2023, le revenu moyen par habitant à Moroni était estimé à environ 1 400 USD, contre environ 1 000 USD pour les zones rurales de l'île. Cette disparité est principalement due à une concentration plus forte des activités commerciales, des services financiers et de l'administration publique à Moroni. Cependant, les zones rurales de la Grande Comore souffrent d'une dépendance à l'agriculture de subsistance, avec des revenus bien plus bas et un accès limité aux infrastructures modernes.

3.5.2.1.4 Anjouan (Ndzouani)

Les disparités entre zones urbaines et rurales sont également marquées à Anjouan, où la ville de Mutsamudu est le principal centre économique. Le revenu moyen à Mutsamudu est d'environ 1 200 USD par an, tandis que dans les zones rurales, il tombe à environ 800 USD. La croissance économique

d'Anjouan est fortement dépendante des produits agricoles (vanille, girofle) et de l'exportation de matières premières. Toutefois, l'insuffisance d'infrastructures dans les zones rurales et la mauvaise qualité des routes limitent l'accès des habitants aux opportunités économiques.

3.5.2.1.5 Mohéli (Mwali)

Mohéli est l'île la moins développée économiquement. En raison de la faible industrialisation et de l'absence d'une infrastructure de base moderne, le revenu moyen à Fomboni, la capitale de Mohéli, est estimé à environ 900 USD par an, tandis que dans les zones rurales, il peut chuter en dessous de 600 USD. La majorité des habitants vivent de l'agriculture de subsistance et de la pêche, sans accès direct aux marchés internationaux ni à des services financiers formels.

Les zones rurales de chaque île présentent des caractéristiques économiques similaires, caractérisées par une faible diversification des revenus, une dépendance à l'agriculture de subsistance et un manque de services de base comme l'éducation, la santé et l'accès à l'énergie. Le fossé urbain-rural est donc particulièrement marqué dans l'archipel, renforçant les inégalités sociales et économiques.

3.5.2.2 ANALYSE DES DISPARITÉS ÉCONOMIQUES ENTRE DIFFÉRENTS GROUPES SOCIAUX

Les inégalités économiques aux Comores ne se limitent pas à la répartition géographique du revenu, mais se manifestent également au sein de groupes sociaux spécifiques. Ces disparités sont souvent liées au sexe, à l'âge, et au niveau d'éducation. Une analyse détaillée des inégalités sociales met en lumière les principaux facteurs contribuant à ces écarts.

3.5.2.2.1 Inégalités entre les Hommes et les Femmes

Les femmes aux Comores, en particulier dans les zones rurales, font face à des obstacles significatifs pour accéder à des opportunités économiques. Elles ont un revenu moyen inférieur à celui des hommes, avec une moyenne annuelle estimée à 30 % de moins que les hommes dans les zones rurales. La discrimination sur le marché du travail et la prédominance des emplois informels dans les secteurs agricoles et commerciaux expliquent cette différence. De plus, les femmes ont un accès limité aux crédits agricoles et à l'éducation technique, ce qui restreint leur capacité à entreprendre ou à accéder à des emplois mieux rémunérés.

3.5.2.2.2 Inégalités entre les Jeunes et les Adultes

Les jeunes aux Comores représentent une proportion importante de la population active, mais ils rencontrent des difficultés majeures pour s'insérer sur le marché du travail. Le chômage des jeunes est estimé à 30 %, un taux particulièrement élevé dans les zones rurales. Les jeunes Comoriens manquent souvent de compétences spécialisées, d'accès à des formations professionnelles et de mobilité géographique pour accéder à des emplois dans les secteurs urbains. Ce phénomène est accentué par la croissance démographique rapide et l'absence de politique de soutien à l'emploi des jeunes.

3.5.2.2.3 Inégalités en Fonction du Niveau d'Éducation

Les disparités d'accès à l'éducation entre les zones urbaines et rurales contribuent largement aux inégalités économiques. À Moroni, les écoles et universités offrent un niveau d'éducation supérieur, mais dans les zones rurales, l'accès à l'éducation reste limité. Les adultes non instruits ou peu qualifiés se retrouvent dans des emplois de faible productivité dans l'agriculture ou le secteur informel, ce qui exacerbe les inégalités. Le taux d'alphabétisation aux Comores est estimé à environ 75 %, mais il est beaucoup plus faible dans les zones rurales et chez les femmes.

3.5.2.2.4 Inégalités liées aux Groupes Sociaux et Ethniques

Bien que les Comores ne soient pas un pays marqué par des divisions ethniques fortes, les différences socio-économiques existent entre les îles. Par exemple, les habitants de la Grande Comore bénéficient généralement d'une meilleure accessibilité aux opportunités économiques par rapport aux autres îles, en raison de la concentration des activités économiques à Moroni et des infrastructures mieux développées.

Les groupes sociaux vivant dans des zones éloignées ou enclavées sur les îles comme Mohéli et certaines parties de Grande Comore font face à une marginalisation économique en raison de leur accès limité à l'éducation, à des services de santé adéquats et à des infrastructures de transport modernes.

3.5.2.3 CONCLUSION

Les inégalités régionales et sociales aux Comores sont considérables, avec des disparités marquées entre les zones urbaines et rurales, ainsi qu'entre les différents groupes sociaux. Les principales sources de ces inégalités sont la concentration des activités économiques dans quelques zones urbaines (notamment Moroni), la discrimination entre hommes et femmes, les difficultés d'accès à l'éducation et la marge étroite d'opportunités pour les jeunes et les adultes non qualifiés.

Afin de réduire ces inégalités, il est impératif de renforcer l'accès à l'éducation pour tous, d'investir dans le développement des infrastructures rurales, de promouvoir l'autonomisation économique des femmes, et de mettre en place des politiques actives de soutien à l'emploi des jeunes. Une attention particulière devrait également être accordée à l'amélioration de l'accès aux services de base dans les régions les plus marginalisées, afin de garantir une croissance économique plus inclusive et équitable.

3.5.3 SCENARIOS DE CROISSANCE ECONOMIQUE (2025, 2030, 2050)

3.5.3.1 HYPOTHESES ET MODELE DE SCENARIO ECONOMIQUE

Les hypothèses qui sous-tendent l'élaboration des scénarios de croissance économique des Comores pour les années 2025, 2030 et 2050 sont basées sur une combinaison de variables économiques, démographiques, sociales et géopolitiques qui pourraient influencer le futur développement du pays. Ces hypothèses sont cruciales pour établir des projections réalistes et cohérentes de la croissance économique sous différents scénarios. Elles servent de cadre pour évaluer les trajectoires économiques possibles du pays à court, moyen et long terme.

3.5.3.2 HYPOTHESES GENERALES POUR TOUS LES SCENARIOS

- Croissance démographique continue : La population des Comores continuera de croître, avec un taux de croissance démographique annuel estimé à environ 2,5-3 % jusqu'en 2050, entraînant un besoin accru de ressources et de services.
- Inflation maîtrisée : L'inflation, bien que fluctuante, devrait rester sous contrôle à un taux estimé entre 3 % et 5 % par an. Cependant, des facteurs externes comme la volatilité des prix du pétrole ou des perturbations mondiales pourraient augmenter les pressions inflationnistes.
- Progrès dans le secteur des énergies renouvelables : Une transition énergétique est anticipée grâce à des investissements dans les énergies renouvelables, notamment le solaire, l'éolien et l'hydraulique, réduisant ainsi la dépendance aux énergies fossiles et contribuant à une croissance verte.
- Évolution des partenariats internationaux : Les Comores chercheront à renforcer leurs relations économiques avec des acteurs internationaux, notamment les pays du Golfe, les

institutions financières internationales (Banque Mondiale, FMI), ainsi que les partenariats bilatéraux pour obtenir des financements pour les infrastructures et les secteurs clés.

- Politique intérieure stable : Les Comores maintiendront une stabilité politique relative, ce qui favorisera un climat propice à la croissance économique. Des réformes structurelles seront mises en œuvre dans les secteurs clés comme l'éducation, la santé et les infrastructures.

3.5.3.3 HYPOTHÈSES SPÉCIFIQUES POUR CHAQUE SCÉNARIO

3.5.3.3.1 Scénario Pessimiste : Faible Croissance et Défis Structurels Persistants

Dans ce scénario, l'économie des Comores fait face à plusieurs défis structurels qui limitent son potentiel de croissance. Voici les hypothèses principales sous-jacentes à ce scénario :

- Croissance faible du PIB : La croissance économique annuelle reste faible, oscillant entre 2 % et 3 %, en raison de la dépendance continue aux secteurs primaires et de la faible industrialisation du pays.
- Absence de diversification économique : Le pays reste très dépendant de l'agriculture traditionnelle et des exportations de produits de rente comme la vanille et le girofle.
- Infrastructures insuffisantes : Malgré des efforts, les infrastructures restent sous-développées, particulièrement dans les zones rurales et les régions périphériques. L'accès à l'énergie, à l'eau potable, et aux soins de santé reste limité pour une large portion de la population.
- Chômage élevé, surtout chez les jeunes : Le taux de chômage, notamment chez les jeunes, reste élevé, avec environ 30 % de la population active sans emploi. L'inadéquation entre les compétences disponibles et les exigences du marché du travail est marquée.
- Faible attractivité des investissements étrangers : Le pays attire peu d'investissements étrangers en raison des risques politiques, du faible environnement des affaires et de la lente mise en œuvre des réformes économiques nécessaires.

3.5.3.3.2 Scénario Réaliste : Amélioration Progressive Suivant les Indicateurs Actuels Grâce à des Investissements

- Ce scénario repose sur une croissance modérée mais stable, soutenue par des réformes économiques progressives et des investissements dans des secteurs stratégiques. Les hypothèses spécifiques incluent :
- Croissance économique modérée : Le PIB des Comores croît à un rythme de 4 % à 5 % par an entre 2025 et 2050, soutenu par des investissements ciblés dans les infrastructures et l'agriculture.
- Amélioration des infrastructures et de l'accès à l'énergie : Des investissements dans les secteurs de l'énergie, des transports et des infrastructures numériques permettent de réduire les pannes électriques et d'améliorer l'accès aux services dans les zones rurales.
- Diversification économique : Le pays commence à développer ses secteurs industriels, notamment l'agro-industrie, le tourisme et les énergies renouvelables, qui deviennent progressivement des moteurs importants de la croissance.
- Création d'emplois : Des politiques d'inclusion créent des emplois dans les secteurs formels et l'économie verte. Le taux de chômage baisse progressivement, avec une réduction notable des inégalités économiques.
- Amélioration du climat des affaires : La mise en œuvre de réformes visant à améliorer la gouvernance économique, la transparence, et la régulation du marché attire progressivement

plus d'investissements étrangers, en particulier dans les secteurs des énergies renouvelables et de l'infrastructure.

3.5.3.3.3 Scénario Optimiste : Forte Croissance et Transformation Économique Boostée par des Partenariats Internationaux

- Ce scénario envisage une transformation radicale de l'économie comorienne grâce à des investissements massifs, des réformes ambitieuses et des partenariats stratégiques. Les hypothèses pour ce scénario sont les suivantes :
- Croissance rapide du PIB : Le PIB des Comores croît à un rythme soutenu de 6 % à 7 % par an, soutenu par des investissements étrangers significatifs et une forte diversification économique.
- Industrialisation accélérée : Les Comores connaissent une industrialisation rapide, notamment dans les secteurs de la transformation agro-alimentaire, de l'industrie légère et du tourisme durable. Les exportations augmentent, et le pays commence à se diversifier au-delà de l'agriculture traditionnelle.
- Transition énergétique réussie : Le pays devient un acteur majeur dans le secteur des énergies renouvelables, grâce à des projets solaires et éoliens à grande échelle, ce qui réduit considérablement la dépendance aux énergies fossiles et améliore l'accès à l'énergie pour l'ensemble de la population.
- Investissements internationaux substantiels : Le pays bénéficie d'un fort afflux de capitaux étrangers, notamment en provenance des pays du Golfe, des institutions multilatérales et des partenariats publics-privés. Ces investissements sont dirigés vers les infrastructures, les technologies vertes, et les secteurs stratégiques.
- Éducation et développement humain : Une réforme éducative majeure permet à la jeunesse comorienne d'acquérir des compétences de plus en plus pertinentes pour le marché du travail, et une croissance des compétences entrepreneuriales stimule l'innovation locale.
- Réduction substantielle des inégalités : La transformation de l'économie permet de réduire significativement les inégalités régionales et sociales, avec une attention particulière portée à l'inclusion des femmes et des jeunes dans les opportunités économiques.

3.5.3.4 SCÉNARIOS ÉCONOMIQUES SUR GRANDE COMORE

Présentation des résultats pour chaque île et des évolutions par zone (urbain et rural) + explications du développement des secteurs clés

3.5.3.4.1 Scénario Pessimiste : Faible Croissance et Défis Structurels Persistants

Dans ce scénario, l'île de Grande Comore fait face à des défis structurels importants qui freinent son développement économique. Malgré des efforts, le pays peine à sortir de la dépendance vis-à-vis de l'agriculture de rente et des secteurs peu diversifiés. Ce scénario est caractérisé par les éléments suivants :

- Hypothèses du Scénario Pessimiste pour Grande Comore
 - Croissance économique modeste : La croissance du PIB de l'île reste faible, avec des taux de croissance annuels d'environ 2 à 3 %. Cette faible croissance est alimentée principalement par l'agriculture traditionnelle, notamment la production de vanille, de girofle, et d'autres cultures de rente.
 - Secteurs clés peu diversifiés : L'île continue d'être largement dépendante des secteurs primaires tels que l'agriculture et la pêche, avec peu d'efforts pour diversifier son

économie. L'industrialisation reste limitée et se concentre uniquement sur la transformation basique de produits agricoles.

- Infrastructures insuffisantes : Bien qu'il y ait quelques améliorations dans les infrastructures, les besoins en infrastructures énergétiques, routes, et réseaux de communication sont encore insuffisants. L'accès à une énergie fiable reste limité dans les zones rurales.
- Taux de chômage élevé : Le chômage, en particulier parmi les jeunes, reste élevé, avoisinant les 30 à 35 %, principalement dû à la faible capacité de création d'emplois dans des secteurs industriels et les faibles investissements étrangers.
- Problèmes de gouvernance et de transparence : La gouvernance locale reste fragile, avec des réformes économiques limitées, et la corruption dans le secteur public continue de miner les efforts de développement.

- Implications pour l'île de Grande Comore

Le pays ne parvient pas à sortir de la dépendance aux produits de rente, et les inégalités sociales et régionales se creusent davantage, en particulier entre les zones urbaines et rurales.

Les capacités d'adaptation aux changements climatiques restent limitées, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur les secteurs agricoles.

La mise en œuvre des projets d'énergies renouvelables reste lente et inefficace, et la dépendance au pétrole et à la biomasse demeure élevée.

3.5.3.4.2 Scénario Réaliste : Croissance Modérée et Amélioration Progressive grâce à des Investissements

Dans ce scénario réaliste, Grande Comore connaît une croissance économique modérée soutenue par des réformes économiques et des investissements dans des secteurs stratégiques comme les énergies renouvelables et l'agriculture. Ce scénario suppose une amélioration progressive des conditions économiques.

- Hypothèses du Scénario Réaliste pour Grande Comore

- Croissance économique modérée : La croissance du PIB de l'île se situe entre 4 et 5 % par an, soutenue par une amélioration progressive des secteurs clés. Cette croissance est en grande partie alimentée par des investissements dans les infrastructures et un début de diversification de l'économie.
- Investissements dans les infrastructures et l'énergie : Des investissements modérés dans les infrastructures (routes, ports, aéroports) et le secteur de l'énergie (surtout solaire et éolien) permettent d'améliorer l'accès à l'électricité et de réduire la dépendance aux sources d'énergie polluantes et coûteuses.
- Diversification économique : L'île entame un processus de diversification de son économie en développant des secteurs tels que le tourisme, l'agro-industrie (notamment la transformation des produits agricoles locaux) et les énergies renouvelables.
- Création d'emplois et amélioration de la formation : Grâce à des réformes dans le système éducatif et une meilleure correspondance entre les formations et les besoins du marché de l'emploi, le taux de chômage diminue lentement. Des emplois sont créés dans les secteurs industriels émergents et les services.
- Réduction progressive des inégalités : Bien que les inégalités sociales et régionales persistent, des politiques ciblées commencent à réduire l'écart entre les zones urbaines et rurales, en particulier en matière d'accès à l'énergie et aux services sociaux.

- Implications pour l'île de Grande Comore

La croissance économique est soutenue mais ne suffira probablement pas à combler les défis structurels majeurs à court terme. Les investissements étrangers augmentent progressivement, mais restent insuffisants pour impulser une transformation industrielle rapide.

La transition énergétique est en cours, avec une augmentation progressive de l'usage des énergies renouvelables, mais la dépendance au pétrole demeure encore un obstacle majeur.

Les inégalités continuent de poser des défis, bien que des progrès visibles soient réalisés dans l'accès à l'électricité, l'eau potable et les infrastructures de transport dans les zones rurales.

3.5.3.4.3 Scénario Optimiste : Forte Croissance et Transformation Économique grâce à des Partenariats Internationaux

Dans ce scénario optimiste, Grande Comore connaît une transformation économique rapide, alimentée par des investissements étrangers massifs, une industrialisation accélérée, et une transition énergétique réussie. Ce scénario repose sur une combinaison de réformes politiques et économiques et de partenariats stratégiques.

- Hypothèses du Scénario Optimiste pour Grande Comore

- Croissance économique rapide : La croissance du PIB de l'île dépasse les 6 à 7 % par an, grâce à une industrialisation rapide et à des investissements étrangers massifs dans les secteurs énergie renouvelable, agro-industrie et tourisme durable.
- Diversification de l'économie : L'île devient progressivement un hub économique régional, avec une forte expansion des secteurs industriels (agro-industrie, transformation des produits agricoles) et des services (tourisme, infrastructures numériques).
- Transition énergétique réussie : Les Comores font de la transition énergétique un moteur central de leur développement. Des projets solaires à grande échelle et d'autres énergies renouvelables augmentent la capacité énergétique de l'île, réduisant significativement la dépendance aux énergies fossiles.
- Attraction des investissements étrangers : L'île de Grande Comore attire des investissements étrangers substantiels en raison de la stabilité politique, des réformes dans la gouvernance économique et des incitations fiscales pour les entreprises étrangères. Ces investissements soutiennent les secteurs de l'industrie, de l'agriculture et des infrastructures.
- Éducation et emploi de qualité : L'éducation s'améliore, avec des formations adaptées aux secteurs porteurs (énergies renouvelables, technologies numériques, industrie). Un marché de l'emploi dynamique permet de réduire considérablement le chômage, en particulier chez les jeunes et les femmes.

- Implications pour l'île de Grande Comore

Transformation rapide du tissu économique avec des emplois industriels et des revenus supplémentaires générés par des exportations diversifiées.

Le pays devient un acteur majeur dans le secteur des énergies renouvelables, attirant des partenariats internationaux dans le domaine de l'énergie solaire et éolienne.

Réduction significative des inégalités grâce à une croissance inclusive et des programmes de développement ciblés qui améliorent les conditions de vie dans les zones rurales et les régions éloignées.

3.5.3.5 CONCLUSION DES SCENARIOS POUR L'ILE DE GRANDE COMORE

Les scénarios économiques pour l'île de Grande Comore présentent trois trajectoires possibles, allant d'une croissance faible et persistante, alimentée par des défis structurels dans le scénario pessimiste, à une transformation rapide de l'économie dans le scénario optimiste, avec un soutien massif des investissements et une transition énergétique réussie. Le scénario réaliste prévoit une croissance modérée et une amélioration progressive, soutenue par des réformes économiques et des investissements dans les infrastructures et les énergies renouvelables.

3.5.3.6 SCÉNARIOS ÉCONOMIQUES SUR ANJOUAN

3.5.3.6.1 Scénario Pessimiste : Faible Croissance et Défis Structurels Persistants

Dans ce scénario pessimiste, l'île d'Anjouan fait face à une croissance faible et à des défis structurels importants qui limitent son développement économique. Les problèmes persistants de dépendance aux secteurs primaires et le manque d'infrastructures ralentissent le développement.

- Hypothèses du Scénario Pessimiste pour Anjouan
 - Croissance économique modeste : La croissance du PIB de l'île reste faible, autour de 2 à 3 % par an. Elle est en grande partie soutenue par les secteurs agricoles traditionnels (notamment la vanille, le girofle et la cannelle).
 - Dépendance à l'agriculture : L'économie reste largement tributaire de l'agriculture, avec peu d'efforts pour diversifier vers l'industrie ou les services. La transformation locale des produits agricoles demeure faible.
 - Infrastructures limitées : Le manque d'infrastructures adéquates dans les domaines de l'énergie, des transports et des communications limite les possibilités de croissance. L'accès à l'énergie reste irrégulier, particulièrement dans les zones rurales.
 - Taux de chômage élevé : Le chômage reste élevé, en particulier chez les jeunes. La faible diversification économique et les limitations des secteurs agricoles rendent difficile la création de nouveaux emplois.
 - Difficultés de gouvernance et de gestion économique : Le pays souffre de problèmes de gouvernance et de corruption, ce qui freine les efforts de développement et l'attraction d'investissements étrangers.
- Implications pour l'île d'Anjouan

L'économie de l'île reste dépendante des produits agricoles traditionnels, avec peu d'innovations dans les méthodes de culture et la transformation industrielle.

La croissance du PIB est faible, et les inégalités régionales et sociales restent très marquées, notamment entre les zones urbaines et rurales.

Les politiques énergétiques sont lentes à se mettre en place, et la dépendance à la biomasse et aux énergies fossiles persiste.

3.5.3.6.2 Scénario Réaliste : Croissance Modérée et Amélioration Progressive grâce à des Investissements

Dans ce scénario, Anjouan connaît une croissance économique modérée, alimentée par des réformes économiques et des investissements ciblés dans des secteurs stratégiques comme les énergies renouvelables, l'agro-industrie et le tourisme.

- Hypothèses du Scénario Réaliste pour Anjouan

- Croissance économique modérée : Le PIB de l'île croît à un taux annuel de 4 à 5 %, soutenu par des investissements dans des projets d'infrastructures et la mise en place de partenariats internationaux dans les secteurs de l'agriculture et de l'énergie.
- Diversification de l'économie : L'île commence à diversifier son économie, en particulier dans le domaine de l'agro-industrie (transformation de la vanille et autres produits agricoles), du tourisme et des énergies renouvelables.
- Infrastructures et énergie : Des investissements dans les infrastructures énergétiques et la construction de réseaux électriques plus fiables dans les zones rurales permettent une meilleure couverture de l'île. L'énergie solaire devient un secteur clé.
- Emploi et formation : L'économie commence à créer des emplois dans les secteurs émergents comme les services et l'industrie légère, et les politiques éducatives favorisent la formation professionnelle dans ces secteurs.
- Réduction des inégalités : Bien que les inégalités persistent, des efforts sont déployés pour améliorer l'accès à des services de base comme l'éducation, la santé et l'énergie dans les zones rurales.

- Implications pour l'île d'Anjouan

L'île réussit à améliorer progressivement son système énergétique, ce qui stimule la croissance industrielle et améliore les conditions de vie, en particulier dans les zones rurales.

L'industrialisation reste lente, mais la diversification économique et les investissements étrangers commencent à avoir un impact visible sur le développement local.

Les inégalités économiques entre les zones urbaines et rurales restent importantes, mais un certain rattrapage est visible, notamment dans les infrastructures de base.

3.5.3.6.3 Scénario Optimiste : Forte Croissance et Transformation Économique grâce à des Partenariats Internationaux

Dans ce scénario optimiste, l'île d'Anjouan connaît une transformation économique rapide, soutenue par des investissements massifs, une diversification rapide des secteurs économiques, et un fort engagement dans la transition énergétique. L'île devient un modèle d'industrialisation durable et d'innovation.

- Hypothèses du Scénario Optimiste pour Anjouan

- Croissance économique rapide : Le PIB croît de manière soutenue à un taux de 6 à 7 % par an, en raison de la forte dynamique de transformation des secteurs économiques, notamment grâce aux investissements étrangers dans l'industrie et les énergies renouvelables.
- Diversification rapide de l'économie : L'île connaît une diversification rapide de son économie, en développant des industries agro-alimentaires (transformations de produits agricoles), un secteur touristique dynamique et une croissance dans les énergies renouvelables (solaire, éolien).
- Attraction d'investissements étrangers : Grâce à des réformes économiques et à un cadre fiscal attractif, Anjouan devient un pôle d'investissement pour les entreprises étrangères dans des secteurs comme l'agro-industrie, les énergies renouvelables et les technologies.
- Transition énergétique réussie : La transition énergétique se matérialise avec la mise en place de projets d'énergies renouvelables à grande échelle, réduisant considérablement la dépendance aux énergies fossiles et à la biomasse.

- Création d'emplois de qualité : Le pays devient un acteur régional clé, avec des emplois industriels et de haute technologie qui réduisent significativement le taux de chômage et offrent de meilleures opportunités pour la population jeune et qualifiée.
- Implications pour l'île d'Anjouan

L'île de Grande Comore devient un modèle de transformation économique, avec des secteurs industriels dynamiques et des exportations diversifiées qui contribuent à une forte croissance.

L'industrialisation rapide et les réformes dans le secteur énergétique permettent une réduction significative de la dépendance aux importations d'énergie et un renforcement de la compétitivité économique.

Les inégalités sociales et régionales se réduisent grâce à la mise en place de politiques inclusives et au développement équilibré des zones urbaines et rurales.

3.5.3.6.4 Conclusion des Scénarios pour l'île d'Anjouan

Les scénarios économiques pour l'île d'Anjouan présentent des trajectoires variées allant d'une croissance faible et modeste dans le scénario pessimiste, à une transformation rapide et une forte croissance dans le scénario optimiste, soutenue par des investissements étrangers et une diversification économique. Le scénario réaliste, quant à lui, prévoit une croissance modérée et une amélioration progressive des infrastructures et des secteurs économiques.

Les choix politiques et stratégiques qui seront faits dans les années à venir, en particulier concernant les réformes économiques, les investissements dans l'énergie et l'agriculture et la diversification industrielle, auront un impact déterminant sur l'avenir économique de l'île d'Anjouan.

3.5.3.7 SCÉNARIOS ÉCONOMIQUES SUR MOHÉLI

3.5.3.7.1 SCÉNARIO PESSIMISTE : FAIBLE CROISSANCE ET DÉFIS STRUCTURELS PERSISTANTS

Dans ce scénario pessimiste, Mohéli connaît une croissance économique très faible, caractérisée par des défis structurels persistants, une faiblesse des investissements et une dépendance continue aux secteurs traditionnels. L'île peine à diversifier son économie et continue de souffrir de l'inefficacité de ses infrastructures et de la gestion de ses ressources naturelles.

- HYPOTHÈSES DU SCÉNARIO PESSIMISTE POUR MOHÉLI

Croissance économique faible : Le PIB de Mohéli croît à un rythme très lent, autour de 1,5 % par an, en raison d'une absence d'investissements dans les secteurs clés comme l'agriculture, l'industrie ou le tourisme. La dépendance à des secteurs primaires non diversifiés, tels que l'agriculture de subsistance et la pêche, limite la capacité de l'île à générer une croissance soutenue.

Stagnation des secteurs économiques : L'île reste fortement dépendante des secteurs traditionnels comme l'agriculture et la pêche, avec une productivité stagnante. Les tentatives de diversification de l'économie échouent en raison du manque de ressources, de technologies et d'infrastructures adaptées. Le secteur touristique reste sous-exploité, n'ayant pas les infrastructures nécessaires pour attirer les investisseurs ou les touristes étrangers.

Infrastructures insuffisantes : Les infrastructures de base, y compris l'approvisionnement en électricité, les routes et l'accès à l'eau potable, demeurent insuffisantes et ne sont pas améliorées de manière significative. Le réseau énergétique reste instable, limitant le développement industriel et l'attractivité de l'île pour les investissements.

Exode rural et chômage élevé : L'exode rural se poursuit, les jeunes quittant les zones rurales pour les villes à la recherche de meilleures opportunités, sans que des emplois suffisants ne soient créés dans les secteurs formels. Le taux de chômage reste élevé, en particulier parmi les jeunes diplômés qui peinent à s'insérer dans le marché du travail.

Augmentation des inégalités : Les disparités économiques entre les zones urbaines et rurales continuent de se creuser. Les zones rurales souffrent d'un manque d'infrastructures et d'un accès limité aux services de base comme l'éducation et la santé, ce qui empêche les populations locales d'améliorer leur niveau de vie.

- Implications pour l'île de Mohéli

Dans ce scénario pessimiste, Mohéli continuerait de souffrir de la faiblesse de ses investissements et de la stagnation de son économie. L'île serait confrontée à des déséquilibres sociaux et économiques majeurs, avec une population jeune en manque d'opportunités et un secteur rural de plus en plus dépeuplé et sous-développé. L'absence de diversification de l'économie rendrait l'île vulnérable aux chocs externes et aux conditions climatiques, aggravant la pauvreté et les inégalités régionales.

Les secteurs agricoles resteraient dominants, mais leurs rendements seraient faibles en raison de l'absence de réformes et d'innovations. Le secteur du tourisme resterait une source inexploitable de richesse, faute d'infrastructures adéquates et d'un climat favorable à l'investissement.

Le manque d'améliorations significatives dans les infrastructures et le faible développement du secteur énergétique maintiendraient Mohéli dans une situation de dépendance, avec un retard de développement important par rapport aux autres îles et une faible qualité de vie pour une large partie de la population.

3.5.3.7.2 Scénario Réaliste : Croissance Modérée et Amélioration Progressive grâce à des Investissements

Dans ce scénario réaliste, Mohéli connaît une croissance économique modérée soutenue par des investissements dans des secteurs stratégiques, une gestion améliorée des ressources naturelles, et une diversification progressive de l'économie, notamment dans les domaines de l'agro-industrie et du tourisme.

- Hypothèses du Scénario Réaliste pour Mohéli

- Croissance économique modérée : Le PIB de Mohéli croît à un taux annuel d'environ 4 % grâce aux investissements dans des secteurs clés comme l'agriculture, le tourisme et l'énergie renouvelable.
- Diversification de l'économie : L'île commence à diversifier son économie en développant des industries légères (agro-industrie, transformation de produits agricoles locaux), et le secteur touristique connaît un développement modéré grâce aux ressources naturelles et à la biodiversité locale.
- Amélioration des infrastructures : L'île investit dans les infrastructures essentielles (réseaux électriques, routes, accès à l'eau potable) pour soutenir la croissance économique. Le développement des énergies renouvelables (principalement l'énergie solaire) devient une priorité pour garantir une source d'énergie stable.
- Création d'emplois : Des efforts sont déployés pour créer des emplois dans les secteurs émergents (agro-industrie et tourisme), avec des formations professionnelles adaptées aux besoins locaux.

- Réduction des inégalités : Des politiques ciblées aident à réduire les inégalités entre zones rurales et urbaines, avec des investissements dans l'éducation et la santé, ainsi que des initiatives pour améliorer l'accès à l'énergie dans les zones isolées.

- Implications pour l'île de Mohéli

L'île connaît une croissance modérée, mais stable, et voit une amélioration de ses infrastructures essentielles, ce qui renforce l'attractivité pour les investissements étrangers.

La diversification économique permet une réduction partielle de la dépendance à l'agriculture et aux produits primaires, avec une croissance progressive dans les secteurs du tourisme et des énergies renouvelables.

Les inégalités sociales et régionales sont toujours présentes, mais une approche plus inclusive permet une amélioration des conditions de vie dans les zones rurales.

3.5.3.7.3 Scénario Optimiste : Forte Croissance et Transformation Économique grâce à des Partenariats Internationaux

Dans ce scénario optimiste, Mohéli subit une transformation économique rapide, soutenue par une forte croissance, des investissements dans l'industrie, les énergies renouvelables et un secteur touristique florissant. L'île devient un centre régional de diversification économique et de soutenabilité environnementale.

- Hypothèses du Scénario Optimiste pour Mohéli

Croissance économique rapide : Le PIB de Mohéli croît de manière significative, avec des taux de croissance annuels pouvant atteindre 6 à 7 %, soutenus par des partenariats internationaux et une diversification rapide des secteurs économiques.

Attraction d'investissements étrangers : Des réformes fiscales et des partenariats avec des entreprises internationales attirent des investissements dans des secteurs comme les énergies renouvelables, l'agro-industrie et le tourisme durable. La mise en place de zones économiques spéciales attire des entreprises du monde entier.

Transition énergétique : L'île de Mohéli devient un modèle de transition énergétique, avec une forte capacité de production d'énergie solaire et un passage massif aux énergies renouvelables. Cela permet de réduire les coûts de l'énergie et d'améliorer la compétitivité des entreprises locales.

Développement industriel : L'île développe des industries légères et durables comme la transformation des produits agricoles et les industries de la biodiversité. Elle devient un pôle important dans la région pour la production durable et l'exportation de produits agricoles.

Création d'emplois et éducation : Un développement rapide des emplois industriels et des services permet de réduire le chômage et d'offrir des opportunités aux jeunes. L'éducation devient une priorité, avec des programmes de formation adaptés aux besoins du marché.

- Implications pour l'île de Mohéli

L'île devient un centre de transformation économique, avec des secteurs diversifiés qui soutiennent une croissance rapide et soutenue. Le secteur touristique et l'agro-industrie sont particulièrement dynamiques.

La réduction de la pauvreté et des inégalités régionales devient un objectif concret grâce aux investissements dans les infrastructures et aux politiques publiques inclusives.

Mohéli devient un modèle de développement durable, avec un système énergétique et économique plus résilient et moins dépendant des importations externes.

3.5.3.7.4 Conclusion des Scénarios pour l'île de Mohéli

Les scénarios économiques pour l'île de Mohéli montrent un éventail de trajectoires possibles, allant d'une croissance faible dans le scénario pessimiste à une transformation rapide et positive dans le scénario optimiste. Le scénario réaliste présente une croissance modérée, soutenue par des investissements dans les infrastructures et une diversification économique. Les choix de politique économique, en particulier dans les secteurs de l'énergie, de l'agriculture et du tourisme, détermineront largement l'avenir économique de l'île.

3.5.3.8 CONCLUSION DES SCÉNARIOS ÉCONOMIQUES POUR LES TROIS ÎLES

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des scénarios économiques envisagés pour chacune des trois îles, en tenant compte des moteurs sectoriels et des principaux enjeux identifiés. Ces projections mettent en lumière les choix stratégiques à privilégier pour transformer les contraintes actuelles en opportunités de croissance durable et inclusive.

Tableau 8- Scénarios de croissance économique et enjeux par île aux Comores

Île	Scénario	Croissance PIB (%)	Secteurs moteurs	Enjeux clés
Grande Comore	Pessimiste	~2.5 %	Agriculture, services de base	Dépendance aux énergies fossiles, diversification lente
	Réaliste	~4.5 %	ENR, infrastructures	Réformes progressives, gestion des ressources
	Optimiste	~6.5 %	ENR, industrie, tourisme	Transition énergétique, investissements étrangers
Anjouan	Pessimiste	~2.3 %	Agriculture traditionnelle	Rendement faible, peu d'innovation
	Réaliste	~4 %	ENR, agro-industrie	Modernisation agricole, partenariats régionaux
	Optimiste	~6 %	ENR, industrie, tourisme	Industrialisation, ouverture aux marchés internationaux
Mohéli	Pessimiste	~2 %	Agriculture locale	Infrastructures limitées, exode rural
	Réaliste	~3.5 %	ENR, tourisme	Développement durable, attractivité accrue
	Optimiste	~5 %	ENR, tourisme, diversification rapide	Croissance inclusive, intégration régionale

Les scénarios économiques présentés pour les trois îles des Comores — Grande Comore, Anjouan et Mohéli — mettent en lumière des trajectoires variées, mais interconnectées, qui dépendent largement des choix stratégiques adoptés à court et moyen terme. Chaque île possède des caractéristiques uniques, mais elles partagent des défis communs, notamment la diversification économique, la gestion des ressources naturelles, et la transition énergétique.

Grande Comore connaît une croissance modérée à forte dans le scénario optimiste, stimulée par des investissements dans le secteur des énergies renouvelables et des infrastructures. Cependant, son

scénario pessimiste souligne la persistance de défis structurels, notamment la dépendance aux énergies fossiles et la lente transition vers une économie plus diversifiée.

Anjouan présente un tableau similaire, avec un scénario pessimiste marquant une croissance faible et une dépendance continue à l'agriculture traditionnelle, tandis que dans le scénario réaliste, la diversification économique et les investissements dans les énergies renouvelables offrent un potentiel de croissance modérée et soutenue. Le scénario optimiste pour Anjouan envisage une transformation rapide, soutenue par des partenariats internationaux et une forte expansion des secteurs industriels et touristiques.

Mohéli, tout comme les autres îles, fait face à des défis de croissance économique modeste dans un scénario pessimiste, mais offre un potentiel significatif de transformation dans les scénarios réalistes et optimistes grâce à ses ressources naturelles et son attractivité pour les investissements étrangers. Le scénario optimiste pour Mohéli repose sur une transition énergétique réussie, un secteur touristique dynamique et une diversification rapide des secteurs économiques.

Dans l'ensemble, bien que les trois îles aient des potentiels différents, elles partagent une nécessité cruciale de mettre en œuvre des réformes structurelles pour surmonter leurs défis économiques. Le scénario optimiste, qui repose sur l'attraction d'investissements étrangers, la diversification industrielle, et la mise en place d'une transition énergétique durable, représente l'option la plus favorable pour chaque île, permettant de réduire la pauvreté et les inégalités sociales. Cependant, l'atteinte de ces objectifs nécessitera des efforts continus en matière de gouvernance, de planification stratégique et d'investissements dans les infrastructures.

Le choix des politiques économiques et des priorités d'investissement au niveau national et régional sera donc déterminant pour l'avenir des Comores. La mise en place d'un cadre propice à l'innovation, à la soutenabilité et à la croissance inclusive sera essentielle pour réaliser le potentiel économique de chaque île tout en améliorant les conditions de vie de ses habitants.

3.6 CROISSANCE URBAINE ET IMPACTS SUR LES ZONES RURALES

3.6.1 DYNAMIQUE DE L'URBANISATION AUX COMORES

3.6.1.1 CROISSANCE DES CENTRES URBAINS (MORONI, MUTSAMUDU, FOMBONI)

L'urbanisation aux Comores, et plus particulièrement dans les trois principales villes du pays — Moroni, Mutsamudu et Fomboni — connaît une évolution marquée depuis plusieurs décennies. Cette dynamique s'accompagne de défis importants en matière de gestion des infrastructures et de services publics. L'urbanisation rapide dans ces centres urbains est alimentée par plusieurs facteurs, notamment la croissance démographique, la recherche de meilleures opportunités économiques, et le développement des secteurs de services et d'industries légères.

3.6.1.1.1 Croissance démographique et migration interne

La croissance démographique dans ces centres urbains est l'une des principales caractéristiques de l'urbanisation aux Comores. En 2023, la population urbaine des trois îles a augmenté de manière significative, entraînant une concentration croissante de la population dans des zones déjà surpeuplées, en particulier dans les zones côtières où se trouvent les grandes villes. Le phénomène d'exode rural joue un rôle crucial dans cette dynamique, de nombreuses personnes des zones rurales migrent vers les villes en quête de meilleures conditions de vie, de travail et d'accès aux services essentiels.

Moroni, la capitale et la plus grande ville des Comores, a vu sa population croître de manière exponentielle ces dernières décennies. En 2023, environ 40% de la population des Comores vivait dans la région de Moroni, ce qui en fait le cœur économique et administratif du pays. Le dynamisme économique, les infrastructures relativement mieux développées et l'accès à des services comme la santé et l'éducation expliquent en partie cette concentration urbaine.

Mutsamudu, sur l'île d'Anjouan, et Fomboni sur Mohéli, bien que plus petites, connaissent également une croissance démographique importante. Mutsamudu est un important centre commercial, et Fomboni, bien que plus petite en termes de population, est le centre administratif et commercial de Mohéli. La croissance de ces villes résulte d'une urbanisation croissante, souvent alimentée par les migrations inter-îles, notamment depuis Grande Comore et Anjouan.

3.6.1.1.2 Pression démographique sur les infrastructures urbaines

Cette urbanisation rapide et l'augmentation de la population urbaine exercent une pression considérable sur les infrastructures et les services publics dans ces grandes villes. Les infrastructures existantes, qui étaient conçues pour une population bien plus petite, ne peuvent pas toujours répondre aux besoins d'une population en constante augmentation.

- Santé

La demande en services de santé dans ces centres urbains est en forte croissance. Les hôpitaux et les cliniques sont souvent saturés, avec des ressources limitées, des équipements insuffisants et un manque de professionnels de santé. La santé publique est confrontée à de nombreux défis, allant de l'augmentation des maladies infectieuses aux besoins en soins maternels et infantiles. En outre, les infrastructures de santé doivent s'adapter à l'augmentation de la population et à une urbanisation qui génère de nouvelles pathologies associées aux conditions de vie urbaines.

- Éducation

Le secteur de l'éducation est également soumis à une pression croissante. Les écoles publiques sont souvent confrontées à des problèmes de surpopulation, des infrastructures inadéquates et un manque de matériel pédagogique. Les établissements d'enseignement, tant au niveau primaire qu'au secondaire, peinent à faire face à la demande croissante, et la qualité de l'éducation peut en pâtir. Cela pose des défis en termes de formation des jeunes générations et de compétences nécessaires pour répondre aux exigences d'une économie de plus en plus diversifiée.

- Énergie

Le secteur de l'énergie subit également une pression croissante, en particulier à Moroni, où la demande en électricité est en constante augmentation. Les pannes fréquentes d'électricité, les coupures de courant prolongées et la dépendance aux sources d'énergie non renouvelables, comme les générateurs thermiques, rendent difficile la gestion de la demande. L'extension du réseau électrique pour couvrir l'ensemble des zones urbaines et rurales est un défi de taille. De plus, la faible capacité du réseau à répondre à la demande, surtout pendant les pics de consommation, aggrave la situation.

- Eau potable et assainissement

La gestion des ressources en eau potable et le système d'assainissement sont également des défis majeurs. L'augmentation rapide de la population urbaine met à l'épreuve les infrastructures existantes, et la gestion de l'eau devient un enjeu crucial pour éviter des pénuries. De plus,

L'assainissement des zones urbaines est insuffisant, et les problèmes de drainage, d'hygiène et d'accès à des services sanitaires adéquats sont récurrents, augmentant les risques pour la santé publique.

3.6.1.1.3 Défis et perspectives d'aménagement urbain

L'urbanisation rapide des grandes villes des Comores impose une reconfiguration urgente des politiques d'aménagement urbain. Le manque de planification urbaine cohérente entraîne une expansion anarchique des zones urbaines, avec la construction de quartiers informels et de bidonvilles, souvent sans infrastructures de base. Le plan d'urbanisme des villes doit être adapté pour prévoir l'extension des réseaux d'eau, d'électricité, et des services sociaux, tout en respectant les normes environnementales et en anticipant les effets du changement climatique sur les zones côtières.

3.6.2 IMPACT DE L'URBANISATION SUR LES ZONES RURALES

3.6.2.1 DÉPEUPLEMENT ET DÉFIS AGRICOLES

L'urbanisation rapide aux Comores, bien que bénéfique en termes de développement économique dans les grandes villes, engendre des conséquences négatives pour les zones rurales. En particulier, le phénomène de dépeuplement rural, qui résulte principalement de l'exode rural, constitue l'un des principaux défis. Ce phénomène affecte profondément l'agriculture, secteur clé de l'économie comorienne, et expose les zones rurales à des déséquilibres structurels, économiques et sociaux.

3.6.2.2 PERTE DE POPULATION RURALE

Les zones rurales des Comores, historiquement dominées par l'agriculture et l'élevage, subissent une forte perte de population en raison de l'attrait des centres urbains, où l'on recherche de meilleures conditions de vie, un meilleur accès aux services et des opportunités économiques. Ce mouvement migratoire, parfois massif, est alimenté par la croissance démographique urbaine, les déséquilibres économiques et la manque de perspectives de développement dans les zones rurales. Selon les dernières statistiques démographiques, une proportion croissante des jeunes générations quitte les campagnes pour rejoindre les villes, créant ainsi un vieillissement accéléré de la population rurale.

Le dépeuplement rural a des conséquences immédiates sur la production agricole. Les familles agricoles, autrefois composées de plusieurs membres, se retrouvent de plus en plus réduites, avec une main-d'œuvre qui se raréfie et un manque de main-d'œuvre agricole pour effectuer les tâches agricoles traditionnelles. Cette évolution a des répercussions directes sur la productivité agricole, qui est déjà fragilisée par des facteurs externes comme les chocs climatiques, la dégradation des sols et l'accès limité aux financements pour l'agriculture moderne.

3.6.2.3 MANQUE D'OUVRIERS AGRICOLES

Le manque d'ouvriers agricoles dans les zones rurales est devenu un problème majeur pour les exploitations agricoles. Les jeunes générations préfèrent souvent s'installer en ville, où l'emploi dans les secteurs informels et les services semble plus attractif. En conséquence, l'agriculture, traditionnellement dominée par les familles, se voit confrontée à un manque de force de travail disponible. Les exploitants agricoles doivent alors recourir à des travailleurs saisonniers, souvent âgés ou étrangers, mais ces solutions ne sont pas toujours suffisantes pour maintenir des rendements agricoles satisfaisants.

De plus, la formation et la compétence en matière d'agriculture moderne restent limitées. Les jeunes générations, bien qu'elles soient de plus en plus scolarisées, n'ont pas toujours accès à des formations

agricoles qui leur permettraient d'intégrer les pratiques agricoles modernes, telles que l'irrigation, l'agriculture durable ou l'utilisation des technologies agricoles.

3.6.2.4 INVESTISSEMENTS NECESSAIRES POUR EQUILIBRER LE DEVELOPPEMENT ENTRE LES ZONES

Pour faire face à ces défis, des investissements stratégiques sont nécessaires pour équilibrer le développement entre les zones urbaines et rurales. Le développement rural, qui constitue un pilier essentiel de l'économie comorienne, nécessite une attention particulière afin d'attirer et de retenir la population. Voici quelques domaines d'investissement et d'amélioration nécessaires :

- **Infrastructures agricoles et technologiques :** Les zones rurales souffrent d'un manque d'accès à des technologies agricoles modernes, telles que l'irrigation, les équipements agricoles mécanisés et les technologies de production durable. Ces investissements sont essentiels pour augmenter la productivité, tout en garantissant une sécurité alimentaire et en réduisant la dépendance aux importations alimentaires.
- **Accès à l'électricité :** L'accès à l'électricité est un enjeu majeur pour les zones rurales. En 2023, seulement 30% de la population rurale a accès à une électricité stable et fiable, un facteur qui entrave considérablement le développement des activités agricoles et industrielles rurales. La mise en place de microgrids solaires ou d'autres solutions énergétiques renouvelables pour les zones isolées serait un investissement stratégique pour améliorer la vie dans les zones rurales, tout en soutenant les activités économiques locales.
- **Développement de l'agro-industrie :** L'agriculture aux Comores est largement dominée par les cultures de subsistance. Le manque de structures de transformation locale limite la valeur ajoutée de la production agricole et les revenus des agriculteurs. Il est crucial d'investir dans le développement de petites industries agroalimentaires, telles que la transformation de la vanille, des épices, des fruits et des produits agricoles, pour générer de l'emploi et favoriser la croissance économique locale.
- **Formation et renforcement des capacités :** L'investissement dans la formation des jeunes et des agriculteurs en matière de pratiques agricoles durables et d'entrepreneuriat rural est indispensable pour moderniser l'agriculture. Les programmes de formation et d'accompagnement pour les jeunes agriculteurs, ainsi que les incitations pour le retour des migrants dans les zones rurales, sont nécessaires pour réduire la fuite des cerveaux et revitaliser les communautés rurales.
- **Accès aux financements :** Le financement de l'agriculture et des entreprises rurales reste insuffisant. Les agriculteurs font face à des difficultés pour accéder à des crédits agricoles ou à des fonds de développement en raison du manque d'infrastructures bancaires dans les zones rurales. La mise en place de microcrédits, de fonds de soutien agricole et de programmes de financement publics et privés peut aider à stimuler la croissance des zones rurales.

3.7 CONCLUSION

3.7.1.1 SYNTHESE PRELIMINAIRE

Cette section a permis de dresser un état des lieux détaillé des défis et opportunités auxquels les Comores sont confrontées en matière de croissance démographique et de développement économique, en particulier à travers l'analyse des scénarios futurs. Les résultats de l'analyse démographique et économique, répartis sur les trois principales îles de l'archipel (Grande Comore, Anjouan, et Mohéli), révèlent une dynamique de croissance complexe, entre défis structurels et potentiels de développement.

3.7.1.2 RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS DES SCENARIOS DEMOGRAPHIQUE ET ECONOMIQUE

Scénarios démographiques : Les projections démographiques ont montré une croissance rapide de la population dans les centres urbains, avec un phénomène d'exode rural qui affecte particulièrement les zones rurales. Moroni, Mutsamudu et Fomboni connaissent une urbanisation marquée, tandis que les zones rurales de Grande Comore, Anjouan et Mohéli souffrent d'un dépeuplement, ce qui met une pression sur les secteurs agricoles et entraîne des défis en termes d'équilibre régional. La croissance démographique dans ces zones urbaines pourrait atteindre des niveaux importants d'ici 2030 et 2050, mettant en évidence la nécessité d'une planification urbaine plus inclusive et résiliente.

3.7.1.2.1 Scénarios économiques

- Scénario pessimiste : En cas de faibles investissements et d'absence de réformes structurelles, les Comores pourraient continuer à dépendre fortement de la biomasse et des importations énergétiques, avec une croissance économique modérée et une inégalité accrue entre les zones rurales et urbaines.
- Scénario réaliste : Ce scénario envisage une amélioration progressive des infrastructures et un développement soutenu des énergies renouvelables, permettant une réduction des dépendances extérieures. La croissance pourrait être stabilisée, avec un développement plus équilibré entre les zones urbaines et rurales.
- Scénario optimiste : En intégrant de nouveaux partenariats internationaux et des investissements dans l'infrastructure énergétique, les Comores pourraient connaître une croissance économique forte et durable, accompagnée d'une transformation structurelle des secteurs clés comme l'agriculture, les services et l'industrie.

3.7.1.2.2 Implications et recommandations

Les résultats des scénarios montrent que la situation actuelle des Comores présente un potentiel de croissance significatif, mais aussi des défis considérables qui nécessitent une action rapide et ciblée :

- Renforcement de l'infrastructure énergétique : Pour soutenir la croissance démographique et économique, des investissements massifs dans l'énergie renouvelable (en particulier le solaire photovoltaïque) sont cruciaux. Le réseau électrique doit être renforcé pour répondre aux besoins accrus des zones urbaines et rurales. Une politique de Net Metering pourrait être mise en place pour encourager l'adoption des énergies renouvelables à petite échelle, notamment pour les bâtiments publics.
- Planification urbaine et gestion de l'exode rural : L'urbanisation croissante nécessite une planification urbaine réfléchie, avec des investissements dans les infrastructures urbaines (logement, transport, eau et assainissement) pour éviter l'apparition de bidonvilles et de tensions sociales. En parallèle, des politiques visant à retenir les jeunes dans les zones rurales et à moderniser l'agriculture seront essentielles pour équilibrer le développement entre les zones urbaines et rurales.
- Développement des secteurs clés de l'économie : Le développement de l'agriculture durable, des services et des industries légères doit être encouragé. Des politiques agricoles visant à accroître la productivité tout en préservant l'environnement sont nécessaires pour améliorer la sécurité alimentaire et augmenter les revenus des populations rurales. Le secteur des services, notamment le tourisme et les technologies numériques, pourrait jouer un rôle majeur dans la diversification de l'économie comorienne.
- Réduction des inégalités sociales et régionales : Les disparités entre les zones urbaines et rurales, ainsi qu'entre les groupes sociaux, doivent être abordées par des politiques de réduction de la pauvreté et d'inclusion sociale. Cela comprend des investissements dans

l'éducation, la santé et l'accès aux services publics, ainsi que des programmes de développement rural pour améliorer les conditions de vie des habitants des zones les plus isolées.

3.7.1.3 SYNTHÈSE FINALE

Les Comores, avec un potentiel de croissance démographique et économique important, sont à un tournant crucial de leur développement. La mise en œuvre de réformes structurelles, d'investissements stratégiques et de politiques ciblées pourrait permettre de surmonter les défis actuels et d'atteindre un développement plus inclusif et durable. Les scénarios proposés dans ce rapport montrent qu'avec des efforts coordonnés et des partenariats internationaux solides, les Comores peuvent évoluer vers un modèle économique plus diversifié, durable et résilient face aux défis internes et mondiaux.

4 EVALUATION DU POTENTIEL DE PRODUCTION SOLAIRE AUX COMORES

L'évaluation préliminaire du rendement énergétique vise à analyser les conditions météorologiques et les caractéristiques de l'irradiation solaire pour estimer le potentiel de production d'électricité photovoltaïque sur les différentes îles ciblées. Cette analyse repose sur des bases de données météorologiques de référence et tient compte des principales pertes influençant le rendement des systèmes solaires photovoltaïques.

4.1 OBJECTIF

L'objectif principal est d'évaluer le potentiel de production solaire aux Comores en se basant sur les données climatiques de chaque île. Il vise à analyser les conditions météorologiques (température, humidité, vent) et l'irradiation solaire afin d'identifier les meilleures zones pour l'installation de systèmes photovoltaïques sur les bâtiments publics avec connexion au réseau.

4.2 RECUEIL ET ANALYSE DES DONNÉES CLIMATIQUES

L'objectif de cette synthèse est d'évaluer les différentes contraintes météorologiques susceptibles d'avoir un impact sur le choix des équipements et des matériaux des différentes centrales photovoltaïques, et qui doivent être prises en compte pour les phases de construction et d'exploitation. Le climat influence directement le rendement des installations solaires.

Les paramètres analysés sont :

- **Température ambiante (°C) :** L'élévation de la température peut impacter le rendement des modules photovoltaïques. Par exemple, une augmentation de la température de 25°C à 75°C peut entraîner une perte de puissance allant jusqu'à 27 %. Il est donc crucial d'intégrer cet effet dans la modélisation des rendements énergétiques.
- **Vitesse du vent (m/s) :** La force du vent influence la conception des structures de support des panneaux solaires. Il est essentiel que ces structures résistent aux rafales de vent les plus sévères. Par ailleurs, le vent contribue également au refroidissement des panneaux, ce qui améliore leur rendement.
- **Humidité relative (%) :** Une humidité élevée peut provoquer une corrosion des panneaux solaires et réduire leur efficacité. Cet élément doit être pris en compte pour garantir la durabilité des installations.

Les données seront obtenues via des stations météorologiques locales, des bases de données satellitaires et des modèles climatiques.

4.2.1 DONNEES CLIMATIQUES : GRANDE COMORES

L'île de Grande Comores (Ngazidja) possède un climat tropical maritime, caractérisé par des températures élevées, une humidité importante et des précipitations variables selon les saisons et l'altitude. L'influence de l'océan Indien et des alizés de l'est joue un rôle déterminant dans les conditions météorologiques de l'île.

Étant donné que le projet couvre l'ensemble de l'île de Grande Comores, l'analyse climatique repose sur l'exploitation de données météorologiques provenant de plusieurs sources représentatives, permettant d'identifier les meilleures conditions pour le développement des centrales solaires incluant Moroni (côte ouest), Mitsamiouli (côte est) et les zones d'altitude moyenne (Dembéni). Cette approche permet d'identifier les variations climatiques locales en termes de température, humidité et vent, afin d'assurer une évaluation adaptée aux différentes conditions météorologiques de l'île.

4.2.1.1 TEMPÉRATURE

Les températures sont relativement constantes tout au long de l'année, avec des variations modérées entre les saisons :

- Moyenne annuelle : entre 21°C et 31°C.
- Saison chaude et humide (novembre à avril) : températures maximales avoisinant 30-31°C, avec une forte sensation de chaleur due à l'humidité.
- Saison sèche et plus fraîche (mai à octobre) : températures légèrement plus basses, oscillant entre 24°C et 28°C.
- En altitude, notamment sur les pentes du Mont Karthala, les températures peuvent descendre jusqu'à 10-15°C, avec une fraîcheur plus marquée.

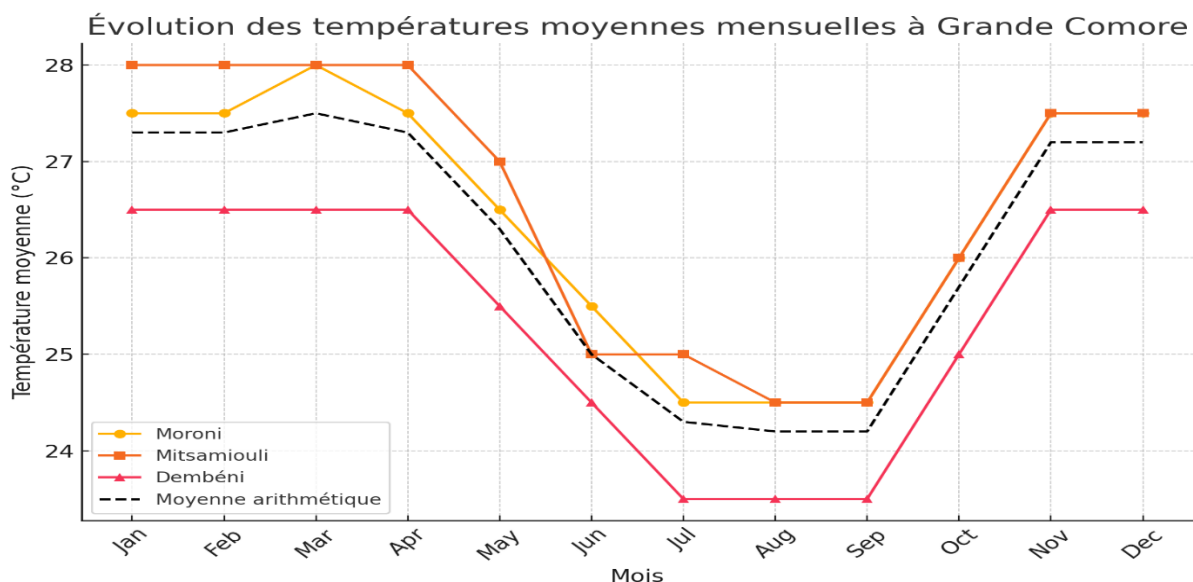


Figure 17- Evolution des Températures moyennes mensuelle à Grande Comores (© Weather Spark)

Le Tableau 1 ci-dessous présente les températures moyennes mensuelles enregistrées à Moroni, Mitsamiouli et Dembéni, avec une moyenne arithmétique mensuelle.

Tableau 9- Température moyenne annuelle Grande Comores (°C) (© Weather Spark)

Month	Moroni	Mitsamiouli	Dembéni	Moyenne arithmétique mensuelle
Janvier	27,5	28	26,5	27,3
Février	27,5	28	26,5	27,3
Mars	28	28	26,5	27,5
Avril	27,5	28	26	27,2
Mai	26,5	27	25,5	26,3
Juin	25,5	25,5	24,5	25,2
Juillet	24,5	25	23,5	24,3
Aout	24,5	24,5	23,5	24,2
Septembre	24,5	25	23,5	24,3
Octobre	26	26	25	25,7
Novembre	27,5	27,5	26,5	27,2
Décembre	27,5	28	26,5	27,3
Moyenne arithmétique annuelle	26,4	26,7	25,3	26,2

L'analyse de ces données montre que :

- Mitsamiouli est la zone la plus chaude avec une température moyenne annuelle de **26,7°C**.
- Dembéni, situé en altitude, est plus frais avec une moyenne de **25,3°C**.
- Moroni présente des températures intermédiaires, avec une moyenne de **26,4°C**.
- La **moyenne arithmétique annuelle** des trois zones est de **26,2°C**, ce qui donne une bonne représentation du climat de Grande Comores.

4.2.1.2 VENT

4.2.1.2.1 Analyse

Le vent dans les trois régions étudiées présente une variation saisonnière marquée avec une distinction claire entre une période venteuse et une période calme.

- Période venteuse :
 - Moroni : du 24 avril au 19 août (3,8 mois) avec une vitesse moyenne supérieure à 16,6 km/h. Le mois le plus venteux est juin (20,5 km/h).
 - Dembéni : du 25 avril au 18 août (3,8 mois) avec une vitesse moyenne supérieure à 16,5 km/h. Le mois le plus venteux est juin (20,3 km/h).
 - Mitsamiouli : du 23 avril au 21 août (3,9 mois) avec une vitesse moyenne supérieure à 16,5 km/h. Le mois le plus venteux est juin (20,0 km/h).

La période venteuse est quasi identique dans les trois régions, avec des vitesses de vent moyennes comprises entre 16,5 et 20,5 km/h. Le mois de juin est systématiquement le plus venteux.

- Période calme :
 - Moroni : du 19 août au 24 avril (8,2 mois). Le mois le plus calme est mars (12,7 km/h).
 - Dembéni : du 18 août au 25 avril (8,2 mois). Le mois le plus calme est mars (12,5 km/h).

- Mitsamiouli : du 21 août au 23 avril (8,1 mois). Le mois le plus calme est mars (12,9 km/h).

La période calme est légèrement plus longue que la période venteuse, s'étendant sur 8,1 à 8,2 mois. Le mois de mars est le plus calme dans toutes les régions, avec des vitesses moyennes comprises entre 12,5 et 12,9 km/h.

La direction moyenne principale du vent évolue en fonction des saisons :

- Dembéli :
 - Est : 8 mars - 11 avril & 2 septembre - 14 décembre (max 78 % le 31 octobre).
 - Sud : 11 avril - 2 septembre (max 81 % le 14 juin).
 - Nord : 14 décembre - 8 mars (max 62 % le 1er janvier).
- Mitsamiouli :
 - Est : 8 mars - 16 avril & 27 août - 16 décembre (max 84 % le 2 novembre).
 - Sud : 16 avril - 27 août (max 80 % le 3 juillet).
 - Nord : 16 décembre - 8 mars (max 63 % le 1er janvier).

Une forte dominance des vents d'est en fin d'année (septembre - décembre).

Une prédominance des vents du sud pendant la période venteuse (avril - août).

Une proportion modérée de vents du nord en début d'année (décembre - mars).

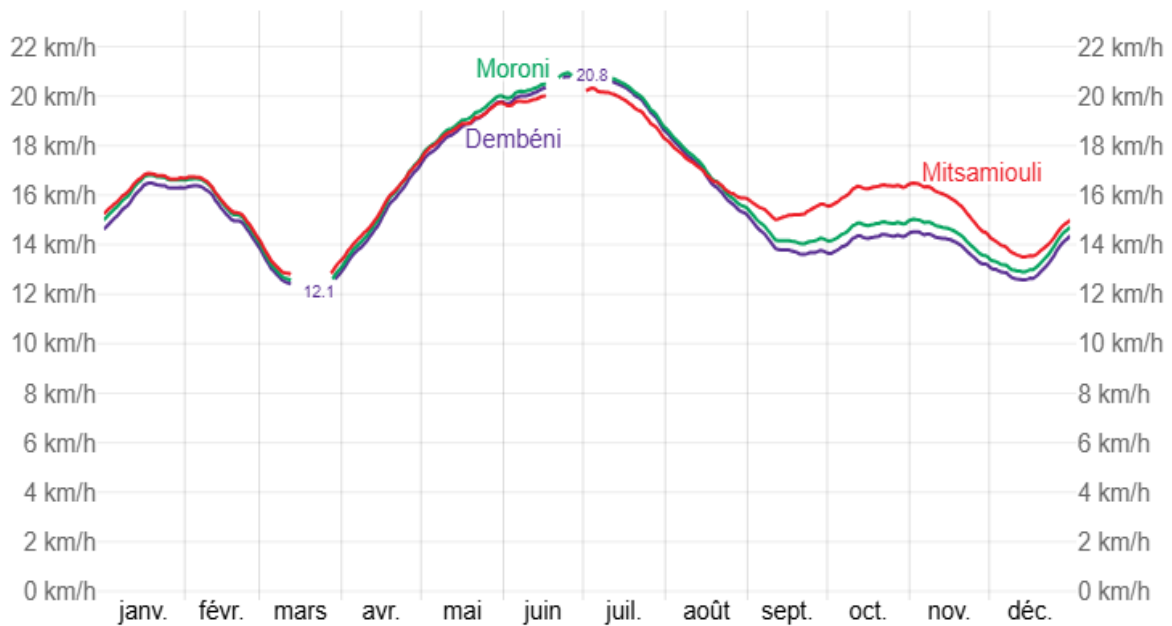


Figure 18- Comparaison de la vitesse moyenne du vent pour Dembéli, Moroni et Mitsamiouli (@ Weather Spark)

Tableau 10-Vitesse de vent moyenne annuelle Grande Comores (km/h) (@ Weather Spark)

Month	Moroni	Mitsamiouli	Dembéli	Moyenne arithmétique
Janvier	16,3	16,4	15,9	16,2
Février	15,7	15,7	15,4	15,6

Mars	12,7	12,9	12,5	12,7
Avril	15,5	15,6	15,2	15,4
Mai	19	18,8	18,8	18,9
Juin	20,5	20	20,3	20,3
Juillet	20,2	19,6	20,1	20,0
Aout	16,9	16,8	16,7	16,8
Septembre	14,3	15,4	14	14,6
Octobre	14,7	16,2	14,2	15,0
Novembre	14,4	15,6	14	14,7
Décembre	13,5	14	13,2	13,6
Moyenne arithmétique annuelle	16,1	16,4	15,9	16,1

4.2.1.2.2 Conclusion

L'île de Grande Comores connaît une dynamique venteuse marquée par une saisonnalité bien définie :

- Une période venteuse de fin avril à mi-août avec des vitesses moyennes entre 16,5 et 20,5 km/h, atteignant un pic en juin.
- Une période calme de mi-août à fin avril, où les vitesses moyennes baissent entre 12,5 et 12,9 km/h, avec un minimum en mars.
- Les directions dominantes du vent varient selon la saison :
 - Vents du sud pendant la période venteuse (avril - août).
 - Vents de l'est en fin d'année (septembre - décembre).
 - Vents du nord en début d'année (décembre - mars).

L'ensemble de l'île suit un schéma cohérent avec des tendances similaires entre les différentes régions. Ces données sont essentielles pour l'évaluation du potentiel solaire, la planification des infrastructures et la gestion des risques liés aux vents forts.

4.2.1.3 HUMIDITÉ

4.2.1.3.1 Analyse

L'humidité perçue est **élevée et persistante** dans les trois régions étudiées, avec des périodes prolongées de sensation de lourdeur, d'oppression ou d'étouffement.

- Période la plus lourde (forte humidité perçue) :
 - Moroni : du 29 août au 26 juin (9,9 mois), avec une sensation de lourdeur présente 88 % du temps.
 - Mitsamiouli : du 26 août au 28 juin (10 mois), avec une sensation de lourdeur présente 89 % du temps.
 - Dembéni : du 30 août au 24 juin (9,8 mois), avec une sensation de lourdeur présente 84 % du temps.

Mitsamiouli est la région la plus humide, avec 89 % du temps en sensation lourde, contre 88 % à Moroni et 84 % à Dembéni.

La période de lourdeur est presque identique dans les trois régions, s'étalant de fin août à fin juin.

- Période la plus légère (moins de jours lourds) :
 - Moroni : juillet est le mois le plus léger avec 26,3 jours lourds.
 - Mitsamiouli : juillet est le mois le plus léger avec 26,5 jours lourds.
 - Dombéni : juillet est le mois le plus léger avec 24,6 jours lourds.

Même en juillet, plus de 24 jours sur 31 sont perçus comme lourds.

Dombéni est légèrement plus sèche que les autres régions en juillet, mais la différence reste marginale.

- Mois extrêmes en humidité
 - Le mois le plus humide : Mars est systématiquement le mois le plus lourd, avec 31 jours de lourdeur à Moroni, Mitsamiouli et Dombéni.
 - Le mois le moins humide : Juillet, bien qu'encore très humide, est celui où l'on observe le moins de jours lourds.

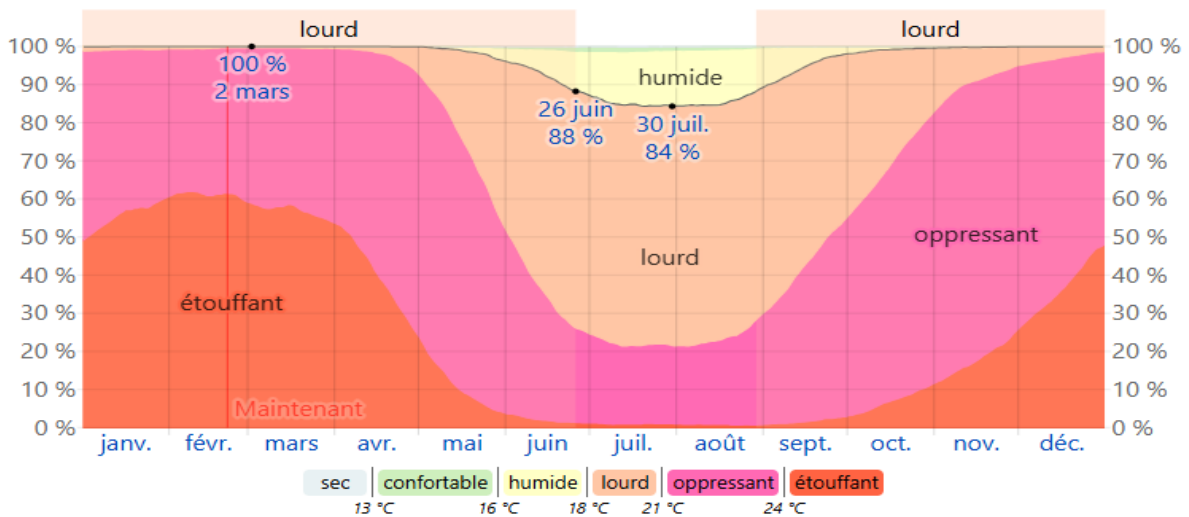


Figure 19- Moyenne mensuelle d'humidité à Moroni (@ Weather Spark)

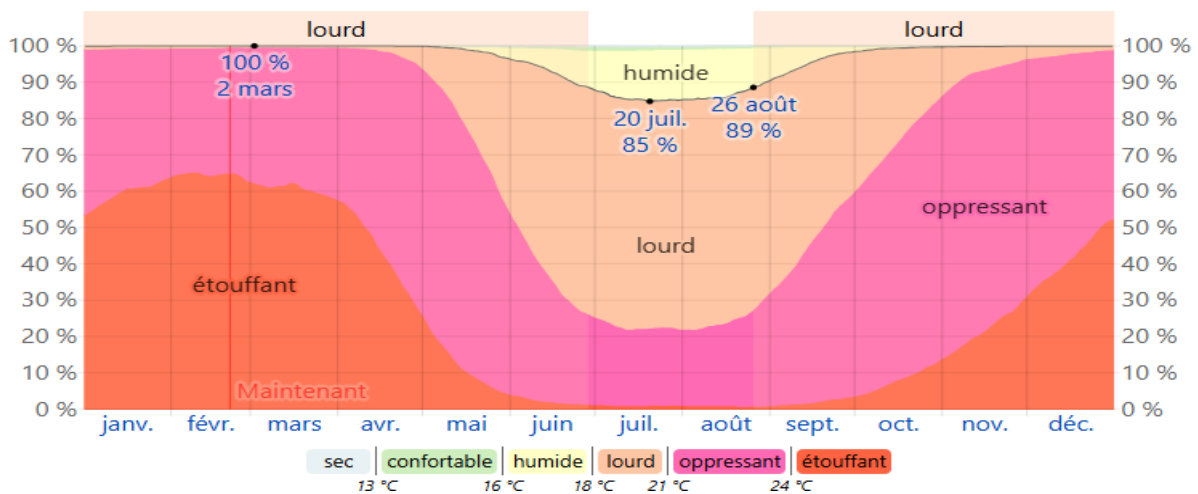


Figure 20- Moyenne mensuelle d'humidité à Mitsamiouli (@ Weather Spark)

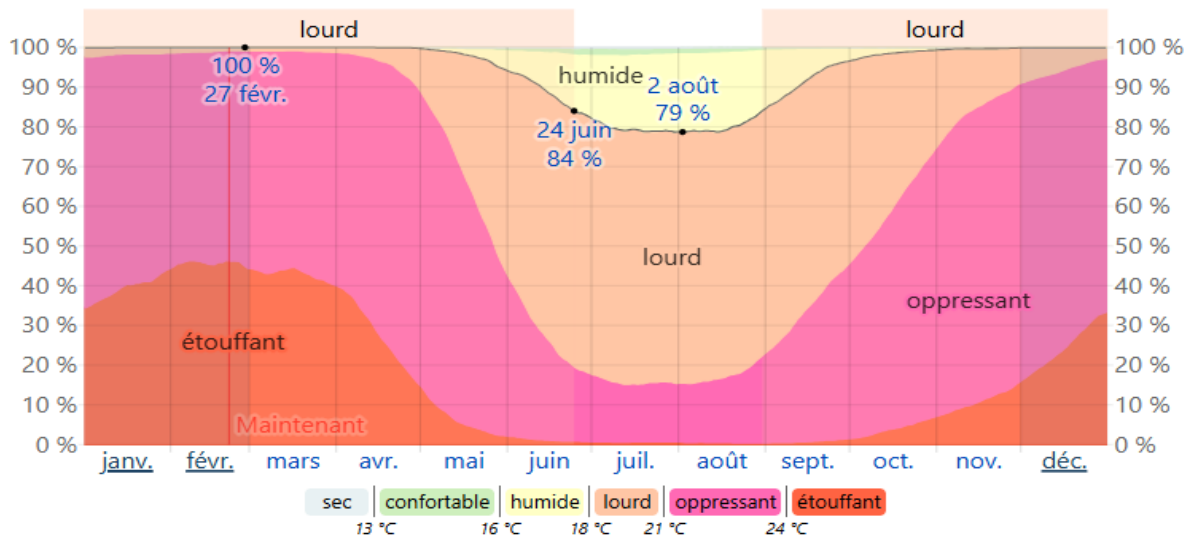


Figure 21- Moyenne mensuelle d'humidité à Dembéli (© Weather Spark)

4.2.1.3.2 Conclusion

L'humidité perçue au à Grande Comores est extrêmement élevée tout au long de l'année, avec près de 10 mois où la sensation de lourdeur est quasi constante. Les tendances globales sont :

- Une humidité persistante, ressentie comme lourde et oppressante plus de 84 % du temps dans toutes les régions.
- Mars est le mois le plus humide, avec 100 % des jours considérés comme lourds dans toutes les zones étudiées.
- Juillet est le mois le moins lourd, mais reste extrêmement humide avec plus de 24 jours lourds sur 31.
- Mitsamiouli est la région la plus humide, avec 89 % du temps en sensation lourde, suivie de Moroni (88 %) et Dembéli (84 %).

4.2.2 DONNEES CLIMATIQUES : ANJOUAN

L'île d'Anjouan (Ndzuwani) possède un climat tropical maritime, influencé par l'océan Indien et les alizés de l'est, qui façonnent ses conditions météorologiques. Ce climat se caractérise par des températures élevées, une humidité persistante et des précipitations marquées, dont l'intensité varie en fonction des saisons et du relief de l'île.

Étant donné que le projet couvre l'ensemble de l'île d'Anjouan, l'analyse climatique repose sur l'exploitation de données météorologiques provenant de plusieurs sources représentatives, permettant d'identifier les meilleures conditions pour le développement des centrales solaires incluant les zones côtières comme Bimbini (côte est), Domoni (côte sud-est) et Mutsamudu (côte nord-ouest) et les zones d'altitude moyenne. Cette approche permet d'identifier les variations climatiques locales en termes de température, humidité et vent, afin d'assurer une évaluation adaptée aux différentes conditions météorologiques de l'île.

4.2.2.1 TEMPÉRATURE

Les températures sont relativement constantes tout au long de l'année, avec des variations modérées entre les saisons :

- La température moyenne mensuelle varie entre 24,0°C (août) et 27,8°C (mars).
- Deux saisons distinctes sont observées :
- Saison chaude et humide (novembre - avril) : Températures élevées autour de 27-28°C.
- Saison plus fraîche et sèche (mai - octobre) : Températures plus basses, atteignant un minimum de 24-25°C.

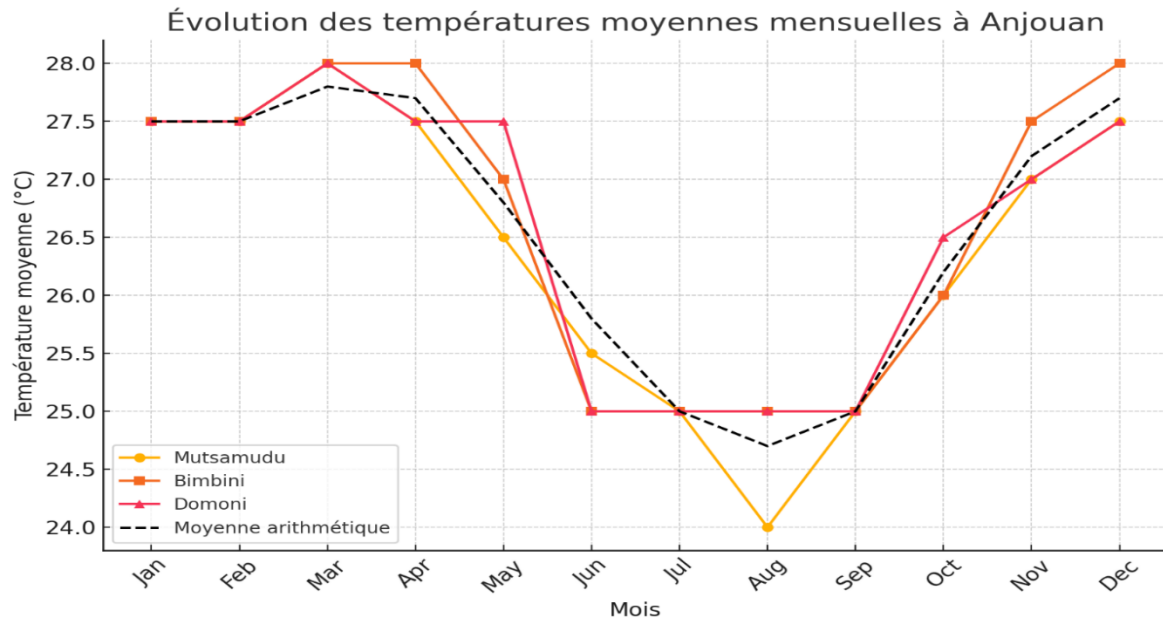


Figure 22- Evolution des Températures moyennes mensuelle à Anjouan (© Weather Spark)

Le Tableau 1 ci-dessous présente les températures moyennes mensuelles enregistrées à Mutsamudu, Bimbini et Domoni, avec une moyenne arithmétique mensuelle.

Tableau 11- Température moyenne annuelle Anjouan (°C) (© Weather Spark)

Month	Mutsamudu	Bimbini	Domoni	Moyenne arithmétique
Jan	27,5	27,5	27,5	27,5
Feb	27,5	27,5	27,5	27,5
Mar	27,5	28	28	27,8
Apr	27,5	28	27,5	27,7
May	26,5	27	27,5	27,0
Jun	25,5	26	26	25,8
Jul	25	25	25	25,0
Aug	24	25	25	24,7
Sep	25	25	25	25,0
Oct	26	26	26,5	26,2
Nov	27	27,5	27,5	27,3
Dec	27,5	28	27,5	27,7

Moyenne	26,4	26,7	26,7	26,6
---------	------	------	------	------

L'analyse montre une forte stabilité thermique tout au long de l'année, avec une nette différence entre la saison des pluies et la saison sèche. Les températures les plus élevées sont enregistrées à Bimbini et Domoni, tandis que Mutsamudu présente des variations plus prononcées, notamment une baisse plus marquée en août :

- Bimbini présente les températures les plus élevées, avec une moyenne annuelle de 26,7°C.
- Mutsamudu, la capitale, a une température légèrement plus basse avec une moyenne de 26,4°C.
- Domoni a une température similaire à Bimbini, avec une moyenne de 26,7°C.
- La moyenne arithmétique des trois zones est de 26,6°C, ce qui reflète une tendance climatique uniforme sur l'île.

Mutsamudu et Bimbini ont des variations plus marquées en saison sèche, notamment en juillet et août, où la température peut descendre jusqu'à 24-25°C.

Bimbini et Domoni ont des températures plus homogènes sur l'année, avec un pic de chaleur en mars-avril et une légère baisse en juillet-août.

4.2.2.2 VENT

4.2.2.2.1 Analyse

L'île d'Anjouan connaît une variation saisonnière marquée en termes de vitesse du vent. Dans toutes les localités étudiées (**Mutsamudu, Bimbini et Domoni**), on observe deux périodes distinctes :

- Une saison venteuse (30 avril - 12 août) :
 - C'est la période où les vents sont les plus forts, avec des vitesses moyennes **supérieures à 15,4 km/h**.
 - **Juin est le mois le plus venteux**, avec des vitesses horaires moyennes atteignant **18,2 à 18,8 km/h** selon la localité.

Cette intensité du vent peut être attribuée à l'influence des alizés du sud-est, qui dominent cette période.

- Une saison calme (12 août - 30 avril) :
 - Durant cette période, la vitesse moyenne du vent diminue en dessous de **15,4 km/h**.
 - Mars est le mois le plus calme, avec des vitesses horaires moyennes de 12,5 à 12,7 km/h.

Cela correspond à une période de transition où l'influence des alizés est moins marquée.

La direction principale du vent varie au cours de l'année :

- Vent dominant de l'Est :
 - Présent sur 1,1 à 1,2 mois (mars - avril) et de septembre à mi-décembre.
 - Le 25 octobre, on observe un pic avec 73 à 74 % des vents venant de l'est.

Ces vents sont caractéristiques de l'influence océanique et du cycle des alizés.

- Vent dominant du Sud :
 - Présent sur **4,6 à 4,7 mois** (mi-avril - début septembre).

- Il atteint son maximum le 12-14 juillet, avec 76 à 78 % des vents soufflant du sud.

Cela correspond à la période la plus venteuse de l'année.

- Vent dominant du Nord :
 - Présent sur **2,8 mois** (décembre - mars).
 - Son maximum est observé le 1er janvier, avec 53 à 55 % des vents soufflant du nord.

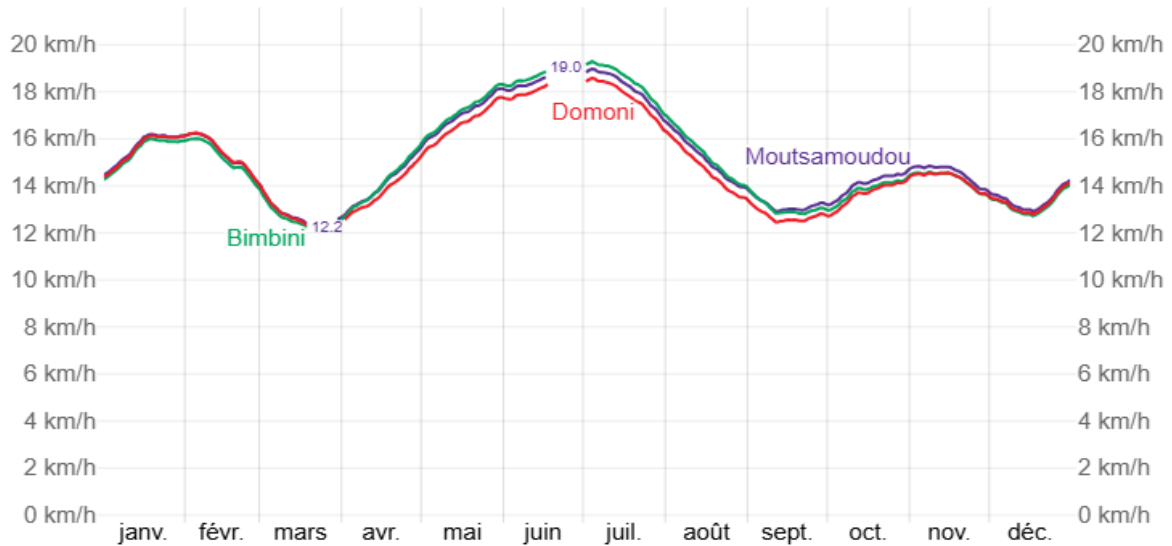


Figure 23- Comparaison de la vitesse moyenne du vent pour Mutsamudu, Bimbini et Domoni(© Weather Spark)

Tableau 12- Vitesse de vent moyenne annuelle Anjouan (km/h) (© Weather Spark)

Month	Mutsamudu	Bimbini	Domoni	Moyenne arithmétique
Jan	15,6	15,4	15,6	15,5
Feb	15,4	15,2	15,4	15,3
Mar	12,7	12,5	12,6	12,6
Apr	14,1	14,2	13,8	14,0
May	17,1	17,2	16,7	17,0
Jun	18,6	18,8	18,2	18,5
Jul	18,1	18,4	17,7	18,1
Aug	15,1	15,2	14,6	15,0
Sep	13,2	13	12,7	13,0
Oct	14,1	13,9	13,7	13,9
Nov	14,5	14,3	14,2	14,3
Dec	13,4	13,2	13,3	13,3
Moyenne	15,2	15,1	14,9	15,0

4.2.2.2.2 Conclusion

L'île d'Anjouan présente une dynamique venteuse caractérisée par une saisonnalité bien définie :

- Une période venteuse de fin avril à début août, avec des vitesses moyennes comprises entre 15,4 et 18,8 km/h, atteignant un pic en juin.
- Une période calme de mi-août à fin avril, où les vitesses moyennes diminuent entre 12,5 et 12,7 km/h, avec un minimum en mars.

Les directions dominantes du vent varient selon la saison :

- Vents du sud pendant la période venteuse (avril - août).
- Vents de l'est en fin d'année (septembre - décembre).
- Vents du nord en début d'année (décembre - mars).

L'ensemble de l'île suit un schéma cohérent avec des tendances similaires entre Mutsamudu, Bimbini et Domoni. Ces données sont essentielles pour l'évaluation du potentiel éolien et solaire, la planification des infrastructures et la gestion des risques liés aux vents forts.

4.2.2.3 HUMIDITÉ

4.2.2.3.1 Analyse

L'humidité à Anjouan est très élevée tout au long de l'année, avec des niveaux de confort liés au point de rosée indiquant une sensation lourde, oppressante ou étouffante sur une grande partie de l'année. Contrairement à la température, l'humidité varie plus lentement entre le jour et la nuit, ce qui signifie que les nuits restent aussi humides que les journées.

- Domoni connaît peu de variations saisonnières, avec 95 % \pm 5 % du temps où l'humidité est élevée toute l'année.
- Mutsamudu a une période d'humidité élevée de 11 mois (19 août - 3 juillet), avec au moins 91 % du temps où l'air est oppressant. Juillet est le mois le moins humide, avec 27,7 jours lourds.
- Bimbini a une période d'humidité élevée de 10 mois (19 août - 30 juin), avec au moins 92 % du temps où l'humidité est oppressante. Juillet est aussi le mois le moins humide, avec 28 jours lourds.

La période la plus humide s'étend de mi-août à fin juin, où plus de 90 % du temps est perçu comme lourd et oppressant.

La période la plus "sèche" (relative) se situe en juillet, où les jours de forte humidité sont légèrement moins nombreux.

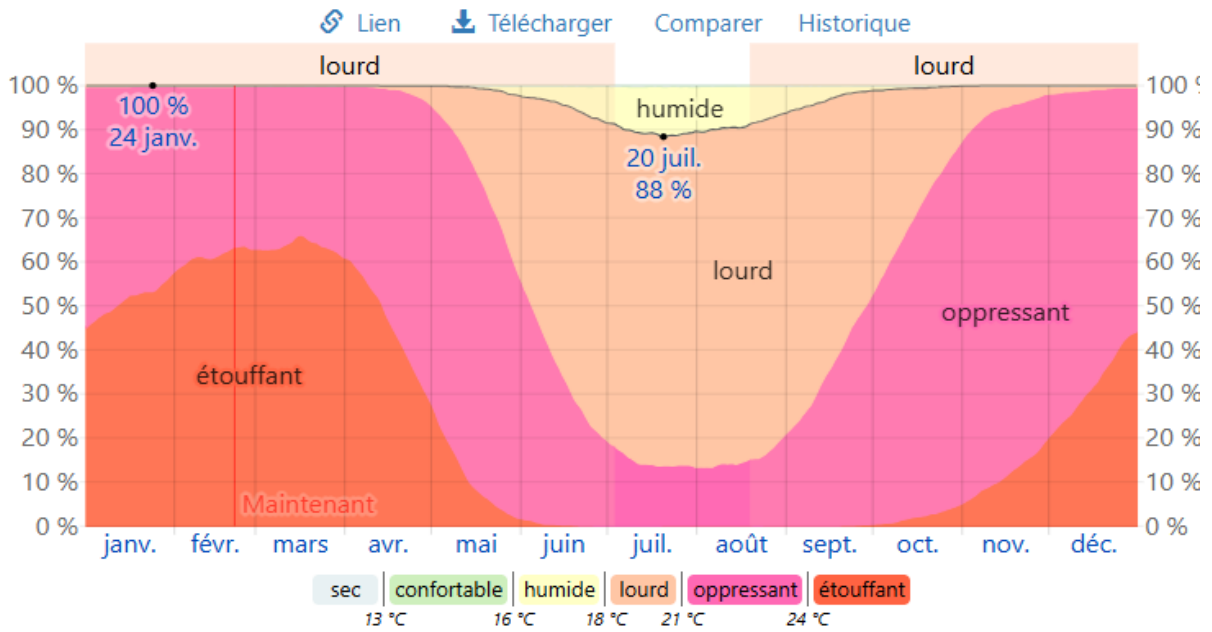


Figure 24- Moyenne mensuelle d'humidité à Mutsamudu (© Weather Spark)

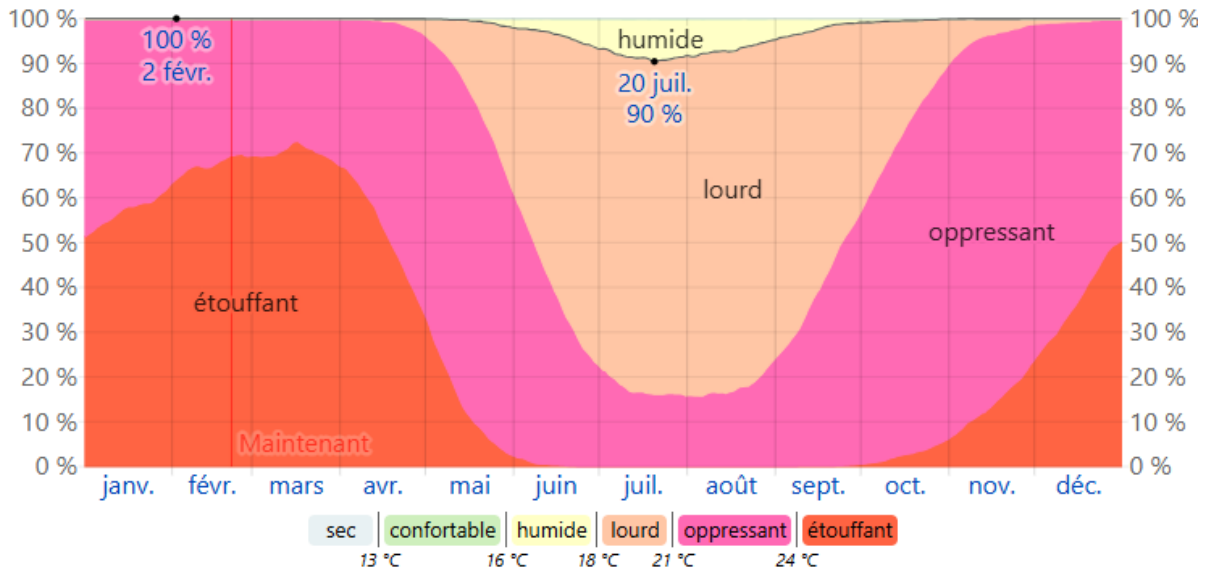


Figure 25- Moyenne mensuelle d'humidité à Domoni (© Weather Spark)

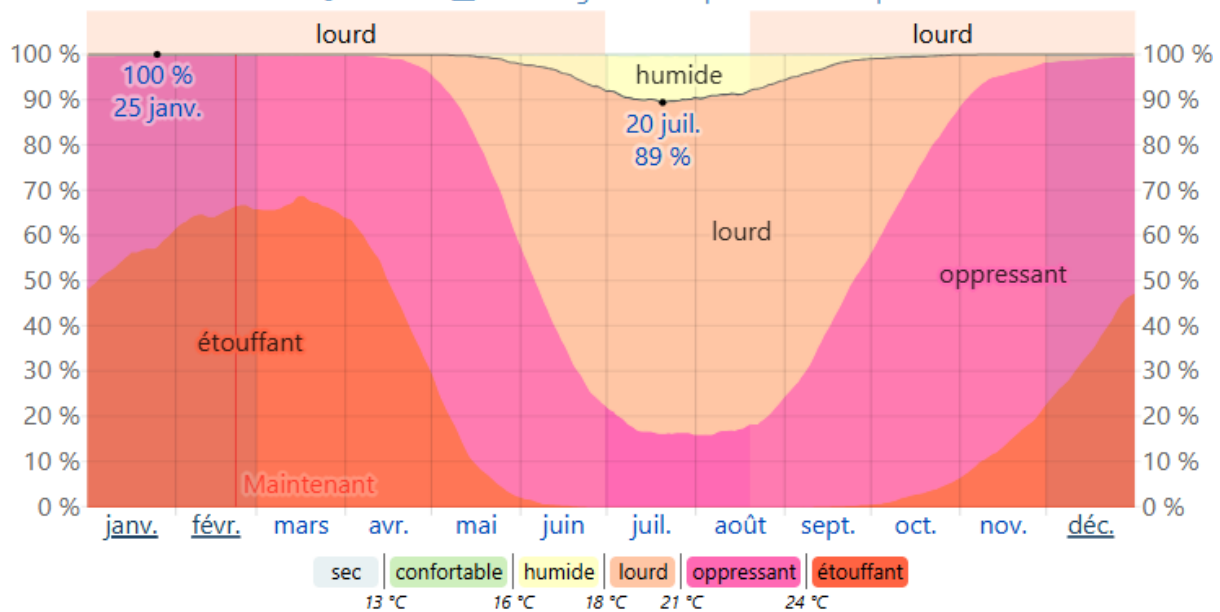


Figure 26- Moyenne mensuelle d'humidité à Bimbini (© Weather Spark)

4.2.2.3.2 Conclusion

L'île d'Anjouan connaît une humidité persistante et oppressante tout au long de l'année, avec peu de variations saisonnières.

- Juillet est le mois le moins humide, bien que l'humidité reste élevée.
- Domoni est la localité la plus humide, sans réelle variation annuelle.
- Mutsamudu et Bimbini ont une légère baisse d'humidité en juillet, mais restent globalement très humides.

4.2.3 DONNEES CLIMATIQUES : MOHELI

Mohéli, la plus petite des îles, bénéficie d'un climat similaire à celui d'Anjouan et de Grande Comores, avec quelques variations :

- Son **climat tropical maritime** est marqué par des **températures élevées et une humidité constante**, mais avec des variations **moins prononcées** que sur les autres îles.
- **Les précipitations y sont abondantes**, bien que légèrement inférieures à celles d'Anjouan, et réparties de manière plus homogène sur l'année.
- **L'humidité reste élevée toute l'année**, mais elle est **plus stable** qu'en Grande Comores, où elle varie davantage en fonction de l'altitude.
- **Les vents sont modérés et plus réguliers**, avec une influence des **alizés du sud et de l'est**, limitant les épisodes de vents violents.

Étant donné que le projet couvre l'ensemble de l'île de Mohéli, l'analyse climatique repose sur l'exploitation de données météorologiques provenant de plusieurs sources représentatives, permettant d'identifier les meilleures conditions pour le développement des centrales solaires, incluant Fomboni (côte ouest), Nioumachoua (côte sud). Cette approche permet d'identifier les variations climatiques locales en termes de température, humidité et vent, afin d'assurer une évaluation adaptée aux différentes conditions météorologiques de l'île.

4.2.3.1 TEMPÉRATURE

Fomboni et Nioumachoua présentent des températures identiques tout au long de l'année.

Les écarts de température sont faibles, ce qui indique une homogénéité climatique sur l'ensemble de l'île.

- La température moyenne mensuelle varie entre 24,5°C (juillet - septembre) et 28°C (janvier - mars).
- Deux saisons distinctes sont observées :
 - Saison chaude et humide (novembre - mai) : Températures élevées, entre 26,5°C et 28°C, avec un pic en décembre (31°C max).
 - Saison plus fraîche (juillet - septembre) : Températures plus basses, atteignant un minimum de 24,5°C en juillet et août, mais restant relativement douces.

Le mois le plus chaud est décembre, avec une température moyenne maximale de 31°C et minimale de 24°C à Fomboni et 25°C à Nioumachoua.

Le mois le plus frais est août, avec une température moyenne minimale de 21°C et maximale de 28°C.

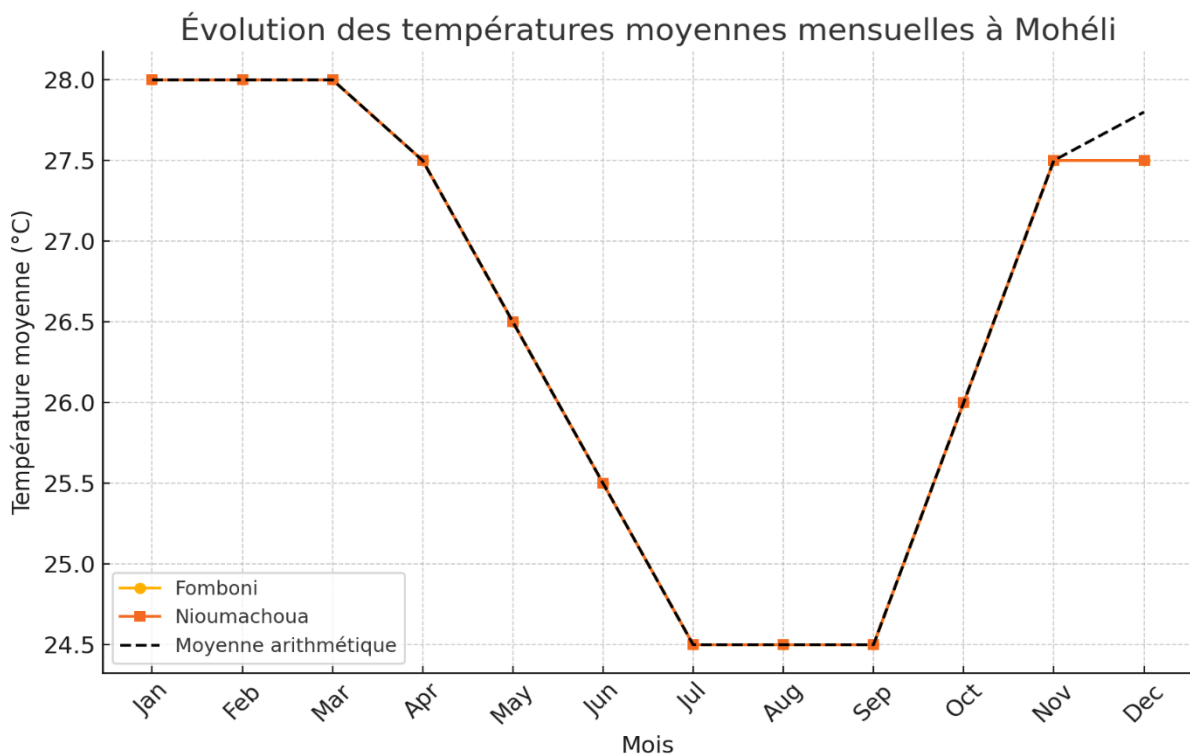


Figure 27- Evolution des Températures moyennes mensuelle à Mohéli (© Weather Spark)

Le tableau en dessous présente les températures moyennes mensuelles à Fomboni et Nioumachoua, ainsi que la moyenne arithmétique pour l'île de Mohéli.

Tableau 13- Température moyenne annuelle Mohéli (°C) (© Weather Spark)

Month	Fomboni	Nioumachoua	Moyenne arithmétique
Jan	28	28	28,0

Feb	28	28	28,0
Mar	28	28	28,0
Apr	27,5	27,5	27,5
May	26,5	26,5	26,5
Jun	25,5	25,5	25,5
Jul	24,5	24,5	24,5
Aug	24,5	24,5	24,5
Sep	24,5	24,5	24,5
Oct	26	26	26,0
Nov	27,5	27,5	27,5
Dec	27,5	28	27,8
Moyenne	26,5	26,5	26,5

L'analyse des températures à Mohéli montre une faible variabilité climatique entre les différentes localités. Fomboni et Nioumachoua présentent des températures similaires, avec une saison chaude prolongée et une courte période plus fraîche.

Les températures élevées et la constance du climat favorisent le développement de centrales solaires sur l'île, en garantissant un bon niveau d'ensoleillement toute l'année.

4.2.3.2 VENT

4.2.3.2.1 Analyse

Le vent dans les deux localités étudiées (Fomboni et Nioumachoua) présente une variation saisonnière marquée, avec une distinction entre une période venteuse et une période calme.

- Période venteuse
 - Fomboni : du 28 avril au 16 août (3,6 mois) avec une vitesse moyenne supérieure à 16,4 km/h : Le mois le plus venteux est juin, avec une vitesse moyenne de 20,1 km/h.
 - Nioumachoua : du 28 avril au 16 août (3,6 mois) avec une vitesse moyenne supérieure à 16,8 km/h : Le mois le plus venteux est juin, avec une vitesse moyenne de 20,6 km/h.

Les périodes venteuses sont identiques dans les deux localités, avec des vitesses de vent moyennes comprises entre 16,4 et 20,6 km/h. Le mois de juin est systématiquement le plus venteux.

- Période calme
 - Fomboni : du 16 août au 28 avril (8,4 mois) : **Le mois le plus calme est mars**, avec une vitesse moyenne de **12,5 km/h**.
 - Nioumachoua : du 16 août au 28 avril (8,4 mois) : **Le mois le plus calme est mars**, avec une vitesse moyenne de **12,7 km/h**.

La période calme est plus longue que la période venteuse, s'étendant sur 8,4 mois. Mars est le mois le plus calme, avec des vitesses moyennes comprises entre 12,5 et 12,7 km/h.

Direction dominante du vent selon les saisons est comme suit :

- Fomboni
 - Vents de l'Est : 8 mars - 8 avril & 7 septembre - 14 décembre (max 69 % le 25 octobre).
 - Vents du Sud : 8 avril - 7 septembre (max 80 % le 10 juin).

- Vents du Nord : 14 décembre - 8 mars (max 54 % le 1er janvier).
- Nioumachoua
 - Vents de l'Est : 8 mars - 7 avril & 9 septembre - 13 décembre (max 67 % le 25 octobre).
 - Vents du Sud : 7 avril - 9 septembre (max 81 % le 6 juin).
 - Vents du Nord : 13 décembre - 8 mars (max 54 % le 1er janvier).

Une forte dominance des vents d'Est en fin d'année (septembre - décembre).
Une prédominance des vents du Sud pendant la période venteuse (avril - août).

Une proportion modérée de vents du Nord en début d'année (décembre - mars).

4.2.3.2 Conclusion

L'analyse du vent à Mohéli montre une dynamique saisonnière bien définie, similaire entre Fomboni et Nioumachoua :

- La période venteuse dure 3,6 mois, avec des vitesses comprises entre 16,4 et 20,6 km/h, culminant en juin.
- La période calme dure 8,4 mois, avec mars comme mois le plus calme, et des vitesses autour de 12,5 à 12,7 km/h.
- Le vent souffle principalement du Sud en période venteuse, de l'Est en fin d'année, et du Nord en début d'année.

Ces informations sont essentielles pour l'évaluation du potentiel éolien et solaire, ainsi que pour la planification des infrastructures et la gestion des impacts liés aux vents forts.

4.2.3.3 HUMIDITÉ

L'île de Mohéli présente une humidité constamment élevée tout au long de l'année, avec peu de variations saisonnières marquées. L'analyse repose sur le point de rosée, qui influence la sensation de confort thermique et la capacité du corps à réguler la transpiration.

L'humidité à Fomboni et Nioumachoua est élevée toute l'année, avec une période très humide qui domine le climat :

- Fomboni : L'humidité est oppressante ou étouffante pendant 9,8 mois, soit 88 % du temps, de fin août à fin juin.
- Nioumachoua : L'humidité est oppressante ou étouffante pendant 9,8 mois, soit 89 % du temps, de fin août à fin juin.

La quasi-totalité de l'année est marquée par une forte humidité, influencée par la proximité de l'océan Indien et la stabilité thermique.

- Période la plus lourde (humidité élevée)
 - Fomboni : 30 août - 25 juin (9,8 mois) avec 88 % du temps en condition oppressante.
 - Nioumachoua : 30 août - 24 juin (9,8 mois) avec 89 % du temps en condition oppressante.
- Période la moins lourde (humidité plus faible)
 - Fomboni : Juillet est le mois le plus "sec", avec 26,1 jours de forte humidité.
 - Nioumachoua : Juillet est également le mois le plus "sec", avec 26,4 jours de forte humidité.

Même pendant la période la moins humide, plus de 85 % du mois est encore perçu comme lourd et oppressant, ce qui signifie une humidité omniprésente toute l'année.

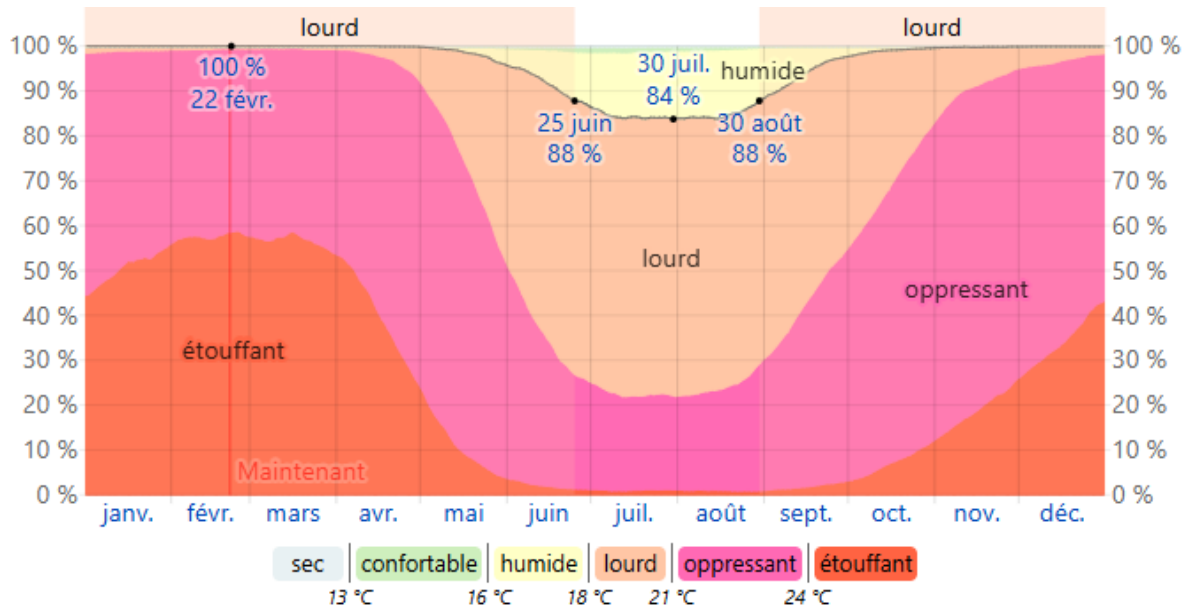


Figure 28- Moyenne mensuelle d'humidité à Fomboni (© Weather Spark)

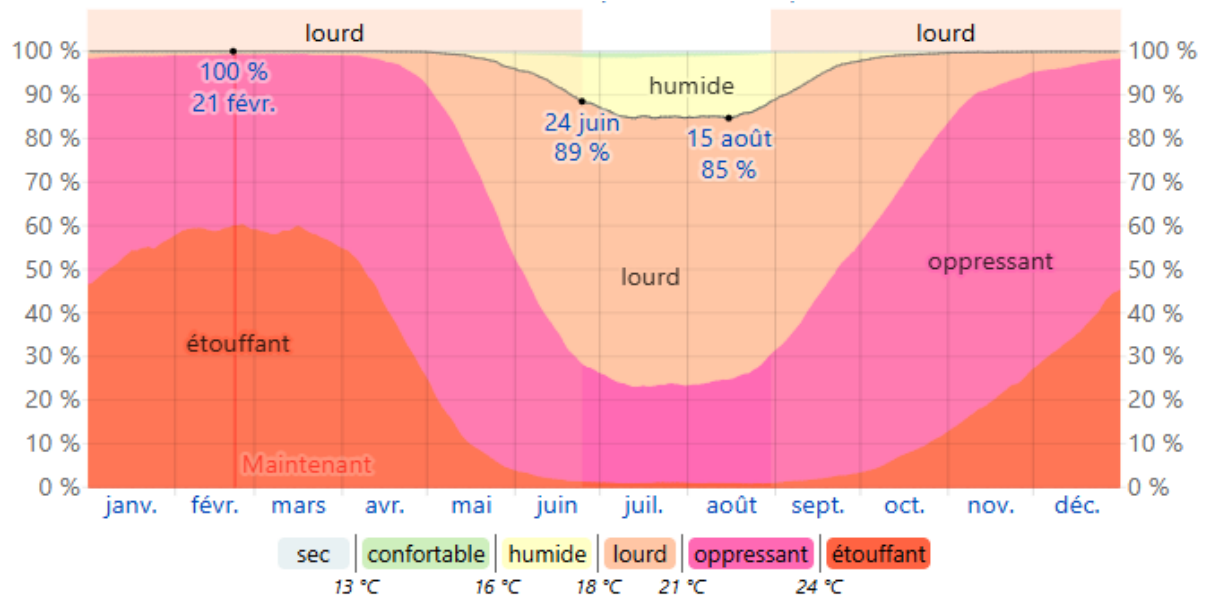


Figure 29- Moyenne mensuelle d'humidité à Nioumachoua (© Weather Spark)

L'analyse de l'humidité à Mohéli montre une constance remarquable tout au long de l'année :

- Une période de forte humidité de près de 10 mois, couvrant 88 à 89 % du temps, avec un point de rosée élevé.
- Juillet est le mois le moins lourd, mais l'humidité reste très présente avec plus de 26 jours de forte humidité.
- Peu de différence entre Fomboni et Nioumachoua, confirmant un climat homogène sur l'île.

Ces conditions doivent être prises en compte dans la planification des infrastructures et des projets énergétiques, notamment pour l'impact de l'humidité sur les équipements solaires et éoliens, ainsi que pour les stratégies d'adaptation au climat local.

4.3 ETUDE D'IRRADIATION SOLAIRE

4.3.1 APPROCHE

Afin de déterminer les estimations de GHI (*Global Horizontal Irradiance* – Irradiance Horizontale Globale) à long terme les plus précises, MRV Energy évalue en continu les bases de données disponibles sur le marché ainsi que les approches de sélection et de pondération des données. Dans cette recherche, actuellement 38 sites répartis dans le monde entier et dans toutes les zones climatiques pertinentes sont utilisés comme sites de référence. Les données de référence proviennent principalement de réseaux scientifiques de mesure du rayonnement, dont l'objectif est de fournir des données sur le changement climatique et la validation des modèles. Les moyennes mensuelles et annuelles de référence sont établies sur une période récente couvrant plusieurs années.

Suite aux recherches de MRV, les méthodes de pondération se sont révélées plus précises pour estimer le GHI à long terme et surpassent généralement les bases de données individuelles, c'est-à-dire qu'elles sont supérieures à la simple sélection de données. Cette supériorité s'explique par la nature de la plupart des bases de données, qui reposent principalement sur des modèles pour la résolution spatiale des informations et leur provenance. De plus, les données d'entrée peuvent être incomplètes ou non totalement représentatives d'un site donné. Ainsi, les estimations spécifiques à un site à partir d'une seule base de données varient en fonction des limites des modèles ou peuvent être biaisées.

La meilleure base de données individuelle évaluée jusqu'à présent présente une incertitude (RMSE) de 2,6 % pour l'estimation du GHI annuel à long terme. La pondération de plusieurs jeux de données permet de compenser en partie cette déficience, la sélection appropriée des bases de données étant cruciale dans ce contexte.

MRV a étudié différentes approches pour combiner les jeux de données. La pondération des bases de données en fonction du nombre d'années contenues dans chaque ensemble de données et sur la base de l'inverse de la résolution spatiale s'est révélée être la plus précise à l'échelle mondiale, avec une incertitude (RMSE) de 2,2 % pour l'estimation du GHI annuel à long terme. Dans ce cadre, la résolution spatiale et son intégration dans la pondération ont montré une importance croissante, en comparant les résultats obtenus pour des sites regroupés en zones continentales, côtières et insulaires de petite taille.

Pour les estimations mensuelles du GHI à long terme, des résultats similaires ont été obtenus, les méthodes de pondération étant globalement plus précises que l'utilisation de bases de données uniques.

Afin de déterminer les estimations de GHI les plus précises, MRV Energy évalue en continu les bases de données disponibles sur le marché ainsi que les approches de sélection et de pondération des données.

Actuellement, 38 sites répartis à l'échelle mondiale et couvrant toutes les zones climatiques pertinentes sont utilisées comme sites de référence. Les données de référence proviennent principalement de réseaux scientifiques de mesure du rayonnement, qui ont pour objectif de fournir

des informations sur le changement climatique et la validation des modèles. Les moyennes mensuelles et annuelles de référence sont basées sur une période récente couvrant plusieurs années.

4.3.2 BASES DE DONNEES D'IRRADIATION

MRV Energy examine fréquemment les mises à jour des bases de données disponibles sur le marché et considère que les bases de données détaillées dans le **Tableau 1** sont les plus appropriées pour une analyse détaillée de l'irradiation dans ce portefeuille.

Tableau 14- Bases de données d'irradiation

Base de données	Description
PVGIS (SARAH2)	Base de données satellitaire couvrant 2005-2020 avec une résolution spatiale de 5,5 km.
NASA POWER DATA	Contient des données météorologiques et solaires de 1981 à aujourd'hui avec des paramètres dérivés du modèle MERRA-2.

4.3.3 DONNEES D'IRRADIATION AU COMORES

L'irradiation solaire horizontale globale (GHI) est un paramètre clé pour l'évaluation des performances des systèmes photovoltaïques.

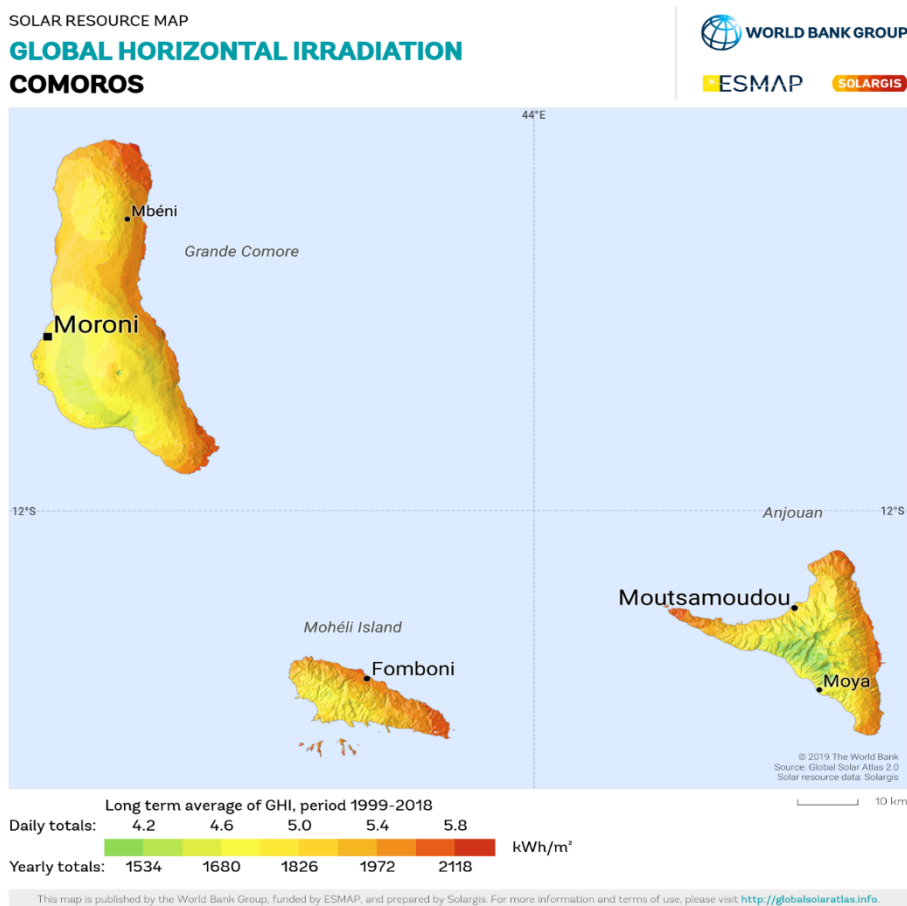


Figure 30- Carte : Irradiation Horizontale Globale (@ SOLARGIS)

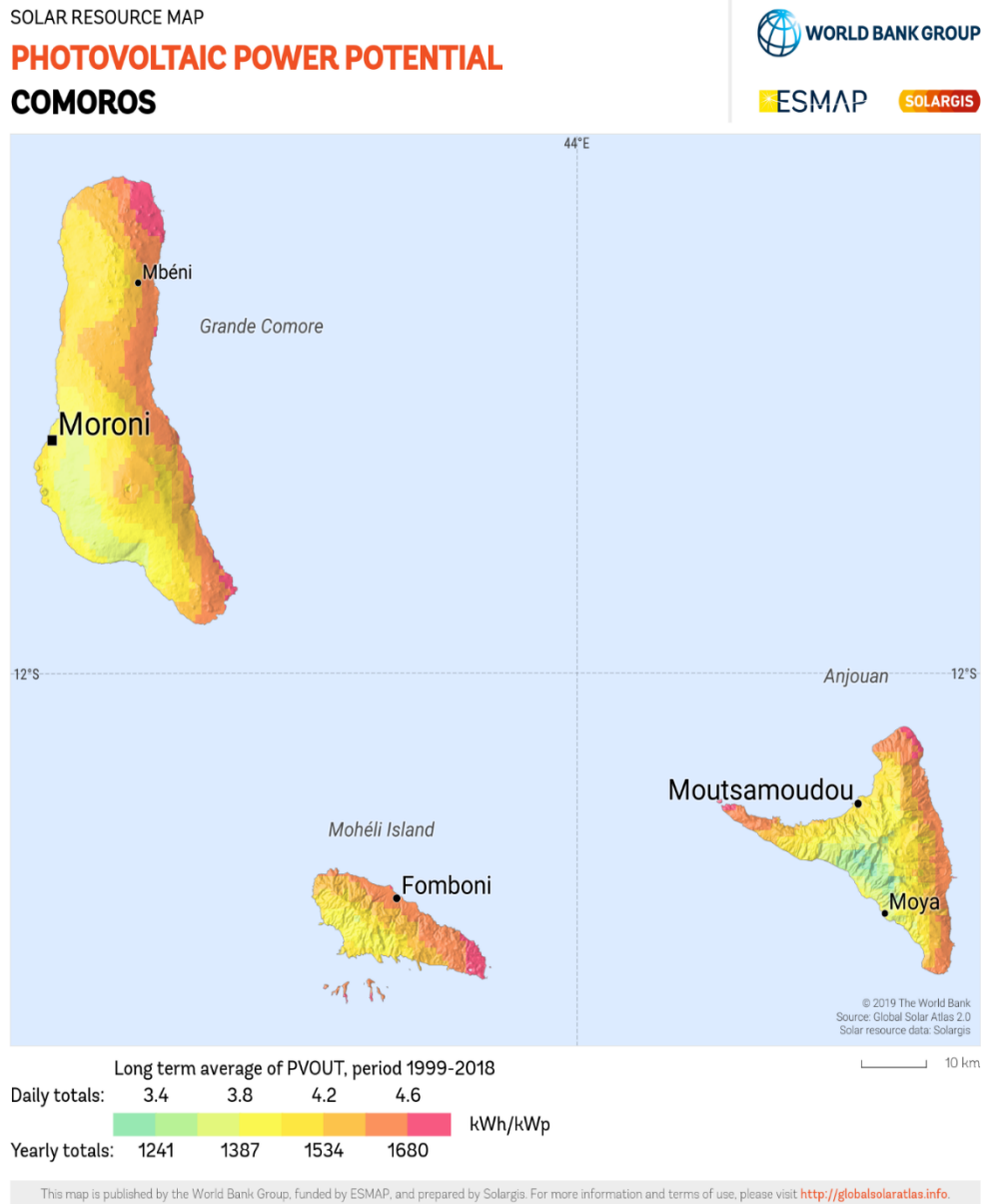


Figure 31- Carte du potentiel solaire PV (© SOLARGIS)

Pour estimer la valeur réelle de l'irradiation solaire sur les différents sites, MRV a utilisé les bases de données suivantes :

- **PVGIS** : Cette base de données fournit des valeurs mensuelles pour n'importe quel emplacement en Europe et en Afrique, y compris certaines régions du Moyen-Orient. Elle représente un total de quinze ans de données (2005 à 2020). L'incertitude de PVGIS est de 7,9 %.
- **NASA** : Cette base de données contient des **données satellitaires mensuelles couvrant l'ensemble du globe** sur une période de **22 ans (janvier 1983 - décembre 2005)**, avec une **incertitude de 15 %**.

4.3.3.1 GRANDE COMORES

Tableau 15-Irradiation Horizontale Globale à Moroni (kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	171,3	165,6	168,4	167,6
Février	172,8	147,8	160,3	156,4
Mars	174,9	173,3	174,1	173,9
Avril	166,2	138,3	152,3	147,9
Mai	153,3	140,1	146,7	144,6
Juin	144,9	127,9	136,4	133,8
Juillet	149,4	119,0	134,2	129,5
Août	169,2	128,6	148,9	142,6
Septembre	185,4	124,8	155,1	145,7
Octobre	200,1	170,7	185,4	180,9
Novembre	205,8	167,0	186,4	180,4
Décembre	193,5	174,5	184,0	181,1
Total	2086,8	1777,6	1932,2	1884,3

Comparaison des bases de données de GHI

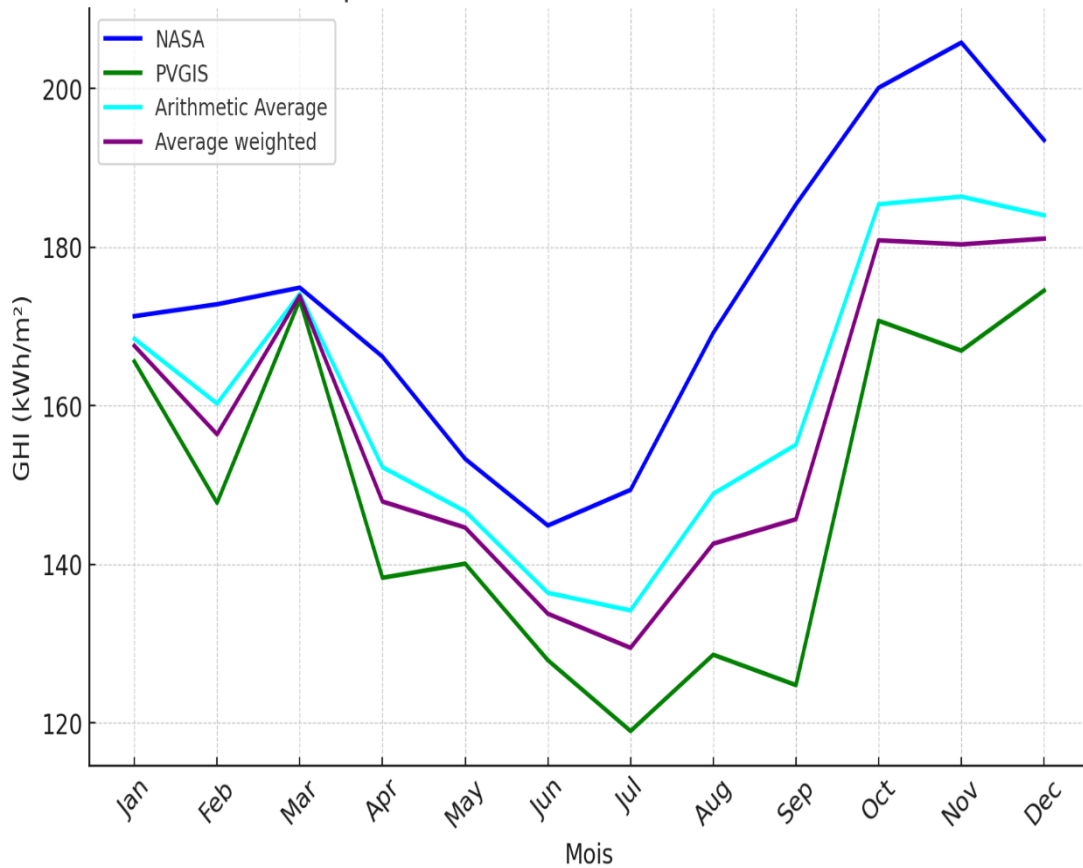


Figure 32- Comparaison du GHI à Moroni

Tableau 16- Irradiation Horizontale Globale à Mitsamiouli (kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	172,1	185,8	179,0	181,1
Février	170,0	168,0	169,0	168,7
Mars	173,0	196,0	184,5	188,1
Avril	164,5	157,0	160,8	159,6
Mai	152,7	148,4	150,6	149,9
Juin	143,3	131,6	137,5	135,6
Juillet	146,9	133,9	140,4	138,4
Août	166,5	155,0	160,8	159,0
Septembre	184,2	156,7	170,5	166,2
Octobre	199,6	196,1	197,9	197,3
Novembre	205,4	186,7	196,1	193,2
Décembre	193,4	194,8	194,1	194,3
Total	2071,6	2009,9	2040,8	2031,2

Comparaison des bases de données de GHI - Nouveau Tableau

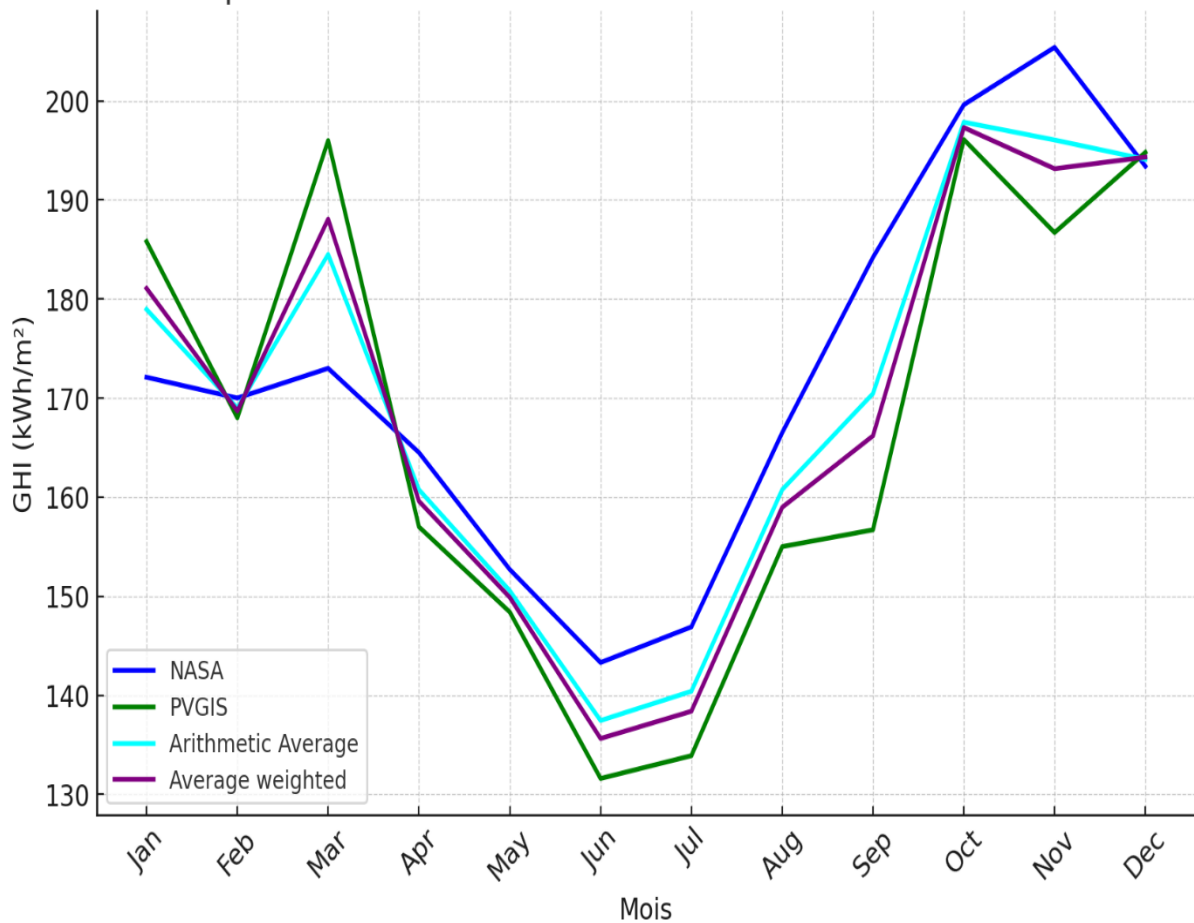


Figure 33- Comparaison du GHI à Mitsamiouli

Tableau 17- Irradiation Horizontale Globale à Dombéni (kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	172,1	159,8	166,0	164,0
Février	170,0	137,3	153,7	148,6
Mars	173,0	175,4	174,2	174,6
Avril	164,5	137,1	150,8	146,6
Mai	152,7	140,3	146,5	144,6
Juin	143,3	129,5	136,4	134,3
Juillet	146,9	112,6	129,8	124,4
Août	166,5	137,1	151,8	147,2
Septembre	184,2	166,3	175,3	172,5
Octobre	199,6	179,0	189,3	186,1
Novembre	205,4	177,0	191,2	186,8
Décembre	193,4	160,8	177,1	172,0
Total	2071,6	1812,1	1941,9	1901,7

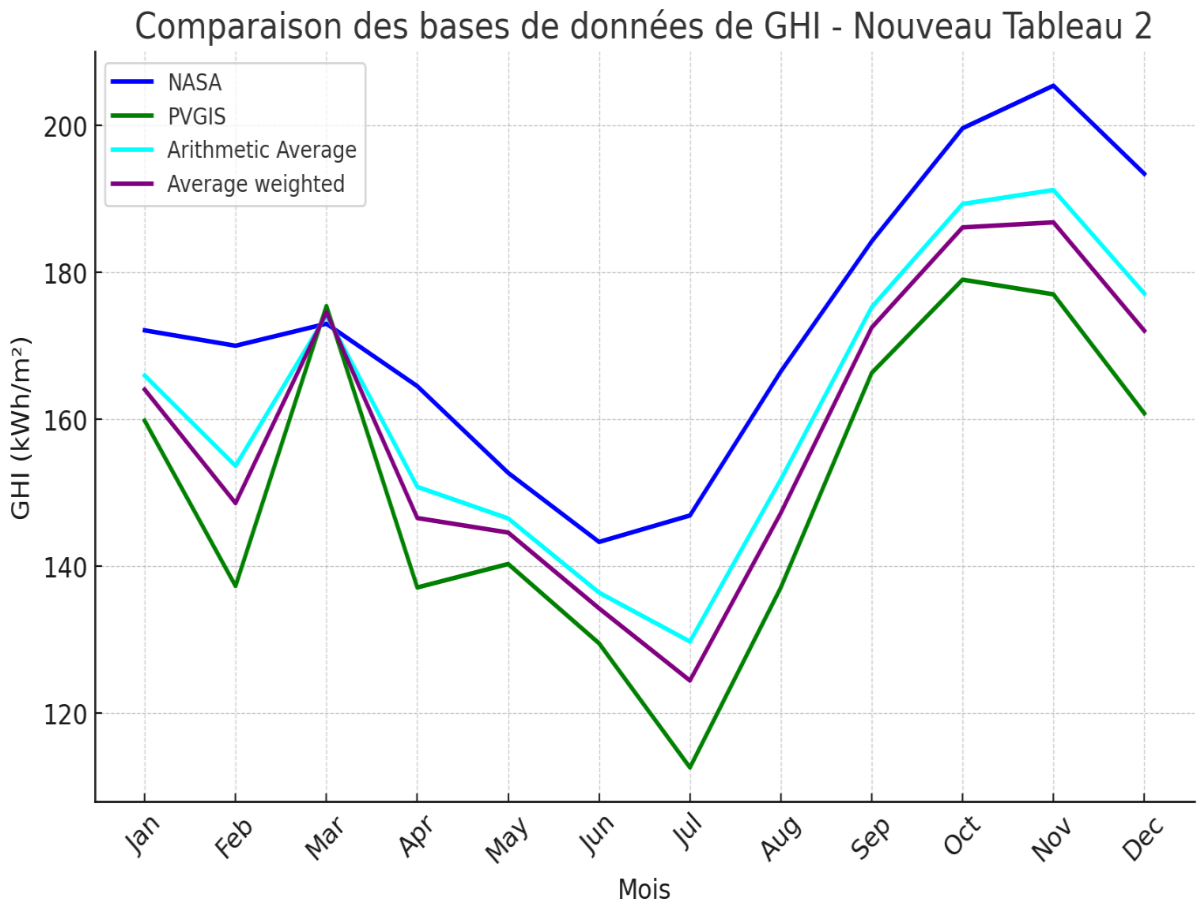


Figure 34- Comparaison du GHI sur Dembéni

4.3.3.2 ANJOUAN

Tableau 18- Irradiation Horizontale Globale à Mutsamudu(kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	169,2	173,67	171,4	172,1
Février	169,3	160,5	164,9	163,5
Mars	171,1	176,29	173,7	174,5
Avril	164,7	144,66	154,7	151,6
Mai	154,5	147,41	151,0	149,9
Juin	144,2	127,87	136,0	133,5
Juillet	149,1	145,5	147,3	146,7
Août	169,6	156,5	163,1	161,0
Septembre	187,2	140,99	164,1	156,9
Octobre	198,7	189,18	193,9	192,5
Novembre	202,6	174,55	188,6	184,2
Décembre	192,8	178,27	185,5	183,3
Total	2072,9	1915,39	1994,1	1969,7

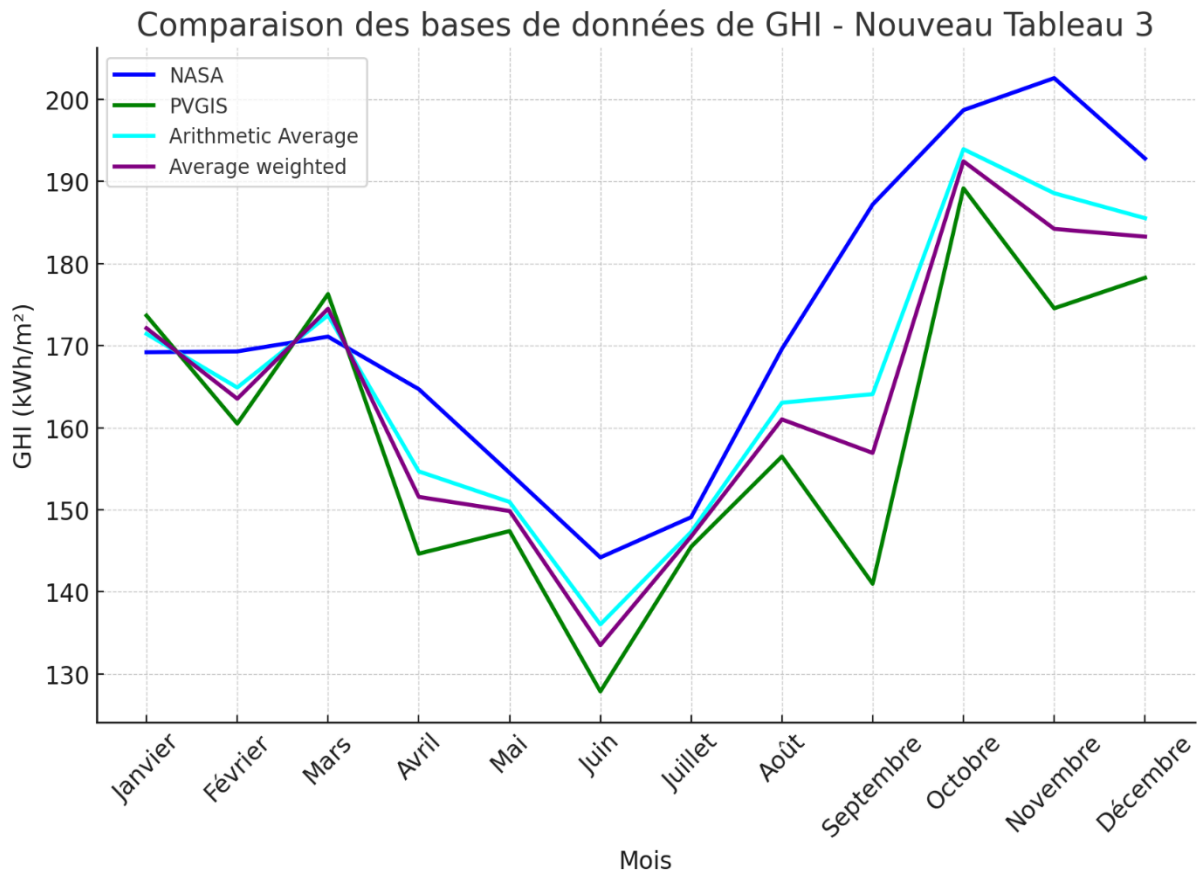


Figure 35- Comparaison du GHI à Mutsamudu

Tableau 19- Irradiation Horizontale Globale à Bimbini (kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	169,2	174,4	171,8	172,6
Février	169,3	152,19	160,7	158,1
Mars	171,1	189,37	180,2	183,1
Avril	164,7	154,47	159,6	158,0
Mai	154,5	158,72	156,6	157,3
Juin	144,2	142,27	143,2	142,9
Juillet	149,1	140,09	144,6	143,2
Août	169,6	156,54	163,1	161,0
Septembre	187,2	153,11	170,2	164,9
Octobre	198,7	170,91	184,8	180,5
Novembre	202,6	183,76	193,2	190,3
Décembre	192,8	174,3	183,6	180,7
Total	2072,9	1950,13	2011,5	1992,5

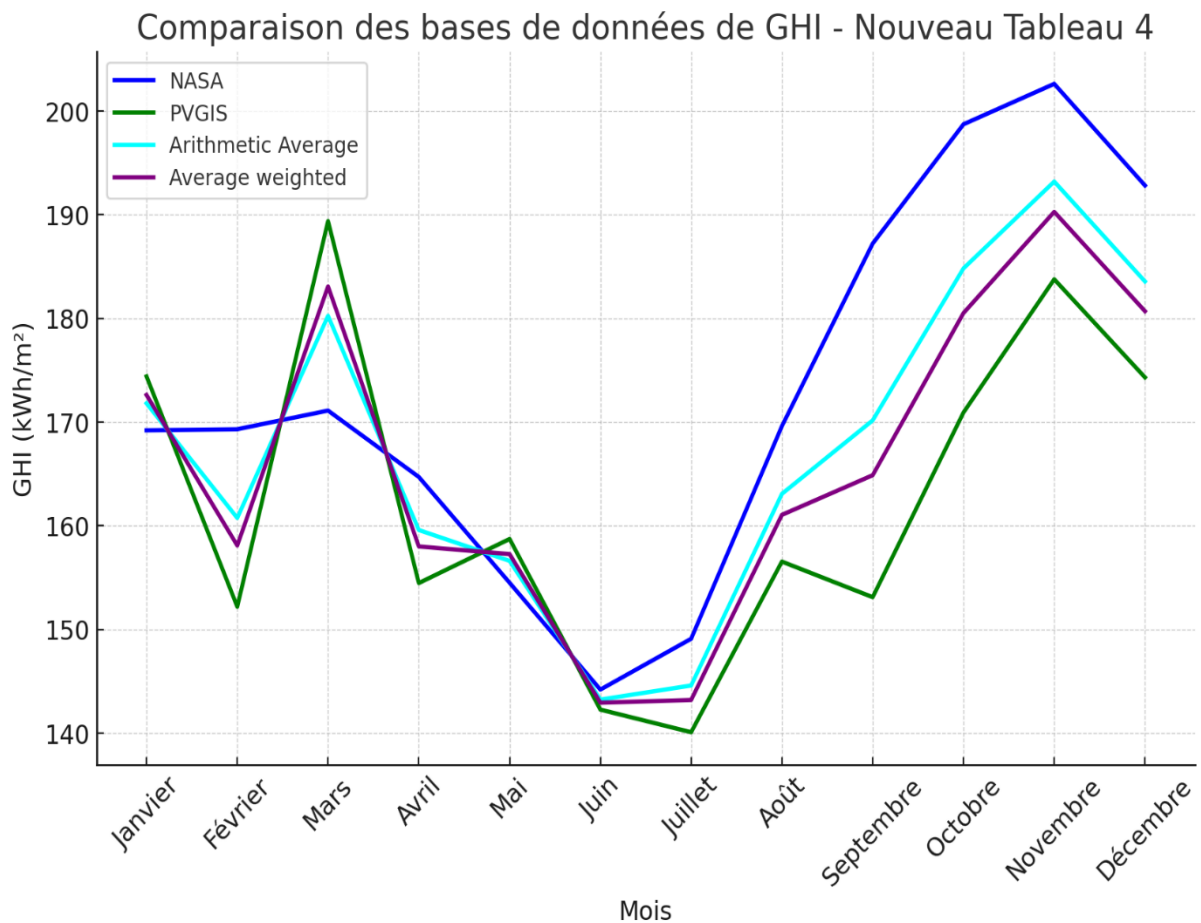


Figure 36- Comparaison du GHI à Bimbini

Tableau 20- Irradiation Horizontale Globale à Domoni (kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	169,2	167,36	168,3	168,0
Février	169,3	153,63	161,5	159,0
Mars	171,1	190,46	180,8	183,8
Avril	164,7	157,09	160,9	159,7
Mai	154,5	173,05	163,8	166,7
Juin	144,2	149,03	146,6	147,4
Juillet	149,1	160,03	154,6	156,3
Août	169,6	180,45	175,0	176,7
Septembre	187,2	187,4	187,3	187,3
Octobre	198,7	200,74	199,7	200,0
Novembre	202,6	187,44	195,0	192,7
Décembre	192,8	170,21	181,5	178,0
Total	2072,9	2076,89	2074,9	2075,5

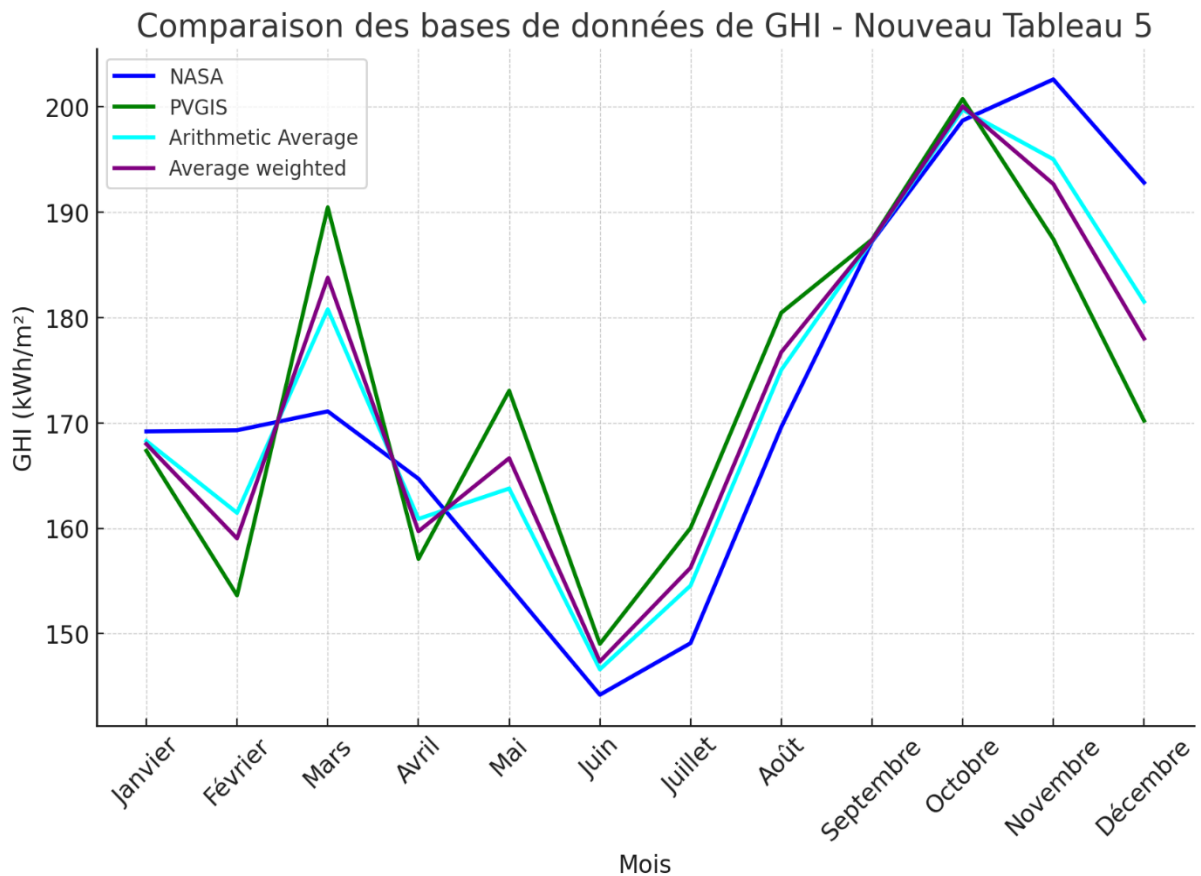


Figure 37-Comparaison du GHI sur à Domoni (kWh/m²)

4.3.3.3 MOHÉLI

Tableau 21- Irradiation Horizontale Globale à Fomboni (kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	169,9	181,95	175,9	177,8
Février	168,4	157,66	163,0	161,4
Mars	175,0	201,43	188,2	192,3
Avril	167,0	153,36	160,2	158,1
Mai	154,7	168,28	161,5	163,6
Juin	144,0	150,46	147,2	148,2
Juillet	146,6	150,66	148,6	149,3
Août	169,7	173,72	171,7	172,3
Septembre	191,7	184,27	188,0	186,8
Octobre	205,8	201,44	203,6	202,9
Novembre	210,8	191,97	201,4	198,5
Décembre	197,3	180,89	189,1	186,6
Total	2101,0	2096,09	2098,5	2097,8

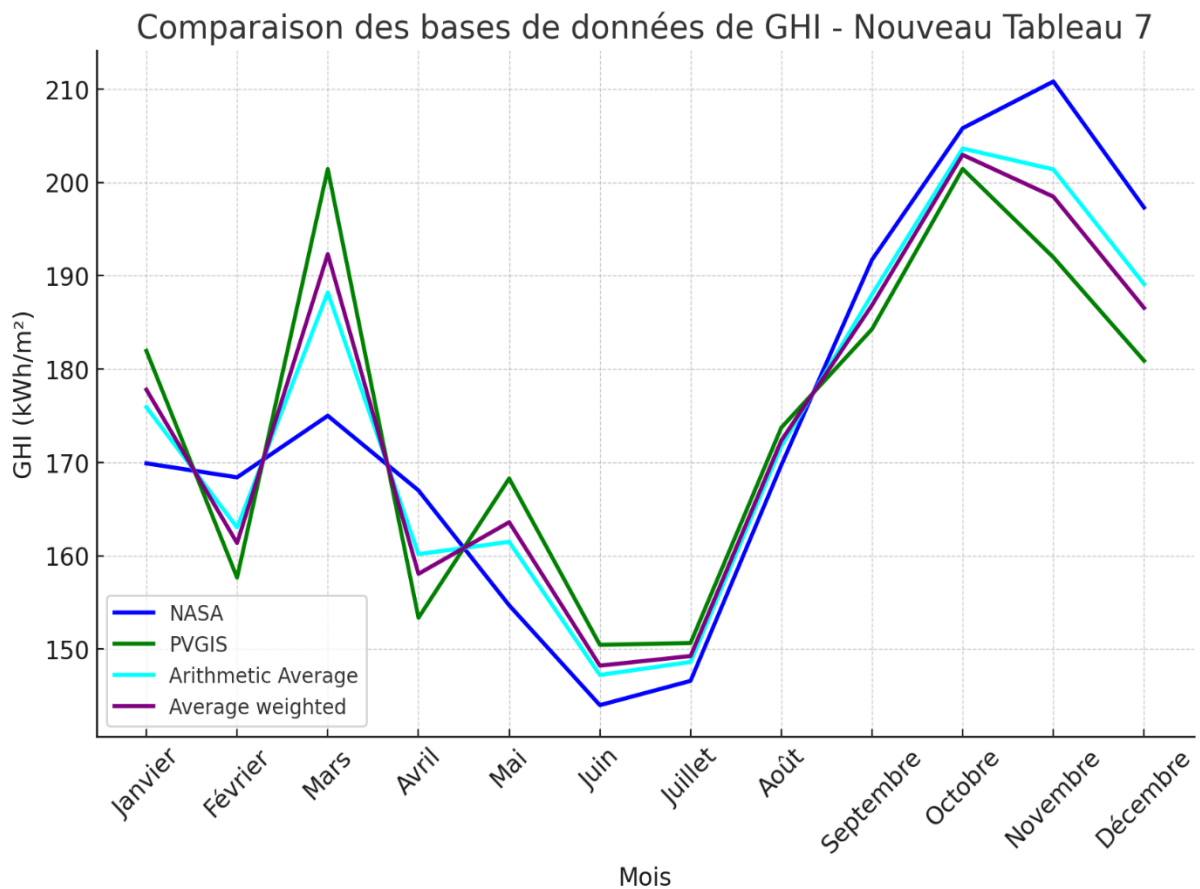


Figure 38- Comparaison du GHI sur à Fomboni(kWh/m²)

Tableau 22- Irradiation Horizontale Globale à Nioumachoua(kWh/m²)

Mois	NASA	PVGIS	Moyenne arithmétique	Moyenne pondéré
Janvier	169,9	181,94	175,9	177,8
Février	168,4	152,78	160,6	158,2
Mars	175,0	190,47	182,7	185,1
Avril	167,0	143,43	155,2	151,6
Mai	154,7	151,41	153,1	152,5
Juin	144,0	139,76	141,9	141,2
Juillet	146,6	135,13	140,9	139,1
Août	169,7	151,1	160,4	157,5
Septembre	191,7	177,65	184,7	182,5
Octobre	205,8	194,13	200,0	198,2
Novembre	210,8	177,53	194,2	189,0
Décembre	197,3	178,22	187,8	184,8
Total	2101,0	1973,55	2037,3	2017,5

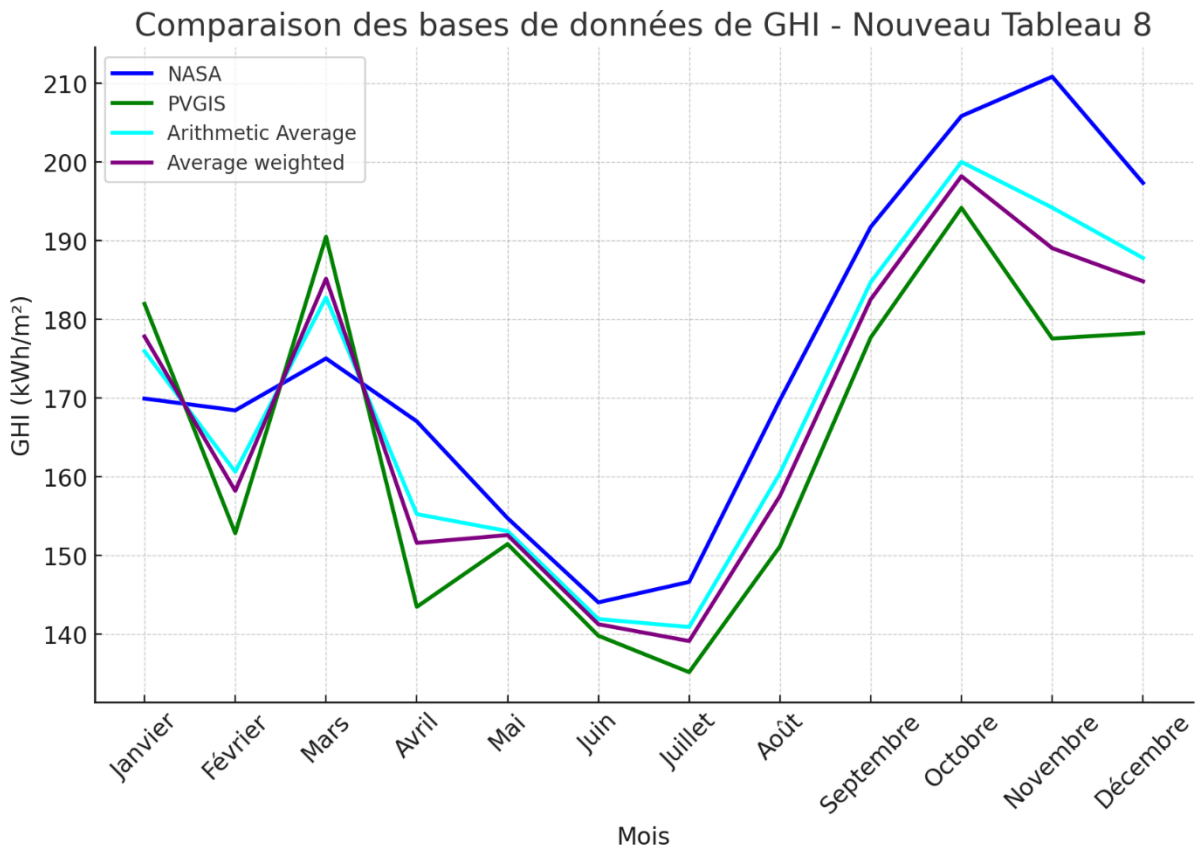


Figure 39- Comparaison du GHI sur à Nioumachoua (kWh/m²)

4.3.4 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

L'étude a montré que l'utilisation d'une approche de pondération multi-sources permet de réduire l'incertitude des estimations de GHI et d'améliorer la précision des prévisions de production photovoltaïque. Pour le projet solaire de l'île du Grande Comores, les valeurs moyennes pondérées des bases de données NASA, Meteonorm et PVGIS ont été retenues afin d'assurer une meilleure fiabilité des estimations.

L'étude d'irradiation solaire menée sur **Grande Comore, Anjouan et Mohéli** a permis d'évaluer leur potentiel de production photovoltaïque à l'aide de données issues de **PVGIS, NASA POWER et SOLARGIS**. Les résultats montrent des disparités climatiques importantes entre les îles, influençant ainsi leur aptitude à accueillir des projets solaires.

4.3.4.1 GRANDE COMORE : UN POTENTIEL SOLAIRE ÉLEVÉ ET STABLE

- Grande Comore présente un climat relativement sec avec des variations modérées d'irradiation solaire tout au long de l'année.
- L'altitude et la topographie volcanique influencent localement les valeurs de GHI, mais globalement, l'île bénéficie d'un fort potentiel solaire.
- Les données montrent une moyenne pondérée annuelle de GHI de 1884,3 kWh/m² à Moroni, 2031,2 kWh/m² à Mitsamiouli et 1901,7 kWh/m² à Dombéni.

L'île est particulièrement adaptée à des projets solaires et éoliens à grande échelle, notamment dans les zones dégagées et arides.

4.3.4.2 ANJOUAN : UN POTENTIEL SOLAIRE MODÉRÉ MAIS DES DÉFIS LIÉS À L'HUMIDITÉ

- Anjouan est l'île la plus humide des trois, avec un relief montagneux qui impacte fortement l'irradiation solaire et entraîne une variabilité climatique plus marquée.
- La couverture nuageuse plus fréquente réduit légèrement la productivité photovoltaïque, bien que l'irradiation reste exploitable.
- Les valeurs moyennes pondérées du GHI sont de 1969,7 kWh/m² à Mutsamudu, 1992,5 kWh/m² à Bimbini et 2075,5 kWh/m² à Domoni.

Anjouan dispose cependant d'un très fort potentiel hydroélectrique, grâce à ses précipitations abondantes, ce qui en fait une candidate idéale pour un mix énergétique combinant solaire et hydroélectricité.

4.3.4.3 MOHÉLI : UN POTENTIEL SOLAIRE STABLE ET HOMOGENE

- Mohéli bénéficie d'un climat plus homogène, avec moins de variations saisonnières et un bon niveau d'irradiation tout au long de l'année.
- Avec un GHI annuel moyen pondéré de 2097,8 kWh/m² à Fomboni et 2017,5 kWh/m² à Nioumachoua, Mohéli offre un environnement idéal pour des installations photovoltaïques durables.
- Son stabilité climatique et sa faible variabilité météorologique facilitent la gestion et l'optimisation de la production solaire.

En raison de son positionnement stratégique, Mohéli pourrait devenir une référence en matière de développement énergétique durable et d'écotourisme solaire.

4.3.5 ANALYSE PAR TYPE DE SYSTEME, SECTEUR ET PROFILS HORAIRES

Cette section présente une extension de l'analyse du potentiel solaire aux Comores, en intégrant plusieurs typologies de systèmes solaires, une ventilation par secteur d'usage (urbain, rural, industriel, production), ainsi que des profils horaires typiques de production pour chaque île.

4.3.5.1 TYPOLOGIES DE SYSTÈMES SOLAIRES CONSIDÉRÉS

L'analyse initiale s'est concentrée sur les systèmes photovoltaïques (PV) en toiture pour les bâtiments publics. Cette section intègre également :

- **Systèmes PV au sol** : adaptés aux zones dégagées, à proximité des centres de consommation ou des postes de transformation.
- **Systèmes PV avec stockage (BESS)** : particulièrement pertinents dans les zones rurales non interconnectées ou soumises à des délestages.
- **Énergie solaire concentrée (ESC)** : analysée de manière exploratoire, mais jugée moins adaptée aux Comores en raison des conditions climatiques (forte humidité, couverture nuageuse) et des contraintes de surface et de coût.

4.3.5.2 POTENTIEL ESTIMÉ PAR TYPE DE SYSTÈME ET PAR SECTEUR

Le tableau ci-dessous présente une estimation indicative du potentiel technique de production solaire, ventilée par île, type de système et secteur d'usage :

Tableau 1- Potentiel solaire par type et secteur

Ile	Type de système	Secteur	Potentiel estimé (MW)	Production annuelle estimée (GWh)
Grande Comore	Toiture PV	Urbain	15	22
Grande Comore	PV au sol	Industriel	25	37
Grande Comore	PV+Stockage	Rural	10	15
Anjouan	Toiture PV	Urbain	10	15
Anjouan	PV au sol	Industriel	15	22
Anjouan	PV+Stockage	Rural	8	12
Moeli	Toiture PV	Urbain	5	7
Moeli	PV au sol	Industriel	10	14
Moeli	PV+Stockage	Rural	5	7

Ces estimations tiennent compte des surfaces disponibles, des niveaux d'ensoleillement moyens pondérés et de l'environnement d'implantation. Les zones industrielles et urbaines se prêtent mieux aux installations PV en toiture ou au sol, tandis que les zones rurales bénéficieraient de solutions couplant PV et stockage.

4.3.5.3 PROFILS HORAIRES TYPIQUES DE PRODUCTION

Des profils horaires types ont été simulés pour représenter la courbe de production quotidienne des systèmes PV sur les trois îles. Ces courbes, basées sur une journée ensoleillée moyenne, illustrent l'évolution de la production horaire pour une installation de 1 kWc :

- **Grande Comore** présente un profil régulier avec un pic de production autour de 12h–13h.
- **Anjouan**, plus humide et montagneuse, montre un profil légèrement aplati, indiquant une plus forte variabilité due à la couverture nuageuse.
- **Mohéli** offre un profil très stable avec une production étalée sur une grande partie de la journée.

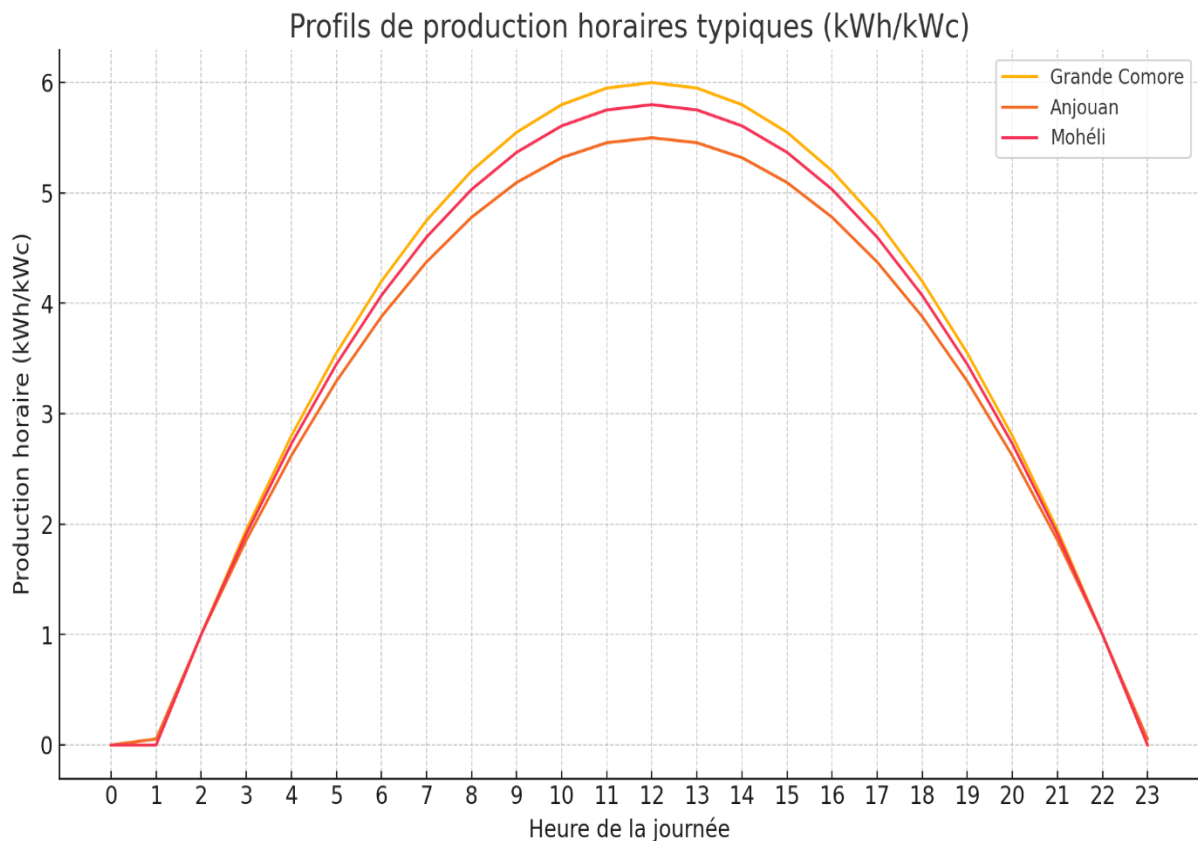


Figure 40- Profils de production horaires typiques (kWh/kWc)

Ces profils sont cruciaux pour la planification des capacités d'injection au réseau, l'évaluation de l'autoconsommation et le dimensionnement optimal du stockage.

4.4 CONCLUSION

Les trois îles des Comores partagent un **climat tropical maritime**, mais présentent des différences majeures :

- Grande Comore est plus sèche en comparaison, avec des variations dues à son relief volcanique. C'est l'île la plus propice aux projets solaires et éoliens à grande échelle.

- Anjouan est l'île la plus humide, avec un relief montagneux qui influence fortement son climat et ses précipitations. Elle offre un potentiel élevé en hydroélectricité, mais des défis pour l'énergie solaire.
- Mohéli a un climat plus homogène, avec moins de variations saisonnières. C'est une île idéale pour l'écotourisme et les projets énergétiques durables grâce à sa stabilité climatique.

En termes de développement des énergies renouvelables, Grande Comores et Mohéli sont plus adaptées aux projets solaires avec un potentiel élevé et une variabilité climatique maîtrisée, tandis qu'Anjouan malgré un GHI relativement bon, est plus propice aux projets hydroélectriques en raison de ses précipitations abondantes et de sa couverture nuageuse plus importante.

5 ÉTATS ACTUELS DES INFRASTRUCTURES DE PRODUCTION AUX COMORES

5.1 PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ AUX COMORES

La production d'électricité ne représente seulement que 10% de la consommation finale d'énergie aux Comores (dominé à 60% par la biomasse et à 30% par les produits pétroliers).

La capacité installée actuelle est à 85% d'origine thermique et à 15% d'origine renouvelable. Cependant, sur les 112 GWh d'électricité produite en 2022, 93% de la production d'électricité s'effectue grâce aux centrales thermiques et 7% par énergies renouvelables (6% par solaire PV et 1% par hydroélectricité).

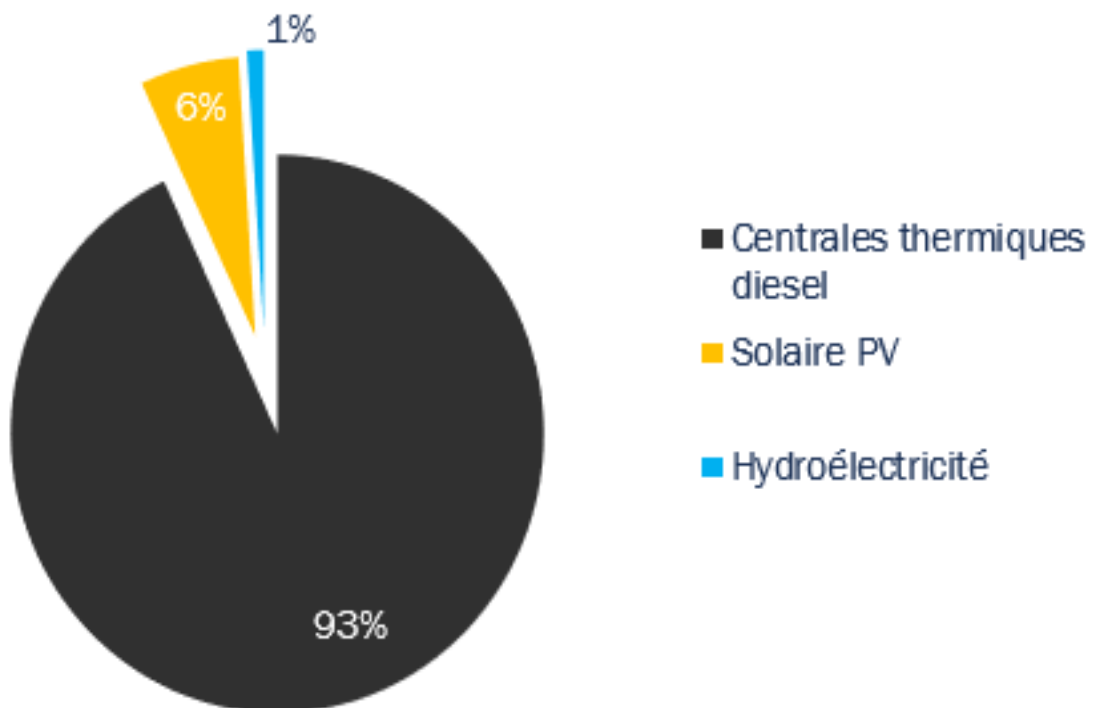


Figure 41 - Répartition de la production d'électricité par énergie aux Comores (© Plan Comores Émergent 2030, PNUD 2019)

On évalue la capacité installée à 40.8 MW de centrale thermique au diesel, 0.712 MW de centrales hydroélectriques et 7.31 MW de centrales solaires.

L'objectif de cette partie est de présenté en détail l'ensemble des centrales de production d'électricité et leur localisation sur chacune des îles.

- Description des centrales thermiques :

Ce tableau reprend l'ensemble des capacités installées de centrales thermiques (en MW) sur les différentes îles de l'archipel des Comores :

Tableau 23 - Description de l'ensemble des centrales thermiques fossiles aux Comores

(© Artélia, 2024)

Île	Centrale thermique	Puissance installée (MW)	Puissance disponible (MW)
Grande Comores (Ngazidjia)	Voidjou	13.2	7.9
	Itsambouni	8.44	5.95
	Mistamiouli	1.6	0.85
	Foumbouni	1.6	1.2
	Total	24.84	15.9
Anjouan (Ndzouani)	Trenani	13.2	4.3
	Total	13.2	4.3
Mohéli (Mwali)	Fomboni	2.8	1.8
	Total	2.8	1.8

Les capacités installées ne sont pas toujours représentatives des capacités réellement disponibles et selon le manque d'entretien et les problèmes techniques, certains groupes électrogènes ne fonctionnent pas ou sont à réhabiliter. Les capacités humaines pour faire fonctionner et entretenir les centrales électriques sont également un obstacle majeur, surtout en Grande Comore et à Mohéli.

- Description des centrales solaires :

Ce tableau reprend l'ensemble des capacités installées de centrales solaires PV (en MW) sur les différentes îles de l'Archipel des Comores en 2023 :

Tableau 24 - Description de l'ensemble des centrales solaires PV aux Comores

(© Artélia, 2024)

Île	Centrale solaire	Puissance installée (MwC)	Puissance max injectée (MW)	Production d'énergie annuelle (GWh)	Production estimée annuellement (GWh)
Grande Comores (Ngazidjia)	Foumbouni	4.08	3.1	6.9	7.2

Anjouan (Ndzouani)	Pomoni (Vigor)	3	2.3	2.4	5.5
Mohéli (Mwali)	Ndrondoni	0.23	0.175	0.22	0.41

Les centrales solaires de Fombouni et de Pomoni sont associées à des batteries permettant de stocker de l'énergie et de la redistribuer pendant le pic de consommation en soirée. La capacité de batterie s'élève à 7 MWh pour Fombouni et 2,6 MWh pour Pomoni.

Ces dernières années, certains problèmes de synchronisation empêchaient la production d'énergie solaire d'être acheminée au réseau. Pour l'instant, la production n'a jamais réussi à atteindre les potentiels de production estimés.

Les problèmes de synchronisation concernent la difficulté d'intégrer efficacement l'énergie solaire produite par ces centrales dans le réseau électrique. Ces problèmes sont principalement liés à des déséquilibres de fréquence et de tension, des limitations d'infrastructure du réseau, et des difficultés de coordination entre les onduleurs, les batteries et le réseau. En conséquence, la production réelle de ces centrales n'a jamais atteint les niveaux estimés. Des ajustements techniques et des investissements en modernisation du réseau sont nécessaires pour optimiser leur contribution.

Le tableau en dessous, regroupe les installations solaires photovoltaïques supplémentaires identifiées aux Comores, en complément des trois grandes centrales mentionnées. Il inclut des projets publics, privés et pilotes, avec une description de leur capacité estimée, de leur usage et des initiatives qui les soutiennent. Bien que certaines de ces installations aient une capacité modeste, elles témoignent des efforts croissants pour diversifier l'accès à l'énergie solaire sur l'archipel :

Tableau 25 - Description de l'ensemble des petits systèmes solaires PV aux Comores ((© Projet d'appui au secteur de l'énergie aux Comores (PASEC))

Nom / Localisation	Capacité estimée (kW)	Type d'installation	Usage	Commentaires
Hôpitaux et centres de santé	Variable (10-50 kW)	Systèmes autonomes solaires	Alimentation des hôpitaux et pompage d'eau	Projets ponctuels financés par des bailleurs de fonds (Union Européenne, ONG).
Résidences privées	1-10 kW	Petits systèmes autonomes privés	Éclairage et équipements ménagers	Installations réalisées par des entreprises locales comme Hippo Energy et Netisse SARL.
Projets pilotes de l'UE	Non spécifié	Chauffe-eau solaires et PV	Diffusion expérimentale	Projets lancés dans les années 2000, sans suivi récent à grande échelle.

Entreprises locales	10-50 kW	Systèmes commerciaux et industriels	Alimentation d'équipements spécifiques	Exemples : installations solaires pour petites entreprises ou institutions publiques.
Agriculture et pompage solaire	Variable (5-20 kW)	Systèmes de pompage pour irrigation	Agriculture rurale	Développés principalement par des initiatives privées et ONG.

- Description des centrales hydroélectriques

Ce tableau reprend l'ensemble des capacités installées de centrales hydroélectriques (en MW) sur les différentes îles de l'Archipel des Comores en 2023 :

Tableau 26 - Description de l'ensemble des centrales hydroélectriques aux Comores

(©Artélia, 2024)

Île	Centrale hydroélectrique	Puissance installée (MW)	Production d'énergie annuelle (GWh)	Production théorique possible (GWh)
Anjouan (Ndzouani)	Marahani	0.456	0.18	2.2
	Lingoni	0.243	0.15	1.3
Mohéli (Mwali)	Miringoni	0.013	x	0.079

Les centrales hydroélectriques sont restées pendant un long moment indisponible et sont en réhabilitation. L'énergie réellement produite est ainsi inférieure à la production théorique possible. C'est pour cela que la part de l'hydroélectricité est aussi faible dans la production globale de l'archipel.

5.2 GENERATION D'ELECTRICITE PAR HABITANT

En 2022, la production totale d'électricité aux Comores s'élevait à 112 GWh, ce qui correspond à une production d'environ 128 kWh par habitant par an. Avec une population totale d'environ 874 000 habitants, cette donnée met en évidence l'intensité de la demande d'électricité et l'importance des investissements nécessaires pour assurer une couverture énergétique adéquate pour tous les habitants, notamment dans les zones rurales.

6 DESCRIPTION DU RESEAU ELECTRIQUE ACTUEL

Dans le système électrique habituel, l'énergie électrique est transportée sur de longues distances par le réseau de transport d'électricité, partant des sites de production centralisés, jusqu'aux réseaux de distribution caractérisé par les postes de dispatching. Les postes sources marquent la frontière entre ces deux réseaux. Au niveau de ces postes, la tension électrique est convertie de très haute tension (THT) à haute tension (HT) à l'aide de transformateurs de forte puissance. Une fois transformée,

l'électricité est distribuée à travers des "départs HTA" s'étendant en étoile dans la zone géographique environnante.

Le nombre de ces départs peut varier considérablement en fonction du poste source. Ces départs parcourent plusieurs kilomètres pour alimenter les postes des clients connectés en HTA, ainsi que les postes HTA/BT destinés à la distribution publique pour les clients en basse tension.

Un problème sur une ligne ou encore une mauvaise anticipation de l'évolution des besoins d'acheminement peut conduire à la fragilisation de l'ensemble du système. C'est pourquoi, la planification des investissements est essentielle avec le plus grand soin afin d'assurer la fiabilité du système électrique.

Dans le cas de l'Union des Comores, le transport de l'électricité dans les trois îles est assuré en tension de 20 kV, utilisée habituellement pour la distribution. L'étude doit permettre d'indiquer s'il est nécessaire de créer un nouveau niveau de tension HTB pour transporter les flux électriques projetés à l'horizon 2043. La fonction première du réseau de transport d'électricité est d'organiser la mise en commun des différentes filières de production à grande échelle. Les consommateurs sont alimentés par l'ensemble des moyens de production disponibles, en s'appuyant de manière privilégiée sur les moins chers. Dans ce contexte, un réseau de transport électrique permettrait de fournir cette électricité bon marché et renouvelable aux consommateurs, en optimisant l'utilisation des ressources disponibles et en favorisant l'accès à une énergie propre et abordable pour tous.

6.1 STRUCTURE ET CONFIGURATION DU RESEAU

6.1.1 TYPES ET CAPACITES DES EQUIPEMENTS (POSTES, LIGNES, TRANSFORMATEURS).

L'Union des Comores est en train d'uniformiser leurs équipements du réseau électrique, pour faciliter la réalisation des travaux, de faciliter l'exploitation et la maintenance des équipements à terme en visant également à tirer profit des économies d'échelle.

- Lignes moyenne tension

Sur l'ensemble des Iles Comores, le niveau de tension nominal le plus élevé est de 20 kV correspondant au réseau moyenne tension ou HTA et celle de la basse tension est de 400/230V.

Les lignes 20kV sont aériennes de type suspendu. Les armements (nappe voûte et herse simple ou double) sont posés sur des supports en béton, en bois ou métalliques (IPN ou tubulaire). Les isolateurs sont en verre trempé et les chaînes d'alignement sont constituées de trois assiettes à la Grande Comores et de deux assiettes dans les autres îles.

A la sortie des centrales, le facteur de puissance sur l'ensemble des réseaux est d'environ 0,8 avec la fourniture de réactif par les groupes.

Les lignes sont constituées de câbles de section et de matériaux hétérogènes, car sur le même départ, les conducteurs sont quelque fois de natures différentes, avec des sections. Allant du 14 mm² Cu au 95 mm²Al. Le recensement du réseau dans l'étude réalisé par le Projet d'Appui au Secteur de l'Énergie aux Comores (PASEC) a permis de mettre en évidence l'utilisation de 18 types de câbles différents au cours du dé. Afin de standardiser les développements futurs, deux sections seulement ont été retenues. Les conducteurs en alu de 120 mm² sont utilisés pour les antennes structurantes, les axes majeurs de distribution. Les antennes secondaires sont équipées de conducteurs de 54.6 mm², sauf si l'étude de réseau montre que ce dimensionnement n'est pas suffisant vis-à-vis de la charge de la localité desservie. Pour les dérivations alimentant des postes avec une forte progression attendue

de la charge, il est recommandé d'utiliser des conducteurs aériens en almélec d'une section de 75.5 mm².

Des interrupteurs aériens à commande manuelle (IACM) sont installés sur les lignes pour le sectionnement du réseau.

Certaines lignes sont dépourvues de protections électriques ce qui représente un danger pour la population en cas de chute de câble par terre d'autant plus que le neutre dans certaines centrales n'est pas mis à la terre.

Toutes les lignes ne possèdent pas un système de réenclenchement automatique. En cas de défaut fugitif, la ligne reste ouverte jusqu'au rétablissement manuel.

Les postes de distribution 20kV/400V sont du type aérien constitué d'un transfo (de type H61 ou H59 accroché sur le support, ou posé entre deux supports) protégé côté amont par des parafoudres et du côté BTA par un disjoncteur à commande manuelle placée en bas du support. Certaines dérivations se font sans IACM.

Plusieurs transformateurs sont surchargés, surtout à la capitale Moroni. Il n'y a pas de spécification technique particulière pour les transformateurs. Les lignes basses tension sont en cuivre nu ou en préassemblé avec un neutre porteur.

Il n'y a pratiquement pas d'éclairage public à la Grande Comores

6.1.2 REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES INFRASTRUCTURES

6.1.2.1 GRANDE COMORES

Le réseau MT de transport et de distribution de la grande Comores est composé de principalement trois (3) départs qui sont : (i) départ N°1 alimente la capitale Moroni et ses environs dans le centre ouest de l'île ; (ii) départ N°2 alimente le nord-ouest, le nord et l'est de l'île et (iii) départ N°3 alimente le sud et une partie du centre ouest de l'île.

Le réseau MT est composé de conducteurs de nature hétérogène en Aluminium et Cuivre avec des sections allant du 14 mm² au 95 mm² suspendus sur des supports métalliques et de bois.



Figure 42- Architecture du réseau électrique existant de la Grande Comore : (©PAESC)

L'appel de puissance à la pointe synchrone à Grande Comore a été estimé à 18.1 MW à ce jour, Avec des artères principales s'étendant jusqu'à plus de 90 km, la longueur du réseau 20 kV dépasse largement les normes habituelles. Les surcharges provoquent des chutes de tension importante sur le réseau et accélère le vieillissement des équipements.

- **Départ 1.**

Le départ 1 (en orange) couvre principalement la ville de Moroni et est alimenté par les centrales thermique de Voidjou et de Itsambouni. Il devrait transiter environ 4.8 MW. Les calculs de « load flow » indiquent que les grandeurs électriques calculées sur le départ 1 de Grande Comore restent dans les plages de valeurs admissibles autorisées. On note un niveau normal de transit de courant dans les artères principales et secondaires avec une charge maximale de 55 %. Certains transformateurs 20/0.4 kV sont saturés, cependant, il convient d'interpréter ce résultat avec prudence en raison de la méthodologie employée.

Par ailleurs du point de la qualité de la tension dans l'ensemble du départ n° 1, on observe des taux qui restent dans les limites acceptables avec une chute de tension maximale de 5 %. Cette situation, même si elle est normale, peut entraîner des répercussions sur les réseaux basse tension, à moins de faire jouer les régleurs des transformateurs de distribution pour remonter la tension à leur secondaire. Afin de compenser une partie des chutes de tension inévitables, il est possible de délivrer une tension supérieure à 20 kV au point d'injection en augmentant la consigne de tension des

groupes. Les pertes actives calculées sont de 142 kW, soit 3 % de la puissance active injectée dans le départ n°1 en 20 kV.

- **Départ 2**

Le départ 2 (en rose sur la carte ci-dessous) couvre le nord de l'île de Grande Comore et est alimenté par les centrales thermiques de Voidjou et Mitsamiouli. La longueur de 90 km de ce départ est significative pour un tel niveau de tension.

Il devrait transiter environ 6.5 MW. Les calculs de « load flow » indiquent que les grandeurs électriques calculées sur le départ 2 de Grande Comore n'excèdent pas les limites fixées pour la planification. On note un niveau normal de transit de courant dans les artères principales et secondaires avec une charge maximale de 59 %.

Par ailleurs du point de la qualité de la tension dans l'ensemble du départ n° 2, on observe des taux qui restent dans les limites acceptables avec une chute de tension maximale de 9 %. Les tensions restent toutefois dans les plages de fonctionnement acceptable en exploitant le réseau avec une tension de 1.04 pu aux postes de livraison des centrales. Ainsi la tension minimale sur ce départ est de 0.956 pu, ce qui est bien compris dans les plages d'exploitation normales. Malgré la longueur de la ligne élevée, la tension ne chute pas car le groupe de Foubouni est présent au bout de l'antenne. Les pertes actives calculées sont de 505 kW, soit 8 % de la puissance active injectée dans le départ n°2 en 20 kV. Les pertes sont plus importantes que sur le départ n°1, ce qui est logique en considérant la longueur conséquente de ce départ.

- **Départ 3**

Le départ n°3 (en bleu) couvre l'ouest et le sud de l'île. Ce départ est alimenté par les centrales thermiques de Voidjou et Foubouni, une centrale solaire à Foubouni et par une batterie. Ce départ a une longueur de 60 km. Les calculs indiquent que la chute de tension excède les valeurs admissibles ce qui peut entraîner des problèmes de stabilité et de qualité de l'électricité fournie aux consommateurs. La tension chute jusqu'à atteindre la valeur de 0.928 pu malgré le fait de faire fonctionner les groupes avec une tension de consigne de 1.05 pu (valeur maximale admissible).

Il paraît donc nécessaire d'installer des bancs de condensateurs pour relever la tension en attendant l'arrivée d'autres centrales.

Il devrait transiter environ 7.761 MW, les pertes actives calculées sont de 0.677 MW, soit 9 % de la puissance active injectée dans le réseau. Les pertes sont élevées en raison de longueur de ligne conséquente.

Il est également noté qu'aucune surcharge n'est observée au niveau des lignes 20 kV, ce qui suggère que la problématique de chute de tension explicitée ci-dessus n'est pas liée à la capacité de transmission du réseau. On note un niveau normal de transit de courant dans les artères principales et secondaires avec une charge maximale de 46 %.

Le tableau suivant, donne les détails du réseau électrique MT

Tableau 27- Ligne MT 20KV de la Grande Comore

Départ	Nature du Câble	Section (mm ²)	Longueur (mètre)
		14	5 956
		34	4 061

1	AL	54	13 299
		95	147
	Cu	25	907
		50	3 078
Longueur totale			27 448
2	AL	14	44 484
		34	29 984
		54	99 353
		95	6 151
Longueur Totale			179 972
3	AL	14	7 621
		34	16 785
		54	103 604
	Cu	50	5 522
			133 532
TOTAL GRANDE COMORE			340 952

6.1.2.1.1 TRANSFORMATEURS HTA/BT

Les données du nombre et du type de transformateurs existants dans chaque localité électrifiée sont connues pour 2023. Les tailles de transformateur HTA/BT de type « haut de poteau » (poste H61) varient de 25 kVA à 160 kVA et ceux de type « postes préfabriqués ou maçonnés » (poste H59) varient de 250 kA à 1 000 kVA

Pour la planification des extensions des réseaux la gamme de puissance des transformateurs est maintenue pour la présente étude, en privilégiant du 160 kVA pour les postes H61.

Le tableau ci-dessous indique les détails des transformateurs et des postes de transformation qui totalisent une puissance de 34 005 KVA:

Tableau 28- Transformateur MT/BT 20KV en Grande Comores

Depart	Nombre de postes	Puissance totale
1	89	14 745
2	123	9070
3	105	10190
TOTAL	317	34 005

En dehors du Réseau Moyen tension, il existe un réseau Basse tension (BT) composé de conducteur Alu de 3*35 mm² et Cu 4*14 mm², dont le schéma BT est inexistant.

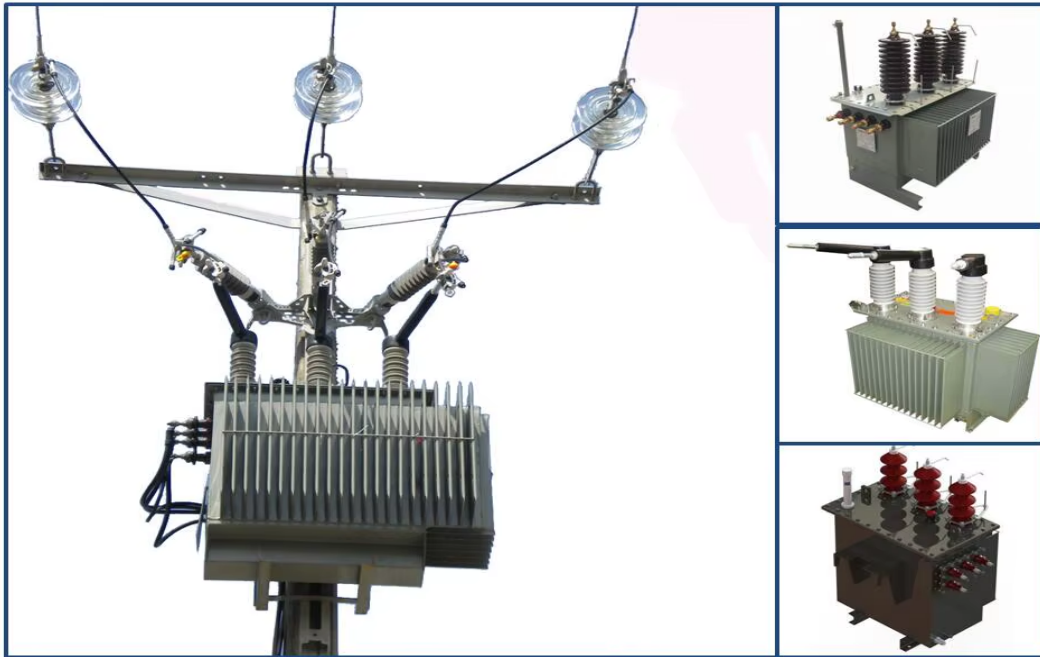


Figure 43- Poste de transformation haut de poteau (H61)



Figure 44- Poste de transformation préfabriqué (H59)

6.1.2.1.2 Développement d'un réseau de transport en 63 kV

L'analyse du réseau vise à déterminer s'il est nécessaire de mettre en service un réseau de transport (opérant à une tension supérieure à 20 kV) afin répondre à l'augmentation de la consommation d'électricité et afin de diminuer de manière significative les pertes d'énergie et les chutes de tension.

La conception du réseau est influencée par les principes fondamentaux suivants :

- Garantir la sécurité (N-1) à chacun des départs existants et futurs ;

- Limiter le transit de puissance à 70 % de la valeur nominale des conducteurs des artères principales de façon à pouvoir reprendre, en cas de nécessité, le maximum de charges d'un départ voisin défaillant.
- Définir si nécessaire des postes sources HTB, pour desservir directement des zones du réseau alimentées jusqu'alors par le biais de trop longues lignes de distribution propices aux chutes de tension ;

Pour toutes ces raisons et pour une vision long terme, un réseau de transport en 63 kV est recommandé en 2030.

Le consultant recommande l'installation de 7 postes 63/20 kV. Ces postes seront répartis sur l'île de Grande Comores, dont 3 localisées à proximité de Moroni.

Ces postes permettront la création de 15 départs pour assurer une bonne répartition des flux de puissance.

Les lignes aériennes 63 kV seront constituées d'un conducteur de section de 228 mm² pouvant transiter 53.7 MVA. La longueur totale du réseau 63 kV sera de 180 km pour permettre un bouclage.

Le réseau 63 kV permettra également de réduire le cout de l'énergie. En effet, la centrale de géothermie alimentera toutes les localités avec le réseau interconnecté.

6.1.2.2 ANJOUAN

Le réseau MT d'Anjouan est composé de conducteurs de nature hétérogène en Alu, Almélec, Acier et Cuivre avec des sections allant du 14 mm² au 70 mm² suspendus sur des supports métalliques et de bois.

Pour Anjouan, 4 départs ont été recensé :

- Départ N°1 : alimentation du nord, de l'est, du sud et du centre de l'île
- Départ N°2 : alimente le centre et l'ouest de l'île
- Départ N°3 : alimente la ville Ouani et ses environs

Le tableau ci-dessous donne le détail du réseau de l'île d'Anjouan :

Tableau 29- Réseaux 20Kv à Anjouan

Départ	Nature du Câble	Section (mm ²)	Longueur (mètre)
1	ACIER	34	3563
		35	7007
		14	8040
		25	10482
		35	12822
		50	5058
		54	44834
		70	773
	ALMELEC	34	3299

		70	4533
			100 411
2	AL	14	5149
		16	212
		25	1521
		34	6356
		54	19 820
	ALMELEC	34	604
		50	7619
		70	11 494
	Cu	35	546
			3 663
3	AL	54	1853
	ALMELEC	70	1810
			3 663
TOTAL ANJOUAN			157 398

Le transport et la distribution de l'électricité dans l'île Anjouan est actuellement assuré par un seul niveau de tension 20 kV. Le réseau électrique d'Anjouan comprend 221 postes 20/0.4 kV et 165 km de lignes 20 kV uniquement aérienne. Ce réseau a pour but d'alimenter en électricité l'ensemble des consommateurs. La production est centralisée dans les centrales de Lingoni et de Trenani. La centrale hydroélectrique de Marahani est présente mais n'est pas opérationnelle.

L'architecture du réseau existant de l'île d'Anjouan est illustrée par la figure ci-dessous. Les trois couleurs représentent les trois départs existants. L'appel de puissance total à la pointe synchrone à Anjouan en 2024 a été estimé à 6.7 MW.

Les centrales suivantes sont en service :

- Deux centrales thermiques dont la principale centrale de 4.3 MW se situe à Trenani, et la deuxième centrale de 0.5 MW se situe à Lingoni. Une centrale PV de 3 MWc se situe à Pomoni avec des batteries de stockage de 2 MWh et une puissance de 0.8 MW.



Figure 45- Architecture du réseaux 20KV à Anjouan

Selon le plan de développement à moindre coût (PDMC), l'appel de puissance total à la pointe synchrone à Anjouan en 2024, a été estimé à 6.7 MW. Les résultats des simulations ont permis d'identifier des contraintes sur le réseau actuel (chutes de tension et surcharge de postes). Les surcharges provoquent des chutes de tension importante sur le réseau et accélère le vieillissement des équipements du réseau.

- Départ 1.

Le départ n° 1 devrait transiter environ 578 kW. Les calculs de « load flow » indiquent que les grandeurs électriques calculées sur le départ 1 d'Anjouan restent dans les plages de valeurs admissibles autorisées. On note un niveau normal de transit de courant avec une charge maximale de 8 %.

Certains transformateurs 20/0.4 kV sont saturés.

Par ailleurs, du point de la qualité de la tension sur l'ensemble du départ n° 1, on observe des taux qui restent dans les limites acceptables avec une chute de tension maximale de 5 %. Cette situation, même si elle est normale, peut entraîner des répercussions sur les réseaux à basse tension, à moins de faire jouer les régleurs des transformateurs de distribution pour remonter la tension à leur secondaire. Afin de compenser une partie des chutes de tension inévitables, il est possible de délivrer

une tension supérieure à 20 kV au point d'injection en augmentant la consigne de tension des groupes.

Les pertes actives calculées sont de 8.3 kW, soit 1.5 % de la puissance active injectée dans le départ n°1 en 20 kV.

- **Départ 2.**

Le départ n° 2 devrait transiter environ 2.49 MW. Les calculs de « load flow » indiquent que les grandeurs électriques calculées sur le départ 2 de Anjouan n'excèdent pas les limites fixées pour la planification. On note un niveau normal de transit de courant dans les artères principales et secondaires avec une charge maximale de 31 %.

Par ailleurs du point de la qualité de la tension dans l'ensemble du départ n° 2, l'on observe des taux qui restent dans les limites acceptables avec une chute de tension maximale de 6%. Pour rester dans les limites acceptables, les centrales doivent injecter une tension de 1.03 pu.

Les pertes actives calculées sont de 88 kW, soit 4 % de la puissance active injectée dans le départ n°2 en 20 kV.

- **Départ 3**

Le départ n°3 (en rouge) couvre l'Est et le Sud de l'île. Ce départ est alimenté par trois centrales thermique (Lingoni, Marahani et Trenani) et une centrale solaire à Pomoni. La longueur de ce départ est assez significative pour un tel niveau de tension.

Il devrait transiter environ 3.86 MW. Les calculs de « load flow » indiquent que les grandeurs électriques calculées sur le départ 3 de Anjouan n'excèdent pas les limites fixées pour la planification. On note un niveau normal de transit de courant dans les artères principales et secondaires avec une charge maximale de 30 %.

Par ailleurs du point de la qualité de la tension dans l'ensemble du départ n°3, l'on observe des taux qui restent dans les limites acceptables avec une chute de tension maximale de 5 %. Pour rester dans les limites acceptables, les centrales doivent injecter une tension de 1.03 pu.

Les pertes actives calculées sont de 182 kW, soit 5 % de la puissance active injectée dans le départ n°3 en 20 kV.

6.1.2.3 MOHÉLI

Le réseau MT de transport et de distribution de Mohéli alimente principalement 2 départs :

- Le départ N°1 alimente une grande partie de la capitale et la côte Est de l'île ;
- Le départ N°2 alimente une petite portion de la capitale et la côte Ouest de l'île.

Le réseau MT est composé de conducteurs de nature hétérogène en Aluminium et Cuivre avec des sections allant du 16 mm² au 90 mm² suspendus sur des supports métalliques et de bois.

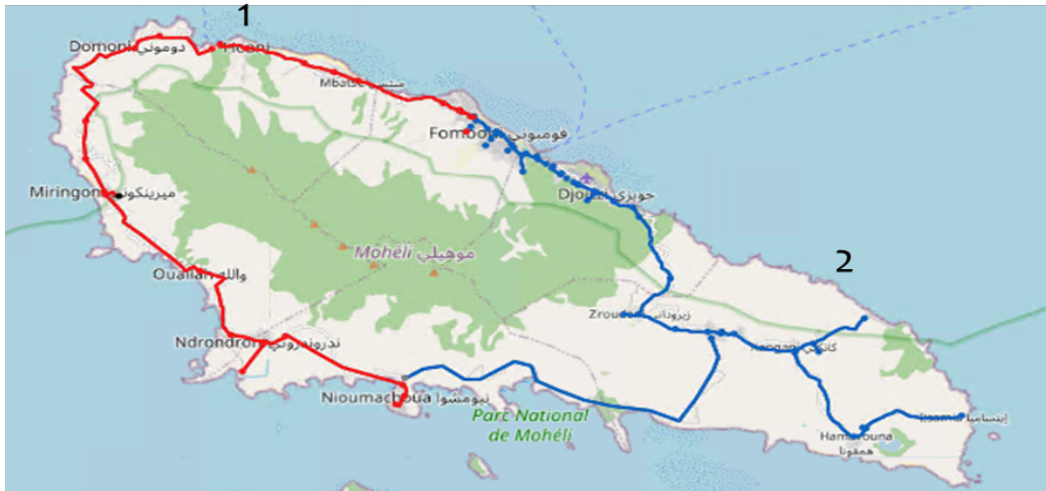


Figure 46- Schéma du réseaux MT 20KV de Mohéli

Le tableau ci-dessous donne le détail du réseau MT 20KV de Mohéli :

Tableau 30- Ddétail du ligne MT 20KV de Mohéli

Départ	Nature du câble	Section (mm ²)	Longueur (mètre)
1	AL	16	6350
		54	38 121
	Cu	35	8419
			52 890
2	AL	54	15189
		90	4569
		35	296
			20 054
TOTAL MOHELI			72 944

L'ensemble des transformateurs implantés sur l'île de Mohéli totalisent une puissance de 3 710 KVA répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 31- Répartition des transformateurs à Mohéli

Départ	Nombre de postes	Puissance totale (KVA)
1	44	2810
2	15	900
TOTAL	59	3 710

En dehors du réseau électrique principal MT, s'ajoute les réseaux électriques BT, dont le schéma unifilaire est 'indisponible. Le réseau BT se compose de conducteurs Alu 4x35 mm² et Cu 5x16 mm².

Trois catégories des poteaux sont installées à savoir (en Galva, en acier et en bois).

Le réseau moyenne tension MT comptabilise au total 582 poteaux dont pour 382 le départ I et 200 poteaux pour le départ II.

A part le réseau aérien il existe un réseau souterrain qui débute du dépôt des hydrocarbures de Hoani jusqu'à Nioumachoi et alimentent 09 villages. Ce réseau est constitué par 3km de réseau souterrain d'une section 90mm² et 24 km de réseau souterrain d'une section de 50mm². Au long de la ligne des AC3M sont installé pour assurer la distribution et la sécurité du réseau et des transformateurs.

SCHEMA SYNOPTIQUE DU RESEAU UNIFILAIRE MOYENNE TENSION DE LA SONELEC MOHELI

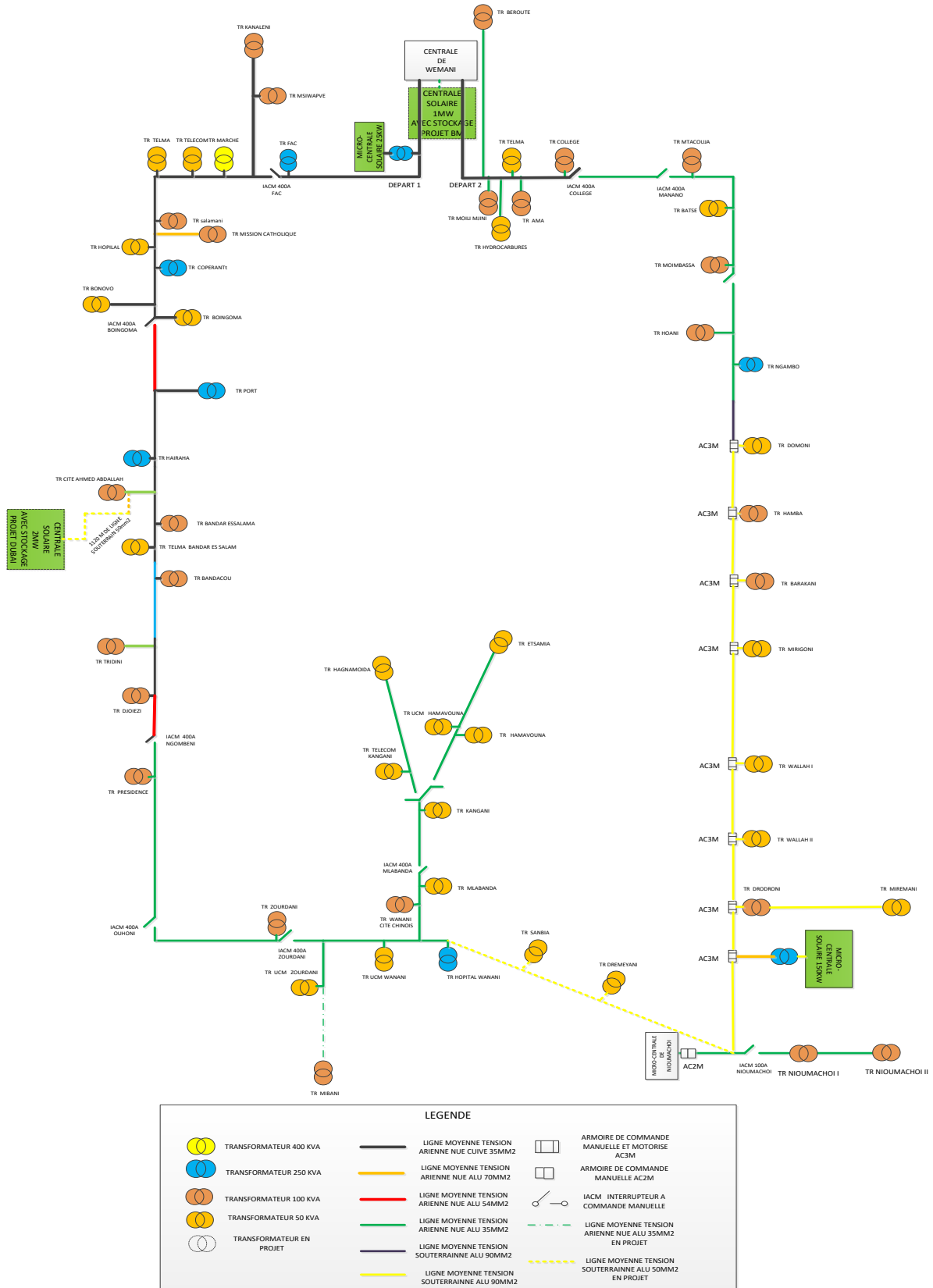


Figure 47- Schéma synoptique unifilaire du réseau moyen tension MT de Mohéli (@SONELEC Mohéli)

6.2 NIVEAU DE FIABILITE ACTUEL

6.2.1 FREQUENCE DES COUPURES, QUALITE DE L'ALIMENTATION.

Sans tenir compte des déclenchements indépendamment de la volonté de la SONELEC, qui nécessite une intervention sur site vue que le système à ce jour reste manuel, La fréquence des coupures dépende entièrement de la zone d'habitation des consommateurs. Il n'y a pas de logique de coupures.

Dans la capitale Moroni et ses environs dans les conditions normal de desserte de l'électricité le temps de coupure varie entre 6 et 10h de temps par jour, tans disque dans les zones lointaines, le temps de coupures peut jusqu'à plus de 12h de temps par jour.

Dans l'île d'Anjouan, la Fréquence des coupures reste inchangée, et varie toujours entre 8 et 12 par jour dans la capitale Mutsamudu et ses environs, et entre 10 et 15h par jour dans les régions éloignées.

Dans l'île de Mohéli, la situation est modérément stable, avec une coupure journalière qui ne dépasse pas les 2h par jour dans l'ensemble de l'îles(région connectées), et le dimanche, jour de maintenance, la coupure dure 10h de temps dans la journée.

6.2.2 DONNEES SUR LA STABILITE ACTUELLE (TENSIONS, FREQUENCES).

6.2.2.1 PLAGES DE FREQUENCE, DE TENSION ET SURCHARGE ADMISSIBLE

6.2.2.1.1 Plage de tension

En exploitation, au point de raccordement d'une installation, les plages normales de variation de tension du réseau sont : de 360 à 420 kV pour le réseau 400kV (la tension nominale est de 400 kV), de 198 à 245 kV pour le réseau 225kV (la tension nominale est de 220 kV).

Pour rappel, Il existe actuellement 4 domaines de tension :

- La très basse tension (TBT)
- La basse tension (BT)
- La haute tension A (HTA)
- La haute tension B (HTB)

En ce qui concerne la haute tension, la HTA, appelée aussi domaine de moyenne tension, couvre une plage de comprise entre 1000 et 50 000 volts en régime alternatif, 1500 et 75 000 en régime continu. Le domaine HTB couvre pour sa part les tensions supérieures à 50 000 volts en régime alternatif et 75 000 volts en régime continu.

Le domaine BT couvre une plage comprise entre 50 et 1000 volts en courant alternatif, 120 et 1500 volts en régime continu.

Enfin, la TBT, c'est-à-dire la très basse tension, commence à 0 volt pour finir à 50 volts en régime alternatif et en régime continu de 0 à 120 volts. Par ailleurs, sachez que le domaine TBT se divise en trois types :

- La TBTF (Tension fonctionnelle)
- La TBTS (Tension de sécurité)
- La TBTP (Tension de protection)

La chute de tension est la différence entre la tension de consigne que l'on trouve au poste source en début de liaison et la tension réellement constatée en un point du réseau. Afin d'éviter des dysfonctionnements des plans de protection et des risques de détérioration de matériel chez les utilisateurs du réseau, il est nécessaire de s'assurer qu'en tout point de livraison, la tension reste toujours comprise à l'intérieur d'un intervalle réglementaire autour de la tension normative.

Le réseau est dit en situation « normale » lorsque tous les éléments du réseau sont en service pour garantir l'équilibre entre la production et la consommation. En régime de fonctionnement normal, les plages admissibles utilisées dans le cadre de l'étude du réseau de transport sont indiquées ci-dessous :

Condition d'exploitation normale (N) :

- Surtension permanente pour la moyenne tension (20 kV) : + 7.5%.
- Surtension permanente pour la haute tension (63 kV) : +5%.
- Chute de tension pour la moyenne tension (20 kV) : -10%.
- Chute de tension pour la haute tension (63 kV) : -7.5%.

Le réseau est dit en situation de « contingence » lorsqu'il s'agit d'une situation (N-1), c'est-à-dire lorsqu'il se produit la perte d'un seul équipement à la fois, comme une ligne, un transformateur, un alternateur... En cas de fonctionnement dégradé, des points d'interconnexion seront fermés afin de permettre, au besoin, la fourniture d'une source alternative d'électricité à la partie voisine du réseau (interrupteurs aériens à commande manuelle IACM de bouclage des départs). En situation de contingence, de manière exceptionnelle et temporaire, les plages admissibles utilisées sont les suivantes :

Condition d'exploitation perturbée (N-1)

- Surtension permanente pour la moyenne tension (20 kV) : + 10%.
- Surtension permanente pour la haute tension (63 kV) : +10%.
- Chute de tension pour la moyenne tension (20 kV) : -10%.
- Chute de tension pour la haute tension (63 kV) : -10%.

Veillez noter que, un écart de tension de 10% vis-à-vis de la tension nominale engendre des pertes techniques élevées dans les réseaux électriques. De plus une chute de tension de 10% sur le réseau de distribution entraîne forcément une forte dégradation de la tension dans les réseaux en aval.

6.2.2.1.2 Plage de fréquence :

La fréquence correspond au nombre de fois qu'un phénomène se reproduit dans le temps. Appliquée à l'électricité, elle se mesure en hertz (Hz). La fréquence électrique correspond au nombre de fois où le courant alternatif change de sens en une seconde.

Pour déterminer la fréquence du courant électrique, la formule $f = 1 / T$, où 'f' représente la fréquence et 'T', la période, s'avère fondamentale. La période est l'intervalle de temps nécessaire pour qu'un cycle complet d'un signal périodique se produise. L'inverse de la période vous offre la fréquence en Hertz (Hz), révélant le nombre de cycles par seconde. Cette formule mathématique simple mais précise constitue le pilier du calcul de la fréquence

La plage dans laquelle la fréquence doit se maintenir pour assurer la stabilité du réseau à la suite d'un incident se situe entre 48.3 et 50.5 Hz. Cependant, cette plage peut être étendue durant un court laps de temps. Le tableau ci-dessous illustre ces plages de fréquences avec une durée à ne pas dépasser.

Tableau 32- Plage de fonctionnement normal de la fréquence

PLAGE DE FREQUENCE(Hz)	DUREE MAXIMALE DE FONCTIONNEMENT (Mn)
46.5 – 47.5	1/2
47.5 – 48.3	15
48.3- 50.5	Illimité
50.5 – 51.0	15
51.0 – 52.5	5

6.3 ANALYSE DES CHARGES ET PRODUCTION EXISTANTES

Concernant les surcharges, les intensités admises pour éviter les échauffements trop importants ne doit pas dépasser 100 % I_{map} (Intensité maximale admissible en permanence) en condition normale d'opération. En condition d'exploitation perturbée (N-1), les lignes ne doivent pas être opérées au-delà de 110% de leurs capacités nominales. Quant aux transformateurs, un taux de charge jusqu'à 120% de leurs capacités nominales peut être toléré en condition de contingence. En exploitation, il n'est pas rare de permettre une surcharge limitée (quelques dizaines de pourcents au-dessus de la valeur nominale) d'un transformateur pendant une durée limitée (quelques heures par an). Ce mode d'exploitation a comme inconvénient d'accélérer le vieillissement du transformateur, mais a comme avantage de postposer son remplacement d'une ou deux années. Ces surcharges ne doivent pas excéder le seuil de réglage du système de protection du réseau.

Comme contraintes de dimensionnement, il est retenu que les lignes de distribution doivent être chargées en dessous de 80% de leur valeur nominale pour d'éventuelles extensions et reprises d'un départ par un autre. Aude là de cette donnée, il est conseillé de prévoir un doublement d'équipement ou un remplacement.

En planification, il est d'usage de considérer une charge maximale des transformateurs égale à 100 % de la charge maximale admissible en régime permanent. En effet, il est préférable d'adopter une approche conservatrice, notamment pour tenir compte des incertitudes sur les différents paramètres de la planification, dont le plus important est la prévision de la charge.

6.3.1 GRANDE COMORE

Pour la grande Comore, les charges sont réparties comme suit :

Pour le départ 1, on a constaté ce qui suit :

- Charge = 4,8 MW
- Pertes = 0,142 MW (3%)
- Charge de ligne max = 55%
- Chute de tension max = 5%

Pour le départ 2, on a constaté ce qui suit :

- Charge = 6,5 MW
- Pertes = 0,505 MW (8%)
- Charge d'une ligne max = 59%
- Chute de tension max = 9%

Pour le départ 3, on a constaté ce qui suit :

- Charge = 7,761 MW
- Pertes = 0,677 MW (9%)
- Charge d'une ligne max = 46%
- Tension minimale = 0,92 pu

6.3.2 ANJOUAN

Pour le départ 1 dans l'île d'Anjouan, on a constaté ce qui suit :

- Charge = 578 kW
- Pertes = 8,3 kW (1,5%)
- Charge de ligne max = 8%
- Chute de tension max = 5%

Pour le départ 2, on a constaté ce qui suit :

- Charge = 2,49 MW
- Pertes = 0,104 MW (4%)
- Charge de ligne max = 31%
- Chute de tension max = 6%

Pour le départ 3, on a constaté ce qui suit :

- Charge = 3,86 MW
- Pertes = 0,182 MW (5%)
- Charge de ligne max = 30%
- Chute de tension max = 5%

6.3.3 MOHELI

Pour le départ 1 on a constaté ce qui suit :

- Charge = 0,71 MW
- Pertes = 16 kW (3%)
- Charge de ligne max = 5%
- Chute de tension max = 1%

Pour le départ 1 on a constaté ce qui suit :

- Charge = 0,52 MW
- Pertes = 8 kW (2%)
- Charge de ligne max = 5%
- Chute de tension max = 1%

6.4 ÉTAT DE L'EQUILIBRE OFFRE-DEMANDE.

Afin d'avoir une vision claire de la situation à court-terme, il convient de comparer la charge effectivement desservie au cours de l'année et l'énergie disponible pour satisfaire au cours de l'année la demande en prenant en compte les indisponibilités fortuites.

Le bilan offre-demande sera estimé pour les années 2017 à 2019 sur base de la prévision de la demande telle qu'établie selon les données recueillies et sur base de la capacité installée existante.

La comparaison de la demande et de l'énergie disponible démontrera que le parc de production actuel laisse ou pas une place à un accroissement de la pointe de charge.

La fiabilité d'un parc de production s'exprime en termes de capacité de ce système à couvrir la demande de puissance à n'importe quel moment.

Cette capacité à couvrir la demande de puissance dépend d'une part de l'incertitude qui affecte la demande prévue et d'autre part des nombreux paramètres qui limitent la puissance totale que le parc de production peut développer à chaque instant.

Les facteurs qui limitent la puissance que le système peut développer sont par exemple :

Les taux de pannes non prévues qui affectent les groupes de production ;

- Les indisponibilités du combustible de SCH ;
- Les indisponibilités prévues des unités dues à la maintenance ;
- Les réductions de puissances des générateurs thermiques dues à une élévation de température ;
- Le manque d'eau dans les réservoirs des centrales hydroélectriques ;
- Les conditions climatiques (ensoleillement, vent) défavorables pour le productible renouvelable.

Il est nécessaire que le système de production dispose à tout moment d'un excédent de capacité en réserve pour pallier les différents types de pannes qui peuvent survenir.

La planification du développement du parc de production nécessite de prendre en considération des critères de sécurité qui garantissent à long terme un taux de réserve suffisant en puissance installée.

Les critères utilisés sont généralement :

- Un taux de réserve minimum en puissance installée ou disponible.
- L'espérance mathématique de la durée en défaillance, (Loss Of Load Probability LOLP).
- L'espérance mathématique de l'énergie annuelle en défaillance ou Energie Non Desservie (END).

L'état de production d'énergie électrique visant à satisfaire les besoins de la demande en Union des Comores est loin d'être atteint, bien que la puissance installée ne cesse d'augmenter, mais la puissance réelle reste incertaine vue la production thermique, principale production rencontre des défis majeurs.

Il est à noter que, les infrastructures de production thermique, ne suivent pas les normes exigées et ne tiennent pas compte des recommandations effectuées.

Les parcs de production thermique sont composés de groupes électrogènes Quater pillard, d'une puissance de production unitaire maximale de 2MW (Puissance Théorique) et une puissance active de 1.8MW. Avec les retards de révisions curatives, ces parcs ne livrent que 60% des puissances installés réelles.

Le tableau ci-dessous, indique l'état de l'offre en Union des Comores de 2025 – 2035 selon les trois scénarios, Scénarios de Référence (REF), Scénarios Haut (HAUT), Scénarios Bas (BAS) :

6.4.1 GRANDE COMORE

Tableau 33- Scénario de l'offre – demande de la Grande Comore (©PDMC Artelia 2024)

Année	Puissance de pointe			Energie à Produire		
	REF	HAUT	BAS	REF	HAUT	BAS
2025	23	27	19	135	157	105
2026	25	30	21	147	175	123
2027	27	33	22	157	190	129
2028	29	35	23	168	2026	134
2029	32	39	25	188	233	147
2030	38	48	27	232	292	160
2031	42	54	28	260	335	173
2032	45	59	32	284	370	201
2033	48	63	36	305	399	227

Ce scénario de référence est marqué par un taux de croissance moyen en énergie à court terme (2025 - 2028) de 13,8%, moyen terme (2028 - 2033)

6.4.2 MOHELI

Tableau 34- Scénario de l'offre – demande de Mohéli (©PDMC Artelia 2024)

Année	Puissance de pointe			Energie à Produire		
	REF	HAUT	BAS	REF	HAUT	BAS
2025	1.5	1.8	1.3	7.7	9.2	6.8
2026	1.7	2.1	1.4	8.9	10.9	7.3
2027	2.0	2.5	1.5	11.6	14.4	7.7

2028	2.3	3	1.6	13.8	17.5	8.7
2029	2.6	3.4	1.7	15.9	20.6	9.3
2030	2.8	3.7	2.1	17.3	22.6	12.6
2031	3	4.0	2.3	18.7	24.7	14.4
2032	3.2	4.3	2.5	19.9	26.6	15.5
2033	3.4	4.7	2.6	21.2	28.6	16.5

6.4.3 ANJOUAN

Tableau 35 Scénario de l'offre – demande d'Anjouan (©PDMC Artelia 2024)

Année	Puissance de pointe			Energie à Produire		
	REF	HAUT	BAS	REF	HAUT	BAS
2025	8.6	10.7	7.0	39.6	49.5	32.4
2026	9.6	12.6	7.5	44.9	58.9	35.0
2027	10.8	14.7	8	50.6	69.1	37.7
2028	12.1	17.0	8.6	57.2	80.5	40.9
2029	13.4	19.3	9.3	64.2	92.6	44.3
2030	15.2	22.4	10.1	75.2	110.5	49.2
2031	17.1	25.5	10.9	85.8	128.0	53.9
2032	18.9	28.5	11.6	96.2	145.2	58.6
2033	20.7	31.6	12.5	106.4	162.2	63.8

7 DEFIS MAJEURS LIES A L'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LE RESEAU

7.1 INSTABILITE DU RESEAU :

7.1.1 FLUCTUATIONS DE LA PRODUCTION D'ENERGIE SOLAIRE (EN FONCTION DE L'ENSOLEILLEMENT)

L'Union des Comores est une nation insulaire souveraine située aux coordonnées de latitude 12°-Sud et de longitude 44°-Est dans l'océan Indien. Elle se trouve au large de la côte orientale africaine, à la frontière nord du canal du Mozambique entre le nord de Madagascar et le nord-est du Mozambique. Les pays frontaliers des Comores sont le Mozambique, la Tanzanie, Madagascar et les Seychelles. Avec une superficie de 2.235km² et une population estimée à 575.660 habitants (recensement de 2003), les Comores présentent l'une des plus fortes densités de population en Afrique. Il s'agit de l'Etat membre de la Ligue Arabe situé le plus au sud.

7.1.1.1 OPPORTUNITE DE DEVELOPPEMENT DANS LE SOUS-SECTEUR

Aux Comores, les ressources en énergies renouvelables exploitables sont abondantes. L'énergie solaire apparait comme une source d'énergie alternative particulièrement prometteuse, en raison du

fort taux d'ensoleillement régnant sur les îles toute l'année. L'énergie éolienne et hydroélectrique, plus concentrées, sont les deux types d'énergies renouvelables qui peuvent, combinées à l'énergie solaire, être exploitées dans certaines parties des îles Comoriennes.

7.1.1.2 STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE NATIONALE

C'est dans ce contexte que les autorités ont décidé l'élaboration d'une stratégie sectorielle énergétique nationale qui permet de donner une vision à 20 ans. Dans le sillage de cette stratégie, un plan d'action, qui constitue les premiers pas que l'on peut engager dans les cinq ans pour la réalisation des objectifs stratégiques.

Les quatre objectifs spécifiques ci-après, sont retenus pour la Stratégie Énergétique Nationale :

- Maîtriser le niveau de dépendance énergétique
- Développer l'accès à l'énergie
- S'inscrire dans une logique économique, crédible et pérenne
- S'inscrire dans une logique de développement durable.

Plusieurs axes majeurs d'intervention permettront de réaliser les objectifs définis, en se servant des leviers disponibles décrits ci-avant :

- Orientation Stratégique 1 :

Maîtriser le niveau de dépendance énergétique à travers l'élaboration et la mise en œuvre d'outils et systèmes d'information et de planification permettant l'adéquation offre / demande de services énergétiques, le développement et la diversification de l'offre énergétique sur les trois îles par la valorisation des ressources énergétiques locales et la promotion des actions de maîtrise de l'énergie

- Orientation Stratégique 2 :

Développer l'accès à l'énergie à travers la recherche des solutions durables et de moindre coût pour le développement des services énergétiques (production, transport, distribution, gestion et maintenance), la promotion de la communication et la concertation entre les différents acteurs du secteur énergétique y compris les usagers et la définition d'une politique tarifaire venant en appui à la politique d'accès à l'énergie.

- Orientation Stratégique 3 :

S'inscrire dans une logique économique crédible et pérenne à travers l'amélioration du cadre institutionnel, législatif et réglementaire adapté aux exigences de développement du secteur énergétique national y compris la normalisation, la promotion des mesures de renforcement des capacités en ressources humaines, matérielles et financières des acteurs publics, parapublics et privés du secteur de l'énergie, le soutien et participation aux projets et programmes énergétiques régionaux et internationaux y compris les transferts de technologie, amélioration de l'efficacité des acteurs énergétiques existants, l'amélioration du système de suivi évaluation du secteur énergétique, l'apurement des situations financières des acteurs publics du secteur de l'énergie et l'adaptation de la politique tarifaire en vue de la pérennité des services énergétiques.

- Orientation Stratégique 4 :

S'inscrire dans une logique de Développement durable à travers la prise en compte systématique de l'évaluation et l'atténuation des impacts environnementaux dans la conception, la réalisation et l'exploitation des infrastructures et équipements énergétiques, la généralisation de la mise en œuvre

d'une gestion rationnelle des ressources naturelles en concertation avec les populations concernées et la mise en place d'une AND pour favoriser la mise en œuvre de projets MDP

7.1.2 IMPACT SUR LA FREQUENCE ET LA TENSION DU RESEAU

Les principaux composant d'une poste de transformation qui est une installation d'organe de liaison et de manœuvre où parviens l'énergie des centrales sont les suivants :

- Appareillage de liaison : jeu de barres où aboutissent les raccordements aux centres (consommateurs et producteurs) ;
- Appareillage de manœuvre et protection : disjoncteurs qui ouvrent ou ferment un circuit, suite à une manœuvre d'exploitation ou à un défaut imprévu dans le réseau, sectionneur dont la principale fonction est d'assurer l'isolement du circuit qu'il protège ;
- Appareillage de régulation : transformateur à réglage en charge / batterie de condensateur ;
- Appareillage de conversion : redresseurs ;
- Appareillage de mesure : transformateur de potentiel et d'intensité/, appareil de mesure proprement dits et relais branché au secondaire des transformateurs d'intensité et de potentiel ;
- Services auxiliaires BT, courant alternatif et courant continu : réseaux alimentant les moteurs de commande, la signalisation, les verrouillages, le chauffage, etc... ;
- Appareillage d'automatisme : télécommande, télésignalisation, télémessure ;

Les impacts majeurs du réseau électrique national 20KV sont les suivants :

- Le réseau de distribution n'est pas uniforme ce qui ce qui augmente considérablement la résistivité des lignes engendrant une perte de ligne importante ;
- Vieillesse des équipements du réseau car certains datent de 45 ans ;
- Un réseau sous dimensionné, car seul celui de Mohéli est optimal pour l'année 2025 ;
- Problème d'inductance interne et externe ;
- Perturbation de tension et de fréquence ;
- Réseau manuel non automatisé ;
- Manque d'appareillage de manœuvre et protection ;
- Manque d'appareillage de régulation ;
- Manque d'appareillage de conversion / redresseurs ;
- Manque d'appareillage de mesure ;

7.1.3 SOLUTIONS POSSIBLES (SYSTEMES DE STOCKAGE, REGULATION DE LA TENSION)

Les hypothèses utilisées pour la modélisation du réseau, afin de réduire les impacts sur les réseaux sont détaillés à travers les éléments fondamentaux suivants :

- Les lignes aériennes et câbles ;
- Les moyens de production (centrales photovoltaïques, thermiques et hydroélectriques) ;
- Les moyens de compensations de puissance réactive ;

- Les charges des lignes MT 20KV.
- Mettre en service d'autres centrales
- Ajout de bancs de condensateur (solution conseillée à court terme)
- Création ou remplacement de conducteurs

Les hypothèses suivantes ont été prises afin de déterminer les capacités de transit des lignes :

- Température ambiante maximale : 40 °C ;
- Température maximale des conducteurs (limite thermique de puissance) : 80 °C ;
- Vitesse minimale du vent : 0.5 m/s.

La température de 40 °C énoncée dans ces hypothèses est la température maximale estimée à l'heure de pointe.

Plusieurs contraintes peuvent limiter la capacité des lignes de transport :

- Le courant maximal admissible en régime permanent (critère thermique d'évacuation des pertes Joule) qui dépend grandement des conditions météorologiques, particulièrement de la température extérieure.
- La chute de tension le long des lignes (plus la tension nominale est basse, plus la chute de tension est importante) qui dépend également de la température (variation de la résistivité des conducteurs de lignes) et de la charge transitée.

Pour les valeurs des conditions météorologiques précédentes, les capacités des nouvelles lignes proposées sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 36- Valeurs de puissances admissibles dans les lignes électriques (@PDMC Artelia 2024)

Tensions (KV)	Section de ligne (mm ²)	Courants Admissibles [A]	Puissances apparentes admissibles à Un [MVA]
63	228 ALMELEC	546	53.7
20	120 ACSR PENGUIN	370	11.5
20	54 ACRS RAVEN	240	7

Ces valeurs de puissances admissibles sont uniquement calculées selon le critère thermique d'évacuation des pertes en ligne, et dans les conditions météorologiques défavorables.

Il est à noter également que la capacité de transit d'une ligne peut très bien être inférieure à celle définie ci-dessus, notamment si la chute de tension le long de la ligne entraîne des tensions inférieures aux limites définies.

Les postes électriques sont modélisés par le biais d'un modèle type incluant le jeu de barres, des travées lignes, des travées transformateurs, des travées couplage jeux de barres, etc. Les éléments du réseau sont connectés directement aux jeux de barres ou par l'intermédiaire d'un transformateur.

La tension au niveau des jeux de barres est réglée à une tension de consigne (en général 1 pu) lorsque des éléments du système électrique participant au réglage de tension sont raccordés à ce jeu de barre.

Un facteur de puissance (ou cosinus phi) de 0,93 a été retenue pour les charges. Pour réaliser l'étude du réseau de transport, il est nécessaire d'agrèger les charges au poste source HTA le plus proche.

La demande de chaque poste HTA est tirée de l'étude de consommation. Les renforcements des lignes et des transformateurs HTA/BT seront à considérer en fonction de l'étude statique de répartition des charges.

En fonction de leur charge, les nouvelles lignes haute tension vont produire ou absorber de la puissance réactive. Pour pouvoir les mettre sous tension ou les utiliser à faible charge, il faut absorber ce réactif. Pour répondre à ce besoin, des inductances shunt ont été dimensionnées grâce aux simulations. Au cours des simulations, ces inductances ont été connectées ou déconnectées en fonction de la charge du réseau pour optimiser le plan de tension (éviter les surtensions).

En fonction de l'évolution de la charge, des condensateurs devront être ajoutés à proximité des charges importantes. Ces derniers permettent de relever le plan de tension local en fournissant le réactif nécessaire au plus près de la consommation (postes sources moyenne tension).

7.2 INTERCONNEXIONS :

7.2.1 QUALITE DES CONNEXIONS ENTRE LES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES ET LE RESEAU

Une interconnexion électrique est une structure qui permet à l'énergie électrique de circuler entre les réseaux électriques. Le terme peut désigner les connexions internationales entre les réseaux d'électricité, les injections des IPPs dans les réseaux nationales, etc...

Dans le cas de l'union des Comores, l'interconnexion se fait uniquement entre les producteurs indépendants Privés (IPP) avec la SONELEC qui est le seul exploitateur du Réseau.

A nos jours, les postes de transformation se trouvent uniquement dans les centrales thermiques (poste 20 000), ce qui complique l'injection directe du courant produit des IPPs.

Le seul qui s'aventure à injecter directement dans le réseau sans passer par la centrale, qui est la société INNOVENT, rencontre des déclenchements multiples. On compte en mars 2025, 80 déclenchements.

Les autres initiatives, construisent des lignes MT, partant des centrales privées jusqu'au postes de transformation aux centrales thermique.

Toutefois, le ministère de l'Energie de l'eau et des Hydrocarbures (MEEH) a mis en place des règles à suivre pour les producteurs indépendants qui espèrent injecter leurs productions dans le réseau :

7.2.1.1 EXIGENCES SPECIFIQUES AUX INSTALLATIONS DE PRODUCTION CONÇUES POUR PARTICIPER AU REGLAGE PRIMAIRE

Les installations de production de l'électricité synchrones disposant d'une capacité constructive de réglage primaire doivent être équipées d'un régulateur de vitesse.

Les installations de production de l'électricité non-synchrones disposant d'une capacité constructive de réglage primaire doivent être équipées d'un régulateur de fréquence.

Le régulateur de vitesse/le régulateur de fréquence doit être capable d'asservir la puissance de l'installation aux variations de la fréquence du Réseau de transport de l'électricité. Le régulateur de vitesse/le régulateur de fréquence doit être un régulateur proportionnel (régulateur de type « P »). Le facteur de proportionnalité est défini par le statisme de l'installation. Le seuil du statisme à afficher sur les installations sera convenu avec l'Opérateur du Système.

La zone d'insensibilité de ce régulateur doit être aussi faible que possible et dans tous les cas inférieurs à ± 10 mHz. Si le régulateur présente des bandes mortes volontaires, celles-ci doivent être compensées par le Producteur dans la zone de réglage concernée.

Chaque installation de production disposant d'une capacité constructive de réglage primaire doit être capable de fournir la totalité de sa réserve primaire en un temps inférieur à 30 secondes et la moitié de cette réserve en moins de 15 secondes. Le fonctionnement du réglage primaire doit être possible du minimum technique jusqu'à la puissance maximale de l'installation.

Les installations de production participant au réglage de fréquence primaire doivent être capables de maintenir la puissance de réglage primaire pour une période d'au moins une (01) heure après l'activation de la réserve primaire.

Les installations de production participant au réglage de fréquence primaire doivent conserver leur capacité de fourniture de service de tension/puissance réactive.

7.2.1.2 EXIGENCES SPECIFIQUES AUX INSTALLATIONS DE PRODUCTION CONÇUES POUR PARTICIPER AU REGLAGE SECONDAIRE

Les installations de production de l'électricité conçues pour fonctionner en réglage secondaire doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- Le fonctionnement en réglage secondaire fréquence - puissance est possible du minimum technique jusqu'à la puissance maximale.
- La prise de charge se fait avec un taux de variation minimum requis permettant d'épuiser complètement la bande de réglage en un temps n'excédant pas 10 minutes. Le taux de variation de puissance à afficher sur les installations doit être convenu avec l'Opérateur du Système.
- L'ordre automatique de prise de charge élaboré par le réglage secondaire d'un système de type AGC ou par le réglage primaire du régulateur de vitesse est exécuté sans qu'aucun retard supplémentaire ne soit introduit.
- Les installations de production participant au réglage de fréquence secondaire doivent conserver leur capacité de fourniture de service de tension/puissance réactive.
- Les installations de production participant au réglage de fréquence secondaire doivent être capables de maintenir la puissance de réglage secondaire pour une période d'au moins quatre (04) heures après l'activation de la réserve secondaire.

La puissance déclarée ainsi que la réserve secondaire programmée doivent être garanties en permanence par le Producteur.

7.2.1.3 EXIGENCES SPECIFIQUES POUR LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION SYNCHRONES

En régime exceptionnel de tension, la plage de fonctionnement d'une installation de production synchrone est délimitée par le diagramme [P, U, Q]. Ce domaine ne doit pas être tronqué par des limitations liées au fonctionnement des auxiliaires des installations.

En cas de fonctionnement exceptionnel de tension basse ou de tension haute en limitation de capacité réactive, l'installation de production doit rester couplée au Réseau de transport de l'électricité en fournissant sa puissance réactive maximale, et, si nécessaire en réduisant sa production de puissance active, compte tenu de ses capacités constructives et des consignes données par l'Opérateur du Système.

7.2.1.4 EXIGENCES SPECIFIQUES AUX INSTALLATIONS DE PRODUCTION NON SYNCHRONES

Ce domaine ne doit pas être tronqué par des limitations liées au fonctionnement des auxiliaires des installations.

En cas de fonctionnement exceptionnel de tension basse ou de tension haute, les installations de production non-synchrones doivent être capables de fonctionner à chaque point de fonctionnement du diagramme [P, U, Q] sans restriction de puissance active ou réactive

- Limite d'injection horaire

Il est important de souligner que la production d'énergie des centrales photovoltaïques ne peut pas atteindre un taux d'intégration trop élevé pour le bon fonctionnement du système électrique. En effet, contrairement aux centrales classiques, les parcs solaires sont basés sur une source d'énergie intermittente et reliés au réseau via des convertisseurs de puissance. Or les technologies actuelles des onduleurs ne permettent pas une contribution significative à l'inertie du réseau et ne peuvent participer pleinement à la stabilité fréquentielle du système (participation éventuelle en cas de surfréquence uniquement via une réduction de la puissance disponible). Elles fonctionnent actuellement avec des réglages dits « grid-following » plutôt que « grid-forming ».

Un taux maximum autorisé d'intégration des EnR de 50 % de la demande horaire a été considéré. Ainsi, si la puissance EnR dépasse 50 % de la demande à un instant donnée, la puissance supplémentaire devra être stockée grâce à des batteries de stockage, ou écrêtée. Augmenter cette limite aura pour conséquence de placer davantage d'EnR sur le réseau et à l'inverse diminuer ce taux aura pour effet de réduire le placement d'EnR sur le réseau.

Cette valeur de 50% se justifie sur la base du calcul de la réserve tournante. Ainsi, lorsque 50% de la demande en milieu de journée est assurée par des EnR fatales et intermittentes, les 50% restants doivent être assurés par les moyens de production conventionnels. Il faut alors prévoir que ces derniers puissent fonctionner avec un facteur de charge réduit, mais acceptable en fonctionnement normal pour conserver une capacité de réserve suffisante. La contrainte technique des machines tournantes conventionnelles impose de fonctionner à un niveau de rendement raisonnable pour ne pas risquer d'altérer leur durée de vie.

7.2.2 PROBLEMES D'INCOMPATIBILITE TECHNIQUE

L'incompatibilité technique des infrastructures du réseau MT 20KV, s'explique par :

- Le vieillissement des équipements ;
- Les pertes de ligne considérables ;
- Les lignes MT qui ont des dimensions non conformes dans tout le territoire ;
- Manque d'expertise national pour la maintenance ;
- Manque de centre de dispatching facilitant l'interconnexion ;
- Un réseaux MT basique (manuel) ;
- Les déclenchements importants ;
- Manque d'appareils de réglage ;
- Manque de capacité techniques ;

7.2.3 NECESSITE DE RENFORCER LES INFRASTRUCTURES

Le renforcement des infrastructures est une priorité absolue pour l'Union des Comores, si on veut atteindre 50% des énergies renouvelables d'ici 2040.

Le réseau en 2030 a la même topologie que le réseau de 2025 avec le même nombre de départ.

Les interventions proposées pour réduire les pertes et améliorer la fiabilité du réseau existant ont été définies sur la base de simulations du réseau. La démarche considère, en premier lieu, la nécessité de corriger les problématiques du réseau : surcharges et problèmes de sous-tensions. Pour cela, les interventions suivantes peuvent être réalisées :

- Optimisation des points normalement ouverts (N.O.);
- Correction des surcharges ;
- Correction des sous-tensions ;
- Ajout de nouveaux départs ;
- Ajout de disjoncteurs et d'interrupteurs sur le réseau.

Il a été montré en 2024 qu'aucun renforcement n'était nécessaire en 20 kV. En 2030, avec l'augmentation importante de la consommation (la pointe synchrone croît de 65% par rapport à 2023), il devient donc nécessaire de renforcer quelques conducteurs 20 kV qui sont surchargés.

Il est nécessaire de faire le Changement de section en 120 mm² (3,2 km) sur les conducteurs de ligne

- L_2037_14mm2_CU ; L_2321_54mm2_AL ; L_2746_14mm2_CU ; Ligne (11) ; L_2715 ; L_2716 ; L_2062 ; L_2028 ; L_2029_14mm2_CU ; L_2036_14mm2 ; L_2055_14mm2 ; L_2056_14mm2.
- Changement de section en 54 mm² (0,69 km) sur L_2703 ; L_2061

Il sera aussi nécessaire de renforcer 128 transformateurs HTA/ BT sur la période de 2024-2030. Pour rappel,

Le Consultant a ensuite réparti la consommation d'une localité sur les transformateurs HTA/BT les plus proches et en fonction de leur capacité.

Les renforcements sont principalement situés de part et d'autre de la ville de Moroni.

La charge maximale des lignes est de 58 %. En exploitant le réseau avec les centrales qui régulent la tension à 1,05 pu (21 kV) à leur poste de livraison, la chute de tension sur les différents départs est au maximum de 9 %, avec un minimum de 0,95 pu, ce qui est acceptable.

Cependant, l'exploitation du réseau étant radiale, le critère N-1 n'est pas respecté, risque de reprise insuffisante en cas de coupure. C'est-à-dire que lors de la perte d'une ligne, tout un départ peut être perdu.

7.2.3.1 DEVELOPPEMENT D'UN RESEAU DE TRANSPORT EN 63 KV

L'analyse du réseau vise à déterminer s'il est nécessaire de mettre en service un réseau de transport (opérant à une tension supérieure à 20 kV) afin répondre à l'augmentation de la consommation d'électricité et afin de diminuer de manière significative les pertes d'énergie et les chutes de tension.

La conception du réseau est influencée par les principes fondamentaux suivants :

- Garantir la sécurité (N-1) à chacun des départs existants et futurs ;
- Limiter le transit de puissance à 70 % de la valeur nominale des conducteurs des artères principales de façon à pouvoir reprendre, en cas de nécessité, le maximum de charges d'un départ voisin défaillant.
- Définir si nécessaire des postes sources HTB, pour desservir directement des zones du réseau alimentées jusqu'alors par le biais de trop longues lignes de distribution propices aux chutes de tension ;

Pour toutes ces raisons et pour une vision long terme, un réseau de transport en 63 kV est recommandé en 2030, le long du littoral ouest du nord au sud dans un premier temps.

Le consultant recommande l'installation de 5 postes 63/20 kV. Ces postes seront répartis sur l'île de Grande Comore, dont 3 localisées à proximité de la capitale Moroni.

Ces postes permettront la création de 9 départs pour assurer une bonne répartition des flux de puissance. Dans cette structure, pour chaque couple de départs HTA interconnectés, on définit un point d'ouverture électrique, localisé par un interrupteur situé dans un poste électrique ou sur le réseau aérien. Celui-ci définira la frontière habituelle entre les deux postes sources et restera ouvert lorsque le réseau n'est pas en situation d'incident ou de travaux. On définit cette situation comme le « schéma normal d'exploitation ».

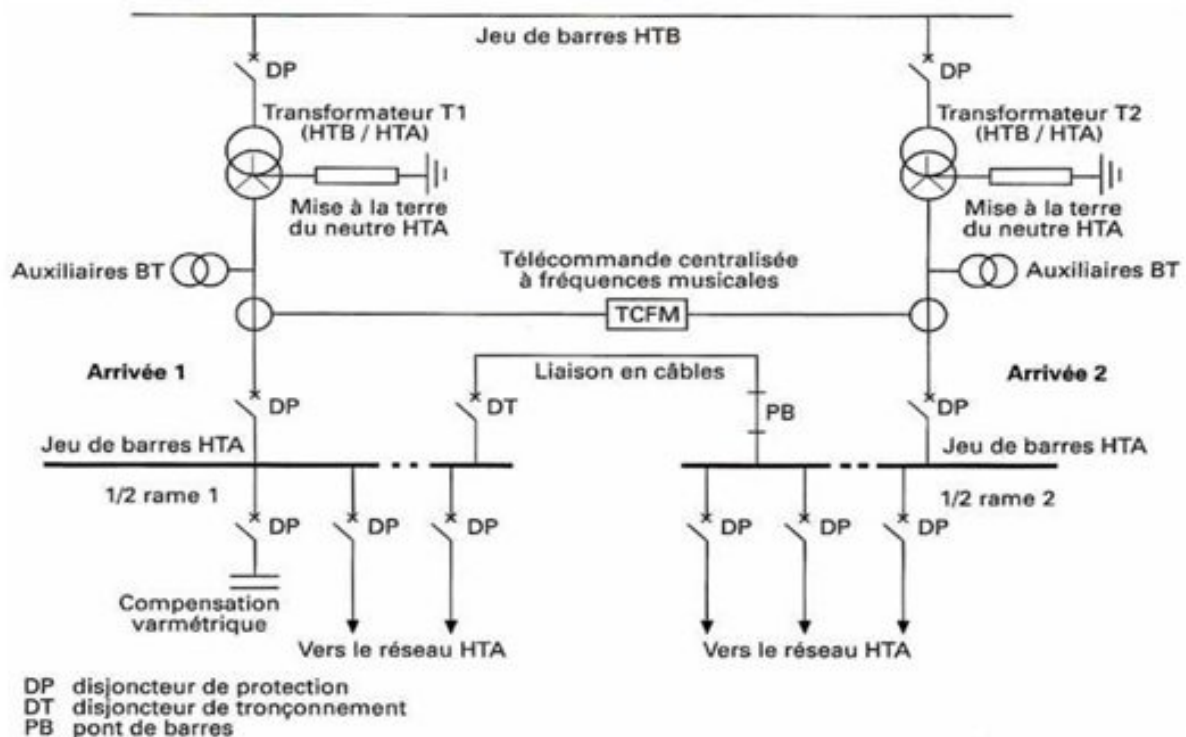


Figure 48- Description d'une poste source

Les lignes aériennes 63 kV sont constituées d'un conducteur de section de 228 mm² pouvant transiter environ 53 MVA d'après les hypothèses retenues afin de déterminer les capacités de transit des lignes. La longueur du réseau 63 kV reliant le poste sud au nord sera de 86 km.

Le réseau 63 kV permettra également de réduire le coût de l'électricité. En effet, la centrale de géothermie alimentera toutes les localités avec le réseau interconnecté dès 2029.

Le consultant recommande la création de 5 postes 63/20 kV et lignes associées afin de créer un réseau 63 kV à l'ouest de l'île pour 2029 correspondant à l'année de l'arrivée de la centrale géothermique.



Figure 49- Topologie du réseau de 2030 Grande Comore - avec un réseau de transport 63 kV (en noir)

Nous recommandons l'installation d'une ligne double terre pour la ligne d'évacuation reliant la centrale géothermique au réseau afin de garantir le respect du critère N-1. En effet, la perte de cette ligne entraînerait une incapacité de la production à répondre à la demande.

Nous recommandons dans cette étude le développement d'un bouclage 63 kV autour de l'île qui devra être effectuée sur la période de 2029 à 2035 afin de garantir le critère N-1 au niveau du réseau de transport.

L'augmentation de la consommation demande qu'un bouclage en 63 kV de l'île soit effectif en 2043 avec la création de 2 nouveaux postes 20/63 kV à l'est de l'île pour répartir au mieux le flux de puissance et garantir la bonne exploitation du réseau en situation normale. Ce bouclage permettra la création de 6 nouveaux départs 20 kV.

7.3 ASPECTS ECONOMIQUES :

7.3.1 COÛTS D'INVESTISSEMENT POUR RENFORCER LE RESEAU

7.3.1.1 CROISSANCE ÉCONOMIQUE NATIONALE

En 2023, la reprise de l'activité économique nationale s'est poursuivie bénéficiant d'une amélioration de la conjoncture internationale (résolution des problèmes de la chaîne d'approvisionnement et baisse des cours des matières premières) mais surtout d'un environnement interne favorable en raison du recul de l'inflation mondiale et du soutien à l'activité économique des partenaires au développement.

Globalement, l'activité économique est estimée en hausse de 3,3% en 2023 après 2,6% un an auparavant. Cette croissance est tirée par la demande intérieure, principalement la consommation finale des ménages.

7.3.1.2 ANALYSE SECTORIELLE DE LA CROISSANCE

La croissance est portée par l'accélération du secteur tertiaire (+3,6% en 2023 contre 2,4% en 2022), ramenant sa contribution à la croissance du PIB à 1,9% en 2023 après 1,3% un an auparavant, en lien avec la bonne performance du commerce, des transports et des services d'hébergement et de restauration.

Les secteurs primaire et secondaire sont restés vigoureux avec des taux de croissance respectifs de 2,9% et 2,5% en 2023 contre respectivement 2,8% et 2,4% en 2022.

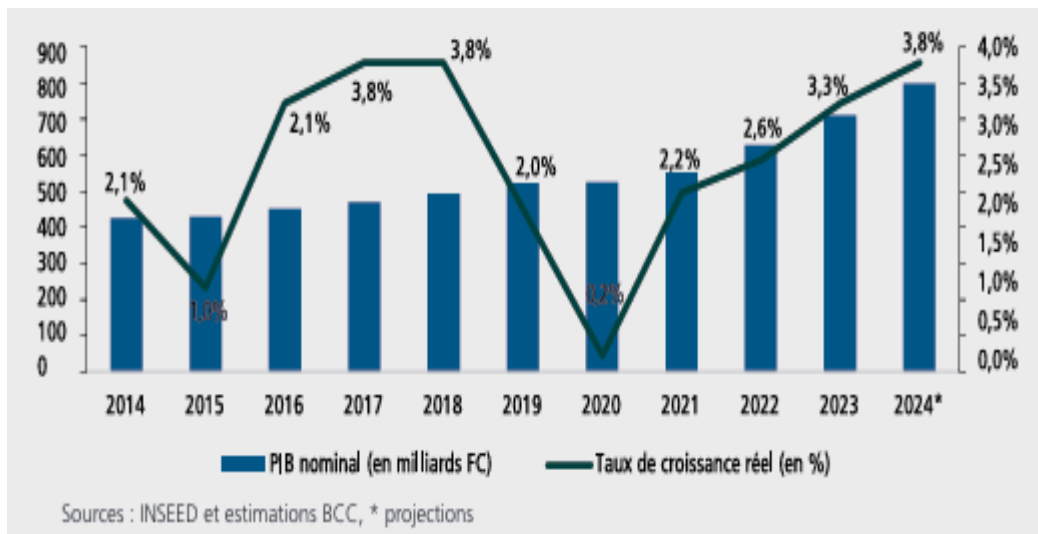


Figure 50- Croissance économique (© BCC)

7.3.1.3 ANALYSE DE LA CROISSANCE PAR LA DEMANDE

Au niveau de la demande intérieure, la consommation finale des ménages s'est améliorée de 3,8% en 2023 contre 1,5% en 2022, tirant profit du reflux de l'inflation conjuguée aux hausses à la fois des salaires notamment des agents de l'Etat, des envois de fonds des migrants ainsi que les transferts de fond aux populations vulnérables dans le cadre des Projets de Filets Sociaux de la BM, avec un décaissement de 1,3 milliard FC en 2023.

De même, la consommation finale publique a rebondi de 9,5% en 2023 après 0,3% un an auparavant, reflétant entre autres les dépenses engendrées par la présidence comorienne de l'Union Africaine avec l'augmentation des dépenses en biens et services de 28,2% par rapport à 2022.

Pour sa part, la formation brute de capital a enregistré une hausse de 3,7% par rapport à l'année 2022 portée essentiellement par sa composante publique, reflétée par une forte augmentation (+60,4%) des dépenses d'investissement de l'Etat en 2023.

Tableau 37- Demande au prix de l'année 2023(Variation en %)(© INSEED – BCC)

	2019	2020	2021	2022	2023
Consommation finale	2.5	4.1	2.9	1.3	4.3
Investissement	0.8	0.6	1.3	0.3	3.7
Exportation de biens et services	0.2	-52.3	32.5	36.9	-15.6
Importations de biens et services	2.1	-6.9	10.6	7.8	0.1
Taux de croissance du PIB	2.0	0.2	2.2	2.6	3.3

En revanche au niveau de la demande extérieure, les exportations de biens et services ont reculé de 15,6% par rapport à 2022 en raison de la forte baisse des exportations de biens principalement les produits de rente, en dépit d'une amélioration des exportations de services.

S'agissant des importations de biens et services, elles sont restées stables en lien avec la baisse des importations des services atténuée par la hausse des importations de biens. Dans l'ensemble, les exportations nettes ont contribué négativement à la croissance du PIB réel en 2023.à prix courant.

7.3.2 TARIFS D'ACHAT DE L'ELECTRICITE INJECTEE

7.3.2.1 CONSTRUCTION DES STRUCTURES TARIFAIRES

- Structure moyenne tension

A ce niveau, on tiendra compte des coûts d'énergie, calculés ci-avant, des coûts de développement du réseau en moyenne tension et des taux de perte. Les coûts d'énergie sont majorés du taux de perte. La prime fixe se basera sur la prime telle que calculée ci avant et les coûts d'anticipation du réseau moyenne tension.

Ces deux paramètres sont définis comme suit :

- Le taux de perte par niveau de tension ;
- Le coût de développement du réseau par niveau de tension, appelé également « coût incrémental ».

Les valeurs retenues pour la détermination de la structure tarifaire moyenne tension sont définies comme suit :

- Le coût marginal de la défaillance qui est de 7 251 KMF/kW ;
- Le coût de développement annuel du réseau MT est de 3 111 KMF/kW.

Tableau 38- Prime fixe et variable

		Pointe	Hors Pointe
Prime fixe	kMF/kW/an	10 361	
Coût variable	KMF/kWh	98,61	46,23

7.3.2.2 MODES DE FACTURATION :

7.3.2.2.1 Redevance de consommation (RC)

Cette redevance est égale à la somme des consommations en kWh dans chaque poste horaire après application du tarif correspondant.

$$RC = pHP \times \text{Cons HP} + pHPL \times \text{Cons HPL}$$

- pHP : Prix du kWh du poste heures de pointe
- pHPL : Prix du kWh du poste heures pleines
- Cons : Energie active consommée durant un poste horaire

7.3.2.2.2 Redevance de puissance (RP)

Dans certains cas de pays, comme la France ou le Maroc, où le système électrique connaît un nombre important de clients THT, HT et MT avec des utilisations variées et diverses et ayant des contributions différentes dans la courbe de charges, il est proposé pour la facturation de la puissance une différenciation selon les postes horaires.

Ceci constitue un point fort de la structure tarifaire dans la mesure où ce système consiste à permettre au client de souscrire plusieurs puissances durant la journée (une par poste horaire); ces puissances peuvent être égales ou différentes en fonction de ses besoins. Pour aller dans le sens de la gestion de la demande, la souscription de ces puissances doit respecter la condition suivante : $PS1 \leq PS2 \leq PS3$

La redevance de puissance est facturée en fonction des puissances souscrites auxquelles sont affectés des coefficients de réduction de puissance pour encourager l'effacement pendant les heures de pointe.

Ceci implique bien évidemment la mise en place d'un système de comptage plus sophistiqué permettant la mesure de l'appel de puissance dans chaque poste horaire.

Dans le cas des Iles Comores, le nombre de clients MT étant réduit, il n'est donc pas justifié de proposer une tarification sophistiquée et faisant appel à des systèmes de comptages compliqués et coûteux.

Nous nous contentons donc de proposer la facturation d'une seule puissance à souscrire par le client annuellement.

La redevance de puissance (RP) est calculée pour l'année et elle est facturée mensuellement par douzième ; son montant est déterminé par la formule suivante : $RP = Pfi/12 \times PS$

- PS : Puissance souscrite pour l'année
- Pfi : Prime fixe en KMF

7.3.2.2.3 Redevance de dépassement de la puissance souscrite (RDPS)

Le système de facturation des dépassements doit être le plus simple possible afin de ne pas modifier les systèmes de comptage uniquement pour le mettre en œuvre.

Le système proposé consiste à faire payer chaque mois un montant qui ne dépend que de l'écart entre la puissance maximale atteinte du mois et la puissance souscrite.

Le choix du niveau de prix ne se justifie que par un souci de simplicité et ne peut pas correspondre à une analyse détaillée des coûts liés aux dépassements : il doit tout simplement être conçu de façon à inciter le client à souscrire une puissance conforme à son besoin.

Les pénalités de dépassement sont donc indépendantes de la durée mensuelle de dépassement. Ce système est sans doute imparfait puisque les coûts occasionnés sont eux dépendants de cette durée mais un système plus complexe serait trop coûteux (généralisation des enregistreurs de puissance ; traitement sophistiqué de ces enregistrements).

Ainsi, au cas où au cours d'un mois d'année grégorienne, il serait constaté que la puissance enregistrée a dépassé la valeur de la puissance souscrite pour ledit mois, la différence positive des deux puissances sera passible d'une redevance dite de dépassement de puissance souscrite (RDPS) déterminée comme suit : $RDPS = 1,5 \times Pf/12 \times (PA - PS)$

- Pf : prime fixe de l'option choisie
- PS : puissance souscrite
- PA : puissance maximale appelée pendant le mois

7.3.3 INCIDENCES SUR LES COÛTS DE PRODUCTION DE L'ELECTRICITE

7.3.3.1 ÉVOLUTION DES TARIFS

La plaquette tarifaire définie à partir d'un coefficient de péage financier permet d'assurer l'équilibre financier de la SONELEC sur toute la période.

L'étude a fait ressortir des baisses du prix moyen global pour la première année respectivement de -2,2%, -5,8% ou -8,3% selon les coefficients de péage considérés à savoir « financier » (1,17), « tendance » (1,13) ou « moyen » (1,10).

Il va sans dire qu'en cas de variations importantes des paramètres majeurs susceptibles d'avoir un impact significatif sur la structure tarifaire (Coût de combustible, introduction de nouvelles technologies de production, variation importante de la demande et de la structure de la consommation, programme d'investissement, etc.), il est recommandé de réactualiser le calcul des tarifs en mettant à jour l'année de calage et lesdits paramètres.

Il est déterminé aujourd'hui sur la base d'une production par des groupes fonctionnant au gazole et ayant des performances économiques limitées. Le coût du KWh produit doit être amélioré par (i) l'utilisation de groupes fonctionnant au HFO et ayant une consommation spécifique nettement plus performante, (ii) et le recours à des énergies renouvelables, en particulier solaires, pour lesquels le coût marginal du KWh est fortement réduit.

7.4 AUTRES DEFIS :

7.4.1 ASPECTS REGLEMENTAIRES ET POLITIQUES

La politique nationale de raccordement, est décrit par le document « Grid-code-enr » qui fait des détails sur les prescriptions techniques applicables aux producteurs pour le raccordement.

Le code de l'électricité décrit les stratégies et fixe notamment des objectifs concernant :

- La part des énergies renouvelables dans le mix énergétique en Union des Comores ;
- L'équilibre entre les différentes sources d'énergies renouvelables ;
- Le renforcement des infrastructures de transport, de distribution et de stockage permettant l'intégration des énergies renouvelables ;
- Le développement des énergies renouvelables pour l'électricité, la chaleur, le froid, le carburant, le gaz ainsi que l'hydrogène renouvelable et bas-carbone ;
- La réduction de la consommation énergétique primaire fossile ;
- Le renforcement de la recherche et développement ainsi que la formation initiale et continue sur les questions relatives aux énergies renouvelables ;

7.4.2 ACCEPTABILITE SOCIALE

Tout système tarifaire de l'électricité doit viser de manière générale un ensemble d'objectifs substantiels et formels, à savoir :

- Viabilité à long terme : assurer à l'opérateur un taux de rémunération « juste et raisonnable » (un taux interne de rendement cible sur capitaux investis suffisant pour assurer la continuité dans l'apport de ces derniers) ;
- Efficience productive : minimisation des coûts de l'offre du service dans le temps ;
- Efficience allocative : avoir des tarifs reflétant les coûts pour s'assurer d'une allocation des ressources efficiente ;
- Equité : concept lié à l'accès au service (non-discrimination, abordabilité).
- Simplicité du système tarifaire ;

- Stabilité des prix ;
- Acceptation sociale.

Pour ce qui est de l'acceptabilité sociale, il est à noter que, dans l'Union des Comores, la population n'a pas accès aux informations du gouvernement car le site gouvernemental ne publie pas les documents stratégiques, ni les contrats établis entre le propriétaire du Réseau qui est la SONELEC et les producteurs indépendants.

Le ministère de l'Énergie de l'Eau et des Hydrocarbures (MEEH) n'a pas encore un site web pour la publication des documents stratégiques nationales dans le secteur de l'Énergie.

On peut noter que, d'après l'enquête Socio-économique de l'INSEED datant de 2017 5RGPH – 2017), indique que 80% de la population cible est favorable à l'arrivée des Producteurs indépendants afin de faciliter l'accès à une énergie propre à moindre coût.

8 CALCUL ET ESTIMATION DE LA CAPACITE D'ABSORPTION DU RESEAU

8.1 METHODOLOGIE UTILISEE :

- Modélisation du réseau électrique
- L'objectif du plan directeur de transport et distribution est de s'assurer que l'énergie produite par le parc de production pourra être délivrée correctement à l'utilisateur final (sans contrainte). Pour réaliser ce travail, le consultant a modélisé de façon numérique le réseau électrique existant d'une manière la plus fidèle possible, étape dite de calage du réseau.
- Le calcul d'écoulement de charge de la situation actuelle du réseau doit permettre de détecter les éventuelles faiblesses et goulots d'étranglement du réseau.

8.1.1 LOGICIELS UTILISES

Pour modéliser les réseaux de distribution HTA, deux outils complémentaires ont été utilisés :

La première étape a été réalisée à l'aide du Système d'Informations Géographiques Qgis afin de définir la topologie du réseau tout en prenant en compte sa configuration géographique. Grâce à cela, il devient possible de déterminer avec précision les longueurs des lignes et d'obtenir une bonne visibilité de la couverture spatiale des réseaux électriques. Le modèle ainsi défini a été transféré dans le logiciel de calcul de réseaux Power Factory, au moyen d'une interface spécialement élaborée à cet effet dans le cadre du présent projet.

Toutes les centrales existantes ainsi que les lignes électrique HTA ont été modélisées. Le logiciel de calcul de réseaux permet d'effectuer les calculs de répartition des charges, de stabilité et de court-circuit. Ces calculs livrent les informations nécessaires à la vérification des critères de planification et au dimensionnement des équipements rappelées dans le chapitre précédent dédié aux Critères Opérationnels de l'étude de réseau.

Des simulations du comportement du réseau ont ensuite été réalisées en appliquant les consommations de pointe estimées par l'étude de la demande pour l'année 2024 en les répartissant

sur les transformateurs HTA/BT existants. Pour chacune des localités, la consommation et la puissance ont été évaluées. Ensuite, la charge de chaque localité a été répartie sur les transformateurs en fonction de leur capacité. Cette étape vise à garantir que chaque transformateur fonctionne dans ses limites de capacité nominale. Cependant, cela ne reflète pas nécessairement la réalité car la demande d'électricité peut varier considérablement à différents moments de la journée ou de l'année, et certains transformateurs pourraient être plus sollicités que d'autres en raison de leur emplacement ou de leur configuration. Il est essentiel de reconnaître que cette méthodologie comporte des limites et des approximations. Les simulations résultantes peuvent donc fournir une estimation générale du comportement du réseau, mais elles peuvent ne pas saisir toutes les nuances de la réalité. Par conséquent, il est crucial de prendre ces résultats avec prudence.

8.1.2 SCENARIOS D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

L'intégration des énergies renouvelables, requiert un renforcement des infrastructures de transport et de distribution.

- Grande Comores :

Les différents scénarios de flux de puissance pour l'année 2043 sont présentés ci-dessous.

Pour chaque scénario étudié, les valeurs des charges sont calculées à partir du scénario de base de l'étude de la demande réalisée par le Consultant. Les charges sont réparties sur le réseau de distribution. Le tableau suivant récapitule les valeurs de consommation simulées pour l'année 2043 (les pertes ne sont pas prises en compte).

Tableau 39- Consommation simulée pour l'année 2043 (les pertes ne sont pas prises en compte)
(Artelia)

Scénario	Date et heure	Charge (MW)
Pointe de demande en soirée	Décembre à 20h	64.3
Pointe de production PV	Décembre à 12h	56.5

- Anjouan :

Il sera cependant nécessaire de renforcer 3 transformateurs HTA/ BT sur la période de 2024-2030. L'étude de la demande a permis d'estimer une consommation par localité et par année. Les données transmises ont permis de connaître les transformateurs installés actuellement sur le réseau avec leur localisation et leur puissance. Le Consultant a ensuite réparti la consommation d'une localité sur les transformateurs HTA/BT les plus proches et en fonction de leur capacité. Cette hypothèse ne permet donc pas d'affirmer avec précision les transformateurs qui devront être renforcés mais cela est toutefois réaliste pour estimer le Les différents scénarios de flux de puissance pour l'année 2043 sont présentés ci-dessous :

Tableau 40- Consommation simulée pour l'année 2043 (les pertes ne sont pas prises en compte)
(Artelia)

Scénario	Date et heure	Charge (MW)
Pointe de demande en soirée	Décembre à 20h	36.3
Pointe de production PV	Décembre à 12h	30.6

Pour chaque scénario étudié, les valeurs des charges sont calculées à partir du scénario de base de l'étude de la demande réalisée par le Consultant. Les charges sont réparties sur le réseau de distribution.

Le tableau suivant récapitule les valeurs de consommation simulées pour l'année 2043 (les pertes ne sont pas prises en compte). Coût des renforcements HTA/BT par année.

- Mohéli :

À l'horizon 2043 le réseau 20 kV de Mohéli est bien dimensionné, aucune surcharge ou contrainte de tension n'est observées dans les simulations. Contrairement à Anjouan et Grande Comore, le développement d'un réseau de transport 63 kV ne semble toujours pas nécessaire en raison d'une consommation assez faible lors de la pointe. En effet, même si un réseau de transport permettrait d'assurer le critère N-1, un tel projet est difficilement justifiable économiquement.

Tableau 41- Consommation simulée pour l'année 2043 (les pertes ne sont pas prises en compte) (Artelia)

Scénario	Date et heure	Charge (MW)
Pointe de demande en soirée	Décembre à 20h	1.2
Pointe de production PV	Décembre à 12h	1

8.2 RESULTATS :

Les résultats de l'étude du réseau en Grande Comore, montrent que certains renforcements doivent être effectués afin de garantir sa pérennisation et d'assurer une puissance injectable d'énergie renouvelable à hauteur 56.5 MW. Le tableau ci-dessous indique les différents renforcements nécessaires en 2043 pour donner suite à l'augmentation de la consommation. Il est ici considéré que le développement du réseau 63 kV a eu lieu en 2030.

Tableau 42- Renforcements nécessaires 2043 – Grande Comore

Renforcement à réaliser	Conducteurs impliqués
Changement de section en 120 mm ² (1 km)	L_2069_25mm2 ; L_2054_14mm2_CU ; Ligne(12) ; L_2068_25mm2
Changement de section en 54 mm ² (0.91 km)	L_2052_14mm2 ; L_2051_14mm2 ; L_2094_34mm2_AL ; L_2092_34mm2_AL ; L_2093_34mm2_AL ; L_2034_14mm2 ; L_2053_14mm2 ; L_2066_25mm2 ; L_2067_25mm2

Pour le cas d'Anjouan, pour atteindre une injection des énergies renouvelables à hauteur de 30.6MW en 2030, le tableau ci-dessous, montre les renforcements à effectuer sur le Réseau MT :

Tableau 43- Renforcements nécessaires 2043 – Anjouan

Renforcement à réaliser	Conducteurs impliqués
Ajout de lignes 20 kV de 12.8 km en 54 mm ²	L__1134_20_projetD2_D1 ; L_1239_20 ; L_1240_20 ; L_1241_20 ; L_1243_20 ; L_1133_20_bouclage lingoni

8.3 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

A l'horizon 2043 le réseau 20 kV de Mohéli est bien dimensionné, aucune surcharge ou contrainte de tension n'est observées dans les simulations.

Contrairement à Anjouan et Grande Comore, le développement d'un réseau de transport 63 kV ne semble toujours pas nécessaire en raison d'une consommation assez faible lors de la pointe. En effet, même si un réseau de transport permettrait d'assurer le critère N-1, un tel projet est difficilement justifiable économiquement.

Le consultant recommande :

L'installation de 5 postes de dispatchings dans l'ensemble des 3 îles de l'Union des Comores ;

Le renforcement des installations de transport et de distribution ;

La synchronisation des centrales thermiques afin de centraliser la production primaire (Thermique) ;

L'installation d'équipements de régulation et de stabilisateur ;

Se limiter à un taux d'injection de 50% des énergies renouvelables.

MRV Energy Consulting Inc.
630 W Sherbrooke St, 1210
Montreal, Quebec
H3A 1E4 Canada

MRV Energy - Sucursal de Cabo Verde
21 Avenida OUA
Achada Santo Antonio
Cidade da Praia, Cabo Verde

info@mrvenergy.com
www.mrvenergy.com

