

Livrable D : Rapport sur les données, méthodes et résultats des projections d'atténuation via GACMO

Suivi des politiques et mesures les plus significatives et analyse des scénarios avec GACMO

Février 2026

DISCLAIMER

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, photocopying, recording or otherwise, for commercial purposes without prior permission of the Union of Comoros. Otherwise, material in this publication may be used, shared, copied, reproduced, printed and/or stored, provided that appropriate acknowledgement is given of Union of Comoros and ICAT as the source. In all cases the material may not be altered or otherwise modified without the express permission of the Union of Comoros.

PREPARED UNDER

The Initiative for Climate Action Transparency (ICAT), supported by Austria, Canada, Germany,, Italy, and the Children's Investment Fund Foundation.

Supported by:



based on a decision of
the German Bundestag



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

ICAT is hosted by the United Nations Office for Project Services (UNOPS)



Données, méthodes et résultats des projections d'atténuation via GACMO

Initiative for Climate Action Transparency – ICAT

Livrable D

AUTEURS

Wafiqah Youssef Mbechezi
Ministère de l'Environnement chargé du Tourisme

Affiliation: Direction Générale de l'Environnement et des Forêts (DGEF)

Février 2026

Table des matières

Table des matières.....	4
Acronymes et définitions.....	5
Introduction.....	6
Méthodologie et hypothèses utilisées.....	6
Hypothèses principales intégrées dans GACMO Onglet « assumptions ».....	6
Bilan énergétique Onglet « Energy balance ».....	7
Bilan des émissions de GES Onglet « GHG balance ».....	8
Taux de croissance Onglet « Growth ».....	10
Sélection et description des mesures d'atténuation Onglet « mitigation options ».....	13
Secteur UTCATF.....	14
Secteur énergie.....	18
Secteur déchets.....	20
Résultats des scénarios dans GACMO.....	21
Vue d'ensemble nationale.....	21
Évolution des émissions et intensité carbone du PIB.....	22
Structure sectorielle des émissions – scénario BAU.....	23
Effets des mesures d'atténuation sur la structure sectorielle.....	24
Répartition des émissions par gaz.....	27
Analyse économique des options d'atténuation.....	27
Enseignements stratégiques.....	30
Suivi des progrès (Tracking Progress).....	30
Conclusions et pistes de suivi.....	31
Recommandations finales.....	31
Bibliographie.....	32
Annexe.....	33

Acronymes et définitions

AFOLU : Agriculture, Forestry and Other Land Use / Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Secteur regroupant l'agriculture et les changements d'usage des terres dans les inventaires de GES.

BAU : Business As Usual. Scénario de référence sans mesures supplémentaires d'atténuation, reflétant la trajectoire tendancielle des émissions.

BTR : Biennial Transparency Report / Rapport biennal de transparence. Rapport soumis à la CCNUCC par les Parties pour assurer le suivi des engagements climatiques.

BUR : Biennial Update Report / Rapport biennal actualisé. Ancienne modalité de rapportage pour les pays en développement, remplacée progressivement par les BTR.

CCNUCC : Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Traité international encadrant les engagements climatiques des Parties.

CDN : Contribution Déterminée au niveau National. Engagement national de réduction des émissions et d'adaptation soumis dans le cadre de l'Accord de Paris.

CH₄ : Méthane. Gaz à effet de serre à fort potentiel de réchauffement global, souvent émis par l'agriculture et les déchets.

CO₂ : Dioxyde de carbone. Principal gaz à effet de serre émis par la combustion d'énergies fossiles et certains processus industriels.

CO₂e/CO₂eq : Équivalent dioxyde de carbone. Unité permettant d'exprimer l'impact climatique de différents gaz à effet de serre sur une base comparable au CO₂.

DGEF : Direction Générale de l'Environnement et des Forêts (Comores).

GACMO: Greenhouse gas Abatement Cost Model. Outil développé par l'UNEP-CCC pour évaluer les réductions d'émissions et les coûts associés à des mesures d'atténuation.

GES : Gaz à effet de serre. Incluent principalement le CO₂, CH₄ et N₂O dans le cadre de ce rapport.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

GWP : Global Warming Potential / Potentiel de réchauffement global. Facteur permettant de comparer l'impact climatique d'un gaz donné par rapport au CO₂.

ICAT: Initiative for Climate Action Transparency.

IMF: International Monetary Fund / Fonds monétaire international.

LULUCF : Land Use, Land-Use Change and Forestry / Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie. Secteur des inventaires couvrant les émissions et absorptions liées aux terres.

MAR : Marginal Abatement Revenue. Revenu marginal associé à une mesure d'atténuation par tonne de CO₂e évitée. Les valeurs positives reflètent des mesures rentables, les valeurs négatives indiquent des coûts nets.

MRV : Measurement, Reporting and Verification / Mesure, rapportage et vérification. Système assurant la transparence et la redevabilité des actions climatiques.

MWp : Mégawatt-crête. Unité de puissance utilisée pour les installations photovoltaïques, correspondant à la puissance maximale délivrée en conditions standard.

N₂O : Protoxyde d'azote. Gaz à effet de serre principalement issu des activités agricoles et des procédés industriels.

PIUP : Procédés industriels et utilisation des produits. Secteur des inventaires couvrant les émissions non liées à la combustion.

PPP : Partenariat Public-Privé. Modalité de financement et de gestion associant acteurs publics et privés pour la réalisation de projets.

PRG : Potentiel de Réchauffement Global.

PPA : Power Purchase Agreement. Contrat d'achat d'électricité entre un producteur et un acheteur (souvent une compagnie nationale).

REDD: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation. Mécanisme visant à réduire les émissions issues de la déforestation et de la dégradation des forêts.

SONELEC : Société Nationale d'Électricité des Comores.

TJ : Térajoule. Unité d'énergie correspondant à 10¹² joules.

USD : Dollar des États-Unis. Devise utilisée pour les coûts et revenus dans GACMO.

UNEP-CCC : United Nations Environment Programme - Copenhagen Climate Centre. Centre de ressources techniques pour les politiques climatiques, développeur de GACMO.

UN WPP: United Nations World Population Prospects. Projections démographiques publiées par les Nations Unies.

Introduction

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'Accord de Paris et du renforcement du système national de transparence, l'Union des Comores bénéficie de l'appui technique de l'Initiative pour la Transparence de l'Action Climatique (ICAT). Cette initiative vise à accompagner les pays en développement dans la construction et l'opérationnalisation de cadres robustes de suivi, de reporting et de vérification (MRV), en mettant à disposition des outils, méthodes et formations adaptés aux contextes nationaux.

Aux Comores, le projet ICAT vise principalement à renforcer les capacités nationales en matière de suivi des actions d'atténuation, avec un focus sur les secteurs Énergie et AFOLU (Agriculture, Forêts et Autres Affectations des Terres). Ce projet comporte plusieurs volets complémentaires, allant de l'appui à la structuration du système de transparence à la mise en place concrète d'outils de suivi des politiques et mesures.

Le présent document constitue le livrable D de l'activité 1.3, spécifiquement dédiée à l'exploitation du modèle GACMO (Greenhouse gas Abatement Cost Model). Il s'agit d'un outil de modélisation simplifié développé par l'UNEP-CCC, permettant d'évaluer les réductions potentielles d'émissions de gaz à effet de serre (GES) associées à différentes politiques ou mesures d'atténuation, à travers des scénarios prospectifs.

Ce rapport a pour objectif de documenter :

- les mesures d'atténuation sélectionnées parmi celles identifiées dans la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) révisée des Comores ;
- les hypothèses méthodologiques adoptées, notamment les données d'entrée, les unités utilisées, les périodes de projection, et les options retenues dans GACMO ;
- les résultats des scénarios projetés entre 2025 et 2050, permettant d'estimer les gains en termes de réduction d'émissions pour chaque mesure considérée ;
- et enfin, des pistes pour le suivi régulier de ces mesures, à travers des mécanismes simples, réalistes et adaptés au contexte national.

Ce travail s'inscrit dans une démarche progressive, visant à institutionnaliser un système de suivi et d'évaluation des politiques climatiques, en lien direct avec les engagements de la CDN, mais aussi avec les futurs rapports biennaux de transparence (BTR) que l'Union des Comores devra soumettre dans le cadre de l'Accord de Paris.

La mise en œuvre de ce rapport, a été réalisée sous la coordination de la Direction Générale de l'Environnement et des Forêts. Elle constitue une première étape structurante vers l'établissement d'un système pérenne de suivi des politiques et mesures, adossé à des outils et processus reproductibles.

Méthodologie et hypothèses utilisées

L'analyse a été réalisée à l'aide du modèle GACMO (Greenhouse Gas Abatement Cost Model), qui permet d'évaluer les impacts des mesures d'atténuation en comparant un scénario de référence (business-as-usual) à un scénario d'atténuation intégrant des politiques et actions spécifiques. Ce modèle repose sur des données d'entrée sectorielles simples, mais robustes, permettant de générer des trajectoires d'émissions prospectives tout en estimant les réductions potentielles associées à chaque mesure.

Les données entrées dans l'outil sont présentées onglet par onglet.

Hypothèses principales intégrées dans GACMO | Onglet « assumptions »

Les hypothèses de base saisies dans GACMO sont renseignées dans l'onglet Assumptions. Seules les valeurs essentielles ont été modifiées manuellement par l'équipe nationale, à partir de sources fiables et validées, tandis que les autres cellules conservent les paramètres par défaut fournis par l'outil. Cette section présente les hypothèses personnalisées retenues pour les Comores.

- Informations générales
 - Pays: Comores
 - Année de référence (dernier inventaire validé) : 2024

- o Devise nationale : Franc comorien (KMF)
- o Taux de change utilisé : 1 USD = 420 KMF (Taux moyen utilisé pour les conversions monétaires dans le modèle, aligné avec les données macroéconomiques disponibles actuellement)
- o Taux d'actualisation: 5 % (Taux retenu en tant qu'hypothèse standard, reflétant une valeur sociale du carbone compatible avec les pratiques de planification économique dans les pays à faibles revenus)
- Facteurs d'émission du réseau électrique
 - o Combined Margin (CM) pour solaire et éolien : 691 gCO₂/kWh = 0,691 tCO₂/MWh
 - o Combined Margin (CM) pour autres sources : 589 gCO₂/kWh = 0,589 tCO₂/MWh

Ces facteurs, qui représentent les données disponibles les plus récentes, ont été extraits du document « IFI Default Grid Factors 2021 », publié par le Groupe de travail technique des institutions financières internationales sur la comptabilisation des gaz à effet de serre (IFI TWG) et disponible sur le site de l'UNFCCC. Ils sont utilisés pour estimer les réductions d'émissions associées aux mesures de décarbonation du mix électrique national.
- Potentiels de réchauffement global (GWP)
 - o CH₄: 28
 - o N₂O: 265

Les coefficients de PRG utilisés correspondent à ceux du 5e Rapport d'évaluation du GIEC (AR5), conformément à la méthodologie appliquée lors du dernier inventaire national des émissions de GES. Ce choix garantit la cohérence des comparaisons entre l'inventaire et les projections de GACMO.

- Données socioéconomiques de l'année de référence
 - o Population en 2024: 863 890 habitants
 - o Produit Intérieur Brut (PIB) en 2024 : 1 442 millions USD (valeur courante)

La population et le produit intérieur brut sont estimés sur la base des données de l'UN World Population Prospects. Elles servent de point de départ pour les scénarios de croissance et les calculs d'intensité d'émissions par habitant et par unité de PIB.

Bilan énergétique | Onglet « Energy balance »

Les données énergétiques proviennent de la consommation de combustibles fossiles utilisée dans le BTR pour le tableau "Fossil Fuel Balance" et le rapport provisoire sur l'élaboration du document cadre sur les producteurs indépendants des puissances électriques en Union des Comores de 2025 pour le tableau "Electricity Balance".

La correspondance entre le bilan énergétique et GACMO a été réalisée comme suit :

- Fossil Fuel Balance (en Mt)

Les données de consommation de combustibles fossiles (diesel, essence, kérosène, Jet A1) ont été intégrées dans les catégories correspondantes de GACMO :

 - o Energy industries : production électrique à base de diesel,
 - o Transport - Road : consommation de carburants,
 - o Transport - Domestic aviation : consommation de Jet A1 pour l'aviation intérieure,
 - o Residential: consommation des ménages,
 - o Commercial/Institutional : consommation des services.

Les valeurs originales étaient exprimées en litre. Elles ont été reprises dans GACMO avec conversion en Mt, afin de respecter les unités disponibles dans l'outil, via la formule suivante :

$$\frac{\text{Quantité en litre} \times \text{densité du carburant}}{10^9}$$

10⁹

- Electricity Balance (en GWh)

Selon le rapport provisoire sur l'élaboration du document cadre sur les IPP, élaboré par le ministère de l'Énergie, de l'Eau et des Hydrocarbures et le projet d'accès à l'énergie solaire aux Comores (PAESC), la production totale d'électricité en 2024 est estimée entre 120 et 130 GWh, principalement issue de la production thermique (93 %) et d'une contribution limitée des énergies renouvelables 7 % de solaire photovoltaïque et 1% d'hydroélectricité. Les pertes techniques d'électricité sont estimées entre 35 et 40 GWh. Pour une consistance des données, des valeurs médianes de 125 GWh pour la production et 38 GWh pour les pertes ont été retenues.

La consommation nette d'électricité en 2024 a été estimée à partir de la production totale d'électricité, en tenant compte des pertes techniques sur le réseau. En soustrayant les pertes techniques à la production totale, la consommation nette d'électricité pour l'année 2024 est estimée à 86 GWh. En l'absence de données sectorielles officielles disponible pour 2024, la répartition sectorielle de la consommation d'électricité a été estimée en s'appuyant sur celle du bilan énergétique de 2021, année pour laquelle des données détaillées étaient disponibles.

Tableau 1 Consommation nette par secteur (2024)

Secteur	Consommation (GWh)	2021	Pourcentage secteur 2021	Consommation estimée (GWh)	2024
Industrie	14		36,84 %	32	
Services	5		13,16 %	11	
Ménages	19		50 %	43	
Total	38		100 %	87	

Bilan des émissions de GES | Onglet « GHG balance »

Le bilan des émissions de GES provient du dernier inventaire national validé, utilisé dans la CDN 3.0 de l'Union des Comores. Cet inventaire fournit les émissions par secteur (énergie, procédés industriels, agriculture, déchets, UTCATF) pour la période 2010 – 2024.¹

Les données ont été intégrées dans l'onglet GHG Balance de GACMO selon les correspondances suivantes :

- **Secteur Énergie :**
 - o GACMO recalcule les émissions de CO₂ du secteur 1A (combustion fossile), le résultat est de 273 GgCO₂e alors que dans la CDN 3.0, les émissions totales du secteur Energie sont de 319 GgCO₂e. Cette différence peut s'expliquer par l'exclusion du charbon de bois (considérablement impactant dans ce secteur) dans les estimations GACMO
 - o émissions de CH₄ et de N₂O issues de la combustion stationnaire et mobile (catégorie 1A) sont reportées (les émissions de CO₂ sont calculées automatiquement par GACMO sur la base du bilan énergétique préalablement rempli).
- **Procédés industriels :** émissions CO₂ directes des procédés industriels et utilisation des produits non énergétiques (paraffine et lubrifiant) (catégorie 2D) et des produits de substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone utilisés en réfrigération (catégorie 2F).
- **Agriculture :** fermentation entérique (catégorie 3A) et application d'urée (catégorie 3C). Les données n'étant pas disponibles par gaz, il est supposé que les émissions de fermentation entérique et de gestion du fumier relèvent principalement du CH₄. À l'inverse, les émissions liées à l'application d'urée ont été placées sous

¹ Il est à noter que la première intégration des données d'émissions dans GACMO portait à l'origine sur les données issues du BUR (2021) et à cette occasion plusieurs incohérences numériques avaient été observées. Ces incohérences ont été communiquées à l'équipe inventaire du BTR et ont permis l'amélioration de ce dernier. L'inventaire BTR ayant été publié à temps pour son intégration dans GACMO, il a été jugé préférable de l'utiliser afin de bénéficier des dernières données actualisées, sans incohérence.

N₂O, car l'hydrolyse de l'urée conduit à des émissions d'oxyde nitreux à travers les processus de transformation de l'azote dans les sols.

- **Déchets** : pour les déchets solides (catégorie 5A), l'ensemble des émissions ont été attribuées au CH₄, produit par décomposition anaérobie dans les sites d'enfouissement. Les émissions du traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5D), sont également attribuées aux CH₄, produits par les systèmes d'assainissement anaérobies. En effet, selon les lignes directrices du GIEC, le CO₂ issu des eaux usées est d'origine biogénique et ne doit donc pas être inclus dans l'inventaire national.
- **UTCATF (LULUCF)** : Faute de données désagrégées par type de terres, seules les valeurs nettes d'émissions et d'absorptions du secteur UTCATF dans son ensemble sont disponibles. Cette donnée est tirée de la CDN 3.0 dû à la révision des estimations du secteur dans le dernier inventaire national de GES. Par conséquent, le total a été attribué à la catégorie des terres forestières, qui représente la majorité de l'absorption. Les autres types de terres non renseignées sont les suivantes : terres forestières (4A), terres cultivées (4B), prairies (4C) et établissements (classés sous 4D pour les terres bâties).

Tableau 2 Émissions de GES après remplissage selon le dernier inventaire réalisé (BUR)

Emissions by sectors and gases				
Unit : ktCO ₂ -equivalent	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GHG emissions
1. Energy	273	6	2	282
1.A. Fuel combustion	273	6	2	282
1.B. Fugitive emissions from fuels				0
2. Industrial processes and product use	6	0	0	6
2.A. Mineral industry				0
2.B. Chemical industry				0
2.C. Metal industry				0
2.F. Product uses as ODS substitutes	5			5
Other (2.D, 2.E, 2.G, 2.H)	1			1
3. Agriculture	0	79	1	80
3.A. Enteric fermentation		79		
3.B. Manure management				2
3.D. Agricultural soils				
Other (3.C, 3.E-3.J)			1	1
4. Land use, land-use change and forestry	-910	0	0	-910
4.A. Forest land	-910			
4.B. Cropland				0
4.C. Grassland				0
4.G. Harvested wood products				0
Other (4.D, 4.E, 4.F, 4.H)				0
5. Waste	0	42	0	42
5.A. Solid waste disposal		41		41
5.B. Biological treatment of solid waste				0
5.D. Waste water treatment and discharge		1	0	1
Other (5.C, 5.E)				0
Total (including LULUCF)	-631	127	3	-501
Total (excluding LULUCF)	279	127	3	409

Taux de croissance | Onglet « Growth »

- Taux de croissance de la population

Les taux annuels moyens de croissance de la population proviennent des projections officielles des Nations Unies publiées dans le World Population Prospects (UN WPP, Division de la Population). Pour chaque période considérée dans GACMO (2024-2025, 2025-2030, 2030-2035 et 2035-2040), le taux moyen a été calculé en prenant la moyenne arithmétique des taux annuels fournis par l'UN WPP pour toutes les années comprises dans la période :

$$Taux_{moyen} = \left(\frac{Population_{fin}}{Population_{debut}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Par exemple, pour la période 2025-2030, la moyenne a été calculée à partir des taux de 2025, 2026, 2027, 2028, 2029 et 2030.

Tableau 3 Taux de croissance moyen - population

Période	Population (milliers)	Taux moyen (%)
2024-2025	867 à 883	1,85
2025-2030	883 à 964	1,77
2030-2035	964 à 1048	1,68
2035-2040	1048 à 1134	1,6

Les projections indiquent une légère diminution progressive du taux de croissance démographique, passant d'environ 1,9 % au début de la période à 1,6 % à l'horizon 2040, conformément aux tendances anticipées pour le pays.

- Taux de croissance du PIB

Les valeurs du PIB (en USD) proviennent du Fonds Monétaire International (IMF) via la base de données World Economic Outlook (« Report for Selected Countries and Subjects »).

Pour chaque période, le taux de croissance annuel moyen a été calculé à l'aide de la formule :

$$Taux_{moyen} = \left(\frac{PIB_{fin}}{PIB_{debut}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

où PIB_{fin} et PIB_{debut} sont les valeurs du PIB à la fin et au début de la période, et n le nombre d'années de la période

Les données du FMI sont disponibles jusqu'en 2030, ce qui permet de déterminer les taux pour les périodes 2024-2025 et 2025-2030. Au-delà de 2030, en l'absence de donnée, les taux ont été prolongés de manière simple à partir du taux observé sur la dernière période connue, 2025-2030.

Tableau 4 Taux de croissance moyen - PIB (2024-2030)

Période	PIB	n (années)	Taux de croissance moyen (%)

2024-2025	1,442 à 1,613	1	11,85
2025-2030	1,613 à 2,253	5	4,32
2030-2035	-	-	4,32
2035-2040	-	-	4,32

- Taux de croissance par secteur

Les taux de croissance sectoriels ont été estimés à partir de l'évolution des émissions de GES reportées dans l'Inventaire National des Émissions utilisé dans la CDN 3.0 et le BTR des Comores. Pour chaque secteur et sous-secteur, les émissions annuelles observées sur la période 2010-2024 ont été utilisées pour calculer un taux annuel moyen (T) selon la formule du taux de croissance annuel composé (CAGR) :

$$T = \left(\frac{V_{2024}}{V_{2010}} \right)^{\frac{1}{14}} - 1$$

où V_{2010} et V_{2024} représentent respectivement les émissions en 2010 et en 2024 pour le sous-secteur considéré.

Remarques :

- Pour les catégories absorbant du CO₂ (tels que les terres forestières), le calcul est effectué sur la valeur absolue des émissions afin d'évaluer l'évolution du puits. Un taux négatif indique que le puits s'affaiblit (moins d'absorption) tandis qu'un taux positif signifie que le puits s'accroît (plus d'absorption).
- Les taux de croissance de l'Industrie énergétique ont été réaffectés dans GACMO aux sous-catégories correspondant à de la consommation électrique, incluant « Industry - Electricity Consumption », « Residential - Electricity Consumption », « Commercial/Institutional - Electricity Consumption », « Agriculture - Electricity Consumption » et « Transport - Electricity Consumption ».

Tableau 5 Taux de croissance - Emissions GES | Energie

	V_{2010}	V_{2024}	Taux de croissance (%)
Consommation Electrique	40,88	95	6,21
Transport terrestre	29,12	103	9,44
Transport maritime	1,25	1,76	2,47
Transport aérien	2,14	13,95	14,33
Commercial	0,46	0,5	0,60
Residentiel	46	55	1,28
Peche	7,24	39,08	12,80

Tableau 6 Taux de croissance - Emissions GES | PIUP

	V_{2010}	V_{2024}	Taux de croissance (%)
Paraffine & Lubrifiant	0,06 +0,04= 0,1	0,23 +0,7= 0,936	17,3
HFC-134	4,018	4,627	1,01

Tableau 7 Taux de croissance - Emissions GES | Déchets/ Traitement et rejet des eaux usées

	V_{2010}	V_{2024}	Taux de croissance (%)
Traitement et Rejet des eaux Usées	0,9260	1,2801	2,34

Concernant le stockage des déchets, les taux de croissance utilisés dans GACMO pour définir la tendance des émissions du scénario BAU ont été estimés sur la base des résultats du calcul des émissions du secteur 5A – Stockage des déchets réalisé avec l’outil Excel du GIEC.

Tableau 8 Taux de croissance - Emissions GES | Déchets / Stockage des déchets

Taux de croissance moyen annuel du scénario BAU	2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
Stockage des déchets	2,25%	2,18%	1,96%	1,65%

Tableau 9 Taux de croissance - Emissions GES | AFAT

	V_{2010}	V_{2024}	Taux de croissance (%)
Fermentation Enterique	69	79	0,97
Application d’Urée	0,12	0,52	11,04
Terres forrestieres	-601,62	-910	3

Sélection et description des mesures d'atténuation | Onglet « mitigation options »

L'analyse prospective conduite à travers le modèle GACMO repose sur les mesures d'atténuation identifiées dans la CDN révisée et 3.0 de l'Union des Comores. Cependant, certaines mesures mentionnées dans la CDN 3.0 ne disposent pas encore d'un niveau de précision suffisant pour permettre leur intégration dans GACMO et peuvent, dans certains cas, différer des orientations présentées dans des documents stratégiques nationaux. Elles n'ont donc pas été incluses dans cet exercice de modélisation.

Il est à noter que la modélisation de certaines mesures n'est pas compatible avec l'outil GACMO (qui repose sur une liste fixe d'options d'atténuation). Pour les mesures de la CDN dont la modélisation ne peut pas s'effectuer directement via GACMO, il a été proposé de reprendre les anciennes fiches Excel créées par Citepa lors de l'élaboration de la CDN des Comores en 2021. L'utilisation de ces fiches permet ainsi d'obtenir les informations nécessaires pour la projection des mesures les plus significatives de la CDN révisées, et concerne les secteurs AFAT et Déchets principalement.

Le tableau suivant récapitule les mesures prises en compte dans le cadre de cet exercice et le type de modélisation choisi.

Tableau 10 Mesures d'atténuation

Secteur	Mesure	Type de modélisation
Energie	Remise à niveau et développement des infrastructures notamment sur le réseau afin de réduire les pertes sur le réseau de distribution électrique (CDN révisée)	GACMO
	Mise en place des projets photovoltaïques sur les trois îles représentant 4,3 MW à terme à Mohéli, 9 MW à Grande Comore et 3 MW à Anjouan ; (CDN révisée)	GACMO
	Lancement d'une première tranche de 15 MW géothermiques sur la Grande Comore à partir de 2030. D'autres forages pourront être réalisés par la suite, au fur et à mesure des besoins et capacités en énergie sur la Grande Comore (CDN 3.0)	GACMO
	Baisse de consommation de bois énergie	Comptabilisé en UTCATF
Agriculture	Promotion de l'agriculture de conservation : Hypothèse appliquée aux quantités d'engrais minéraux et organiques importés : -20% d'urée épandue par rapport à la moyenne 2014-2017. (CDN révisée)	Mesure non prise en compte dans les projections car absence de possibilité de modélisation via GACMO et impact relativement faible en termes de réduction d'émissions.
UTCATF	Reduction du bois de feu, de service et industriel (CDN révisée)	GACMO Sur la base des projections de consommation de bois-énergie issues des projections réalisées lors de l'élaboration de la CDN révisée (publiée en 2021),
	Afforestation des prairies (plantation d'Eucalyptus) (CDN 3.0)	GACMO

	Reboisement intensif des zones dégradées avec espèces locales (CDN 3.0)	
	Agroforesterie Cultures restant cultures, sur lesquelles on ajoute plus d'arbres (CDN 3.0)	
	Plantations communales (CDN 3.0)	
	Aires protégées - Réduction de la déforestation et des feux de forêt (CDN 3.0)	
	Amélioration de la collecte des déchets	<i>Impact compris dans la mesure suivante</i>
Déchets	Compost (CDN révisée/CDN 3.0)	<p>GACMO</p> <p>Les quantités de déchets traitées à entrer en tant qu'input dans GACMO ont préalablement été estimées sur la base des fiches Excel d'estimation de réduction d'émissions des mesures de la CDN 2021. Après consultation de la CDN 3.0 et d'une experte déchet, seule la mesure « compost » a été conservée.</p>

Secteur UTCATF

- Réduction du bois de feu résidentiel et industriel, notamment par l'utilisation de brûleurs à bois performants

Cette mesure vise à réduire la consommation de bois-énergie et les émissions associées dans le sous-secteur cuisson à travers deux options technologiques complémentaires : l'introduction de foyers améliorés et la substitution progressive des foyers à bois traditionnels par des foyers utilisant le gaz de pétrole liquéfié (GPL). Les estimations s'appuient sur les projections de consommation de bois-énergie issues du modèle LEAP, réalisées lors de l'élaboration de la CDN révisée des Comores (publiée en 2021). Ces projections indiquent une réduction totale de la consommation de bois-énergie de 520,535 TJ sur la période 2017-2025 et de 946,611 TJ sur la période 2017-2030. En l'absence de données permettant de distinguer précisément la contribution de chaque option, l'effort d'atténuation est réparti de manière égale entre les deux mesures (50 % foyers améliorés, 50 % substitution par le GPL). Afin d'assurer la cohérence méthodologique entre les deux options, la consommation de bois du foyer traditionnel de référence a été harmonisée à 5,2 tonnes de bois par an.

a. Foyers améliorés

Les hypothèses techniques retenues sont une demande d'énergie utile de 15 MJ/jour par foyer, un rendement de 10 % pour les foyers traditionnels et de 30 % pour les foyers améliorés. L'économie d'énergie résultante est estimée à 0,0365 TJ/an par foyer. En appliquant cette économie aux réductions de consommation attribuées à cette option (260,2675 TJ sur 2017-2025 et 473,1355 TJ sur 2017-2030), le nombre de foyers améliorés requis est estimé à 4,32 milliers de foyers à l'horizon 2035 et 7,85 milliers de foyers à l'horizon 2040. Dans GACMO, cette option est renseignée sous « Efficient woodstoves », exprimée en milliers de foyers.

b. Remplacement des foyers à bois par des foyers à gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Les paramètres techniques de référence sont utilisés, à savoir une valeur calorifique du bois de 15 MJ/kg, une

consommation annuelle de bois de 5,2 t/an par foyer et une consommation annuelle de GPL de 13,1 GJ/an par foyer. L'économie d'énergie associée au passage du bois au GPL est estimée à 0,065 TJ/an par foyer. En appliquant cette valeur aux réductions de consommation attribuées à cette option (260,2675 TJ sur 2017-2025 et 473,1355 TJ sur 2017-2030), le nombre de foyers substitués est estimé à 3,98 milliers de foyers à l'horizon 2035 et 7,23 milliers de foyers à l'horizon 2040. Cette option est saisie dans GACMO sous « LPG replacing stoves », exprimée en milliers de foyers. Faute de mise en œuvre effective à ce stade, les valeurs sont fixées à 0 pour les horizons 2025 et 2030, et les cibles ont été reportées à 2035 et 2040.

Il est recommandé d'affiner ces estimations dès que des données nationales sur la consommation moyenne de bois par foyer traditionnel seront disponibles, afin d'améliorer la précision du modèle.

● Afforestation des prairies (plantation d'Eucalyptus)

Selon les indications de la CDN 3.0, le scénario d'afforestation repose sur un programme de plantation d'Eucalyptus, avec un objectif de 1 200 ha de forêts plantées à l'horizon 2035. Les plantations débutent en 2026, avec un rythme de 120 ha/an jusqu'en 2035. À partir de 2036 et jusqu'en 2050, la superficie forestière augmente de 1 % par an, soit environ 12 ha/an, afin d'atteindre une superficie totale de 1 380 ha en 2050.

Pour la modélisation sous GACMO (unité : 1000 ha/an), les surfaces sont saisies sous forme de valeurs cumulées par période, conformément aux exigences du modèle. Les superficies cumulées retenues sont les suivantes :

- o 2025 : aucune plantation avant 2026 = 0,00 ha
- o 2030 : 120 ha/an × 5 ans (2026-2030) = 600 ha
- o 2035 : 120 ha/an × 10 ans (2026-2035) = 1 200 ha
- o 2040 : 1 200 ha + (12 ha/an × 5 ans [2036-2040]) = 1 260 ha

● Reboisement intensif des zones dégradées avec espèces locales

Cette mesure consiste à reboiser activement des zones fortement dégradées avec des espèces locales pour restaurer la couverture forestière et augmenter la séquestration de carbone.

Hypothèses :

De 2026 à 2035 : 2 220 ha à 2035, soit 220 ha/an de 2026 à 2035

De 2036 à 2050 : 1%/an, soit 22 ha/an supplémentaires pour atteindre 2 530 ha cumules en 2050.

- o 2025 : 0,00 ha
- o 2030 : 220 ha/an * 5 ans = 1 100 ha
- o 2035 : 1 100 + 220 * 5 = 2 200 ha
- o 2040 : 2 200 + 22 * 5 = 2 310 ha

● Plantations communales

Cette mesure concerne la mise en place de plantations d'arbres par les communautés locales, pour restaurer les surfaces forestières et améliorer les services écosystémiques.

Hypothèses :

De 2026 à 2035 : 2 220 ha à 2035, soit 222 ha/an de 2026 à 2035

De 2036 à 2050 : 1%/an, soit 2,22 ha/an supplémentaires pour atteindre 2 253 ha cumules en 2050.

- o 2025 : 0,00 ha
- o 2030 : 222 ha/an * 5 ans = 1 110 ha
- o 2035 : 1 110 + 222 * 5 = 2 220 ha
- o 2040 : 2 220 + 2,22 * 5 = 2 231,1 ha

● Reboisement avec agroforesterie

Conformément aux informations issues de la CDN 3.0, le scénario de reboisement avec agroforesterie repose sur la valorisation et l'extension des systèmes agroforestiers existants, conformément aux nouvelles orientations nationales. Les superficies agroforestières augmentent de 200 ha/an sur la période 2026-2035. À partir de 2036 et jusqu'en 2050, la superficie est augmentée annuellement de 1 %, correspondant à 20 ha/an supplémentaires, afin d'atteindre une superficie totale de 2 300 ha en 2050.

Pour rester en Tier 1 simple sur les cultures pérennes, nous considérons une différence de stocks. Pour la densification, la différence entre fallow (système peu productif) et multistrata (système optimisé) donne 65 – 22 donc 43 tC/ha, divisé par 20 ans pour le flux annuel. Soit 86 tdm/ha correspondant à un flux de 4.3 tdm/ha/year (Table 5.1, 2019, IPCC, Vol.4 / Tropical).

Pour la modélisation sous GACMO (unité : 1000 ha/an), les superficies sont exprimées en valeurs cumulées par période, avec un démarrage effectif des actions en 2026. Les superficies cumulées retenues sont les suivantes :

- o 2025 : aucune extension avant 2026 = 0 ha
- o 2030 : 200 ha/an × 5 ans (2026-2030) = 1 000 ha
- o 2035 : 200 ha/an × 10 ans (2026-2035) = 2 000 ha
- o 2040 : 2 000 ha + (20 ha/an × 5 ans [2036-2040]) = 2 100 ha

● Aires protégées - Réduction de la déforestation et des feux de forêt

La mise en place et l'extension des aires protégées terrestres constitue une mesure centrale pour limiter la déforestation et les feux de forêt, en réduisant les pressions exercées sur les écosystèmes forestiers. Les données les plus récentes (CDN 3.0) indiquent qu'en 2025, la superficie des aires protégées s'élève à 34 128 ha. Une extension de 16 372 ha est prévue entre 2026 et 2035, permettant d'atteindre une superficie totale de 50 500 ha. Cette superficie est ensuite maintenue constante jusqu'en 2050.

Pour estimer les ha de déforestation et de feux de forêt évités, la logique adoptée consiste à combiner les pressions historiques de déforestation et de feux sur la forêt, soit :

- Déforestation historique : 607 ha/an
- Feux de forêt : 139 ha/an
- En absence d'estimation du nombre d'hectares évités dans la CDN 3.0, les indications pour 2030 de la CDN révisée (2021) sont appliquées pour 2035, prenant en compte une réduction de moitié des deux pressions exercées actuellement, soit 304 ha/an pour la déforestation et 70 ha/an pour les feux, pour un total de 374 ha/an. Pour 2030, une augmentation linéaire est effectuée entre 2025 et 2035.

Les superficies cumulées et les ha évités estimés par période cible sont donc :

Période	Surface protégée (ha)	Ha évités estimés (1000 ha)	GACMO
2025	34 128	0,034	
2030	42 314	0,204	
2035	50 500	0,374	
2040	50 500	0,374	

Dans GACMO, ces valeurs sont saisies en unités "No Deforestation for 1000 ha". Cette approche reflète la progression cumulative des superficies protégées et les effets correspondants sur la réduction de la déforestation et des feux, tout en restant strictement fondée sur les données officielles actuelles.

Remarque méthodologique : la perte de carbone en cas de déforestation est généralement considérée comme instantanée (l'année de la perte) et non étalée sur la durée de croissance de la forêt (50 ans). Ce point est en cours de clarification avec l'équipe GACMO et pourra entraîner un ajustement ultérieur des paramètres de modélisation.

Paramètres GACMO : Mesures Forêt

Tableau 11 Paramètres d'implémentation des mesures

Mesure	Stock cible (tdm/ha)	Flux annuel (tdm/ha/an)	Période de croissance	de	Source / Justification
Afforestation des prairies Eucalyptus	200	20	10 ans (cycle classique ans)	8-12	Table 4.10 IPCC 2006, Vol. 4, Tropical Moist deciduous forest plantation – Africa, <20 ans. Flux plus élevé que reboisement d'une forêt dégradée car plantation eucalyptus plus productive
Reboisement des zones dégradées	180	5	36 ans (=180/5)		Table 4.12 IPCC 2006, Vol. 4, correspondance avec tropical moist deciduous forest. Zones dégradées assimilées à prairies avec 5–20 tC/ha
Agroforesterie	86	4,3	20 ans		Différence entre Fallow (système peu productif, 22 tC/ha) et Multistrata (système optimisé, 65 tC/ha) → 43 tC/ha → 86 tdm/ha. (Table 5.1 IPCC 2019, Vol.4)
Plantations communales	120	6	20 ans		Table 4.12 IPCC 2006, Vol. 4, Tropical moist deciduous forest. Stock étalé sur une période de 20 ans
Aires protégées	1,64*25 ans = 41	1,64	2026-2050 (25 ans)		Selon hypothèse de la CDN 3.0. Valeur issue des observations locales / sources spécifiques. Taux de séquestration constant pour les forêts restant protégées.

Remarques :

- o Les périodes choisies correspondent à la durée pertinente pour atteindre le stock cible ou pour refléter le cycle de production (10 ans pour eucalyptus, 36 ans pour reboisement de zones dégradées, etc.).
- o Pour les aires protégées, le stock cible théorique est calculé en multipliant le flux annuel par le nombre d'années considérées et la superficie concernée.
- o Les valeurs de tdm prises en compte peuvent différer des hypothèses présentées dans la CDN 3.0, dans la mesure où elles s'appuient sur des sources du GIEC plus ciblées, intègrent la prise en compte de la zone climatique « tropical moist deciduous forest » et/ou reposent sur des ajustements méthodologiques liés aux unités utilisées.

Tableau 12 Paramètres économiques (en violet lorsque les paramètres ont été adaptés au contexte comorien, en orange lorsqu'il s'agit des valeurs GACMO par défaut).

Mesure	Investissement (US\$/ha)	Bénéfice annuel (US\$/ha)
Afforestation des prairies - Eucalyptus	1 660	1 380
Reboisement des zones dégradées	1 660	1 380
Agroforesterie	1 660	1 380
Plantations communales	1 660	1 380
Aires protégées	NA	NA

Secteur énergie

● Développement du solaire photovoltaïque

o Solaire connecté au réseau

En 2025, la capacité installée en solaire photovoltaïque connecté au réseau est estimée à 15,3 MWp, d'après les données communiquées par la SONELEC dans l'étude des mini-réseaux isolés (PNUD/EnGreen, 2024). Par ailleurs, le Comoros Solar Energy Access Project (CSEAP) soutenu par la Banque mondiale prévoit la construction de trois centrales solaires d'une capacité combinée de 9 MWp accompagnées de 19 MWh de stockage répartis sur les trois îles, avec une mise en service prévue en février 2026. Afin d'éviter toute surinterprétation, cette capacité additionnelle est reportée à l'horizon 2030 dans nos scénarios (nous ne modélisons pas 2026). A titre indicatif, la capacité retenue dans la modélisation (24 MW) est légèrement supérieure à la valeur indiquée dans la CDN 3.0 (20 MW). Cet ajustement repose sur des calculs détaillés et des hypothèses explicites présentés dans le rapport, visant à traduire de manière cohérente la dynamique de déploiement du solaire, tout en maintenant la CDN 3.0 comme cadre de référence pour les objectifs nationaux.

Capacités projetées dans GACMO:

- 2025: 15,3 MW
- 2030: 24,3 MW
- 2035: 24,3 MW
- 2040: 24,3 MW

Paramètres par défaut :

- Investissement initial: 1 000 US\$/kW
- Facteur de charge : 1 825 heures/an (soit 5 h/jour d'ensoleillement moyen)
- Coût de production: 0,049 US\$/kWh
- Durée de vie: 20 ans
- Taux d'actualisation: 5 %
- Émissions de référence : 691 tCO₂/MWh (coefficient par défaut)
- Facteur d'ensoleillement moyen : 5 h/jour

o Mini-réseaux solaires

Trois projets de mini-réseaux solaires autonomes sont actuellement en préparation dans le cadre du programme Africa Mini-Grid Programme (AMGP). Les systèmes, équipés de batteries lithium pour assurer une couverture complète de la demande locale, concernent les villages de Ouzini, Bandasamlini et Mirémani. Selon les fiches techniques des projets, la capacité photovoltaïque totale prévue pour ces trois sites s'élève à 165 kWp (0,165 MWp). Aucune date officielle de mise en service n'est précisée dans les documents disponibles. Dans le cadre de cette analyse et à défaut d'informations supplémentaires, cette capacité a été affectée à l'horizon 2030 dans les projections GACMO, afin d'intégrer de manière prudente l'impact potentiel de ces installations et d'autres projets similaires de petite échelle susceptibles d'être réalisés à moyen terme.

Paramètres par défaut:

- Investissement: 1 500 US\$/kW (incluant batteries)
- Facteur de charge: 1 642 h/an
- Coût batteries: 187 US\$/kWh (5 cycles de remplacement)
- Coût de production: 0,321 US\$/kWh

● Développement de la géothermie pour la production électrique

Le potentiel géothermique du site de Karthala (Grande Comore) a été évalué à environ 45 MW. Le projet géothermique de Karthala constitue l'un des projets phares du Plan Comores Émergent et du plan d'investissement du secteur énergétique 2020-2033. Il est soutenu par plusieurs partenaires techniques et financiers, dont la Banque africaine de développement (BAD), le Fonds pour l'environnement mondial (FEM/GEF), Bureau géologique, Banque mondiale, PNUD et le Gouvernement des Comores.

En décembre 2024, la BAD a approuvé une subvention de 26,6 millions USD pour financer la première phase du projet (Phase 1 - Exploration). Cette phase, mise en œuvre sur la période 2025-2029, vise à confirmer le potentiel géothermique du site grâce aux activités suivantes :

- forage et tests de trois puits d'exploration (profondeurs : 2 500 - 2 900 m) ;
- développement d'infrastructures techniques : plateformes de forage, laboratoires, cinq forages d'eau, réseau d'adduction (réservoirs, canalisations, stations de pompage) ;
- construction d'une route d'accès de 15 km entre Bahani et Soufrière.

Les données issues des forages et des tests serviront à la réalisation de l'étude de faisabilité et à la confirmation du potentiel de production. En cas de résultats positifs, la seconde phase du projet prévoira la construction d'une première centrale géothermique d'une capacité d'environ 15 MW, destinée à fournir une production de base à un coût estimé de 0,11 USD/kWh (AfDB, 2024).

Le Bureau géologique des Comores (BGC) est désigné comme agence d'exécution du projet, chargée de la coordination technique, administrative et financière, ainsi que du suivi et de la liaison entre les partenaires. Il estime qu'environ quatre années seraient nécessaires pour rendre la première centrale géothermique opérationnelle, à condition que toutes les étapes techniques, financières et institutionnelles soient réalisées sans retard majeur.

En supposant que les résultats d'exploration soient concluants et que les phases techniques et financières s'enchaînent sans retard, la mise en service d'une première centrale de 15 MW pourrait intervenir autour de 2030. Sur la base du potentiel total estimé de 45 MW, une montée en puissance progressive pourrait être envisagée dans un scénario à plus long terme, portant la capacité installée à environ 20 MW en 2035 puis 25 MW en 2040, sous réserve de confirmation par les futures phases de développement. La CDN 3.0 projette une capacité géothermique de 35 MW à l'horizon 2035, qui constitue l'objectif national de référence. Toutefois, en l'absence d'éléments opérationnels détaillés (calendrier de forages, décisions d'investissement claires), la présente modélisation retient une trajectoire plus progressive. Ce choix vise à refléter une montée en puissance techniquement plausible et à éviter une surestimation des réductions d'émissions, tout en maintenant la CDN 3.0 comme cadre de référence.

- 2025: 0 MW
- 2030: 15 MW
- 2035: 20 MW (Extension progressive)
- 2040: 25 MW

Paramètres par défaut (pour information, non actualisés au cas Comorien):

- Investissement : 1 500 US\$/kW (incluant batteries)
- Facteur de charge : 1 642 h/an
- Coût batteries : 187 US\$/kWh (5 cycles de remplacement)
- Coût de production : 0,321 US\$/kWh

● Réseaux électriques efficaces

La remise à niveau et le développement des infrastructures de distribution visent à réduire les pertes électriques sur le réseau national, un enjeu majeur identifié dans la CDN 2.0. Selon le rapport « Projection Comores Energie » élaboré dans le cadre de la CDN, la réduction des pertes techniques et commerciales du réseau électrique national pourrait atteindre jusqu'à 20 % maximum. Dans le cadre de cette modélisation, une réduction prudente de 10 % a été retenue comme hypothèse de travail, à rediscuter et confirmer avec le ministère de l'Énergie de l'eau et des Hydrocarbures. D'après le Bilan Énergétique des Comores (2021), sur une production totale de 85 GWh d'électricité, environ 15 GWh sont autoconsommés par le secteur énergétique lui-même, tandis que les pertes techniques et commerciales atteignent 32 GWh. En appliquant une réduction de 10 % à ces pertes, la mesure permettrait d'éviter 3,2 GWh de pertes une fois la mesure pleinement mise en œuvre. Aucune action concrète n'ayant été introduite en 2025, l'effet de la mesure est introduit à partir de 2030 et la même réduction est supposée constante jusqu'en 2040, en l'absence de données plus détaillées.

Paramètres techniques et économiques

- Investissement total pour réduction de 1 GWh de pertes : 0,96 MUS\$/GWh
- Durée de vie du projet : 20 ans
- Taux d'actualisation : 5 %
- Prix de référence de l'électricité : 0,32 US\$/kWh
- Coefficient d'émission CO₂ : 589 tCO₂/MWh
- Pertes réseau (référence 2025) : 47 GWh/an
- Pertes réseau après intervention : 7 GWh/an
- Réduction totale des pertes : 40 GWh/an

Secteur déchets

● Valorisation des déchets organiques par compostage

La valorisation des déchets organiques (alimentaires et verts) par compostage constitue une mesure clé pour réduire les émissions de méthane provenant des décharges. Conformément à l'hypothèse de la CDN 3.0, un objectif pour 2035, de détournement depuis les décharges vers le compostage de 30 % des déchets organiques (alimentaires et verts) des déchets est retenu. Pour 2040, un objectif de 40% est appliqué (hypothèse). Ces cibles reposent sur la mise en place d'une collecte et d'un tri global des déchets organiques qui constituerait une première étape avant la planification d'un compostage à plus grande échelle. Elles représentent donc un scénario d'atténuation de long terme, dépendant de conditions institutionnelles et techniques encore à réunir.

Quantité de déchets générés

Les hypothèses démographiques et d'urbanisation ont été actualisées selon les projections UN World Population Prospects et les paramètres du BUR 2021, avec une production moyenne de 182,5 kg de déchets par habitant et par an, dont 66,7 % sont constitués de déchets alimentaires et 7% de déchets verts. L'unité associée à la mesure « Compostage des déchets municipaux » de GACMO correspond au nombre d'installations de capacité 1 000 tonnes/an, soit l'équivalent direct du flux annuel exprimé en Gg/an.

Quantités de déchets compostés	Déchets alimentaires (Gg/an)	Déchets verts (Gg/an)	Valeurs entrées dans GACMO (1000 t/jour)
2025	0	0	0
2030	8.89	0.89	0,027
2035	17.78	1.78	0.054
2040	26.0	2.60	0,078

La mise en place de sites de compostage est considérée rapide et peu coûteuse, ce qui rend probable le recours majoritaire au compostage dans un scénario inconditionnel. Les réductions d'émissions par rapport au scénario BAU sont calculées dans GACMO comme le CH₄ évité dans les décharges grâce au détournement des déchets organiques (alimentaires et verts) vers les installations de compostage. Le coefficient d'émissions du stockage des déchets proposé par GACMO a été modifié pour coller aux circonstances nationales, notamment le type de décharges. Ce coefficient a été calculé sur la base des résultats du calcul des émissions du secteur 5A – Stockage des déchets réalisé avec l'outil Excel du GIEC. Le coefficient d'émissions du stockage des déchets organiques est de 265 720 tonnes CO₂eq/Unité GACMO (728 kg CO₂eq./tonne de déchets organiques).

Bien que non prévu initialement dans GACMO, les émissions additionnelles liées au compostage sont prises en compte dans l'estimation des réductions d'émissions nettes. Elles sont calculées sur la base des Facteurs d'émissions par défaut des LD 2006 du GIEC (Volume 5, chapitre 4). Le coefficient d'émissions du compostage des déchets organiques est de 64094 tonnes CO₂eq/Unité GACMO (175.6 kg CO₂eq./tonne de déchets organiques).

Résultats des scénarios dans GACMO

Vue d'ensemble nationale

Cette section présente une vue d'ensemble de l'évolution des émissions nationales de GES entre 2024 et 2040, selon le scénario tendanciel (BAU) et le scénario d'atténuation. Les résultats sont présentés à la fois en incluant et en excluant le secteur des terres (LULUCF), afin de mieux appréhender son rôle structurant dans le profil national des émissions.

La Figure 1 montre que, lorsque le secteur LULUCF est inclus, le pays présente un bilan net négatif des émissions sur l'ensemble de la période. En 2024, les émissions nettes sont d'environ -501 ktCO₂e. Dans le scénario BAU, ce puits de carbone se maintient jusqu'en 2040, bien que son importance diminue progressivement. En revanche, dans le scénario d'atténuation, le puits s'élargit pour atteindre environ -683 ktCO₂e en 2035, ce qui met en évidence le rôle déterminant du secteur des terres dans l'effet global de l'atténuation.

Total GHG emissions in BAU and in Mitigation Scenario (including LULUCF)

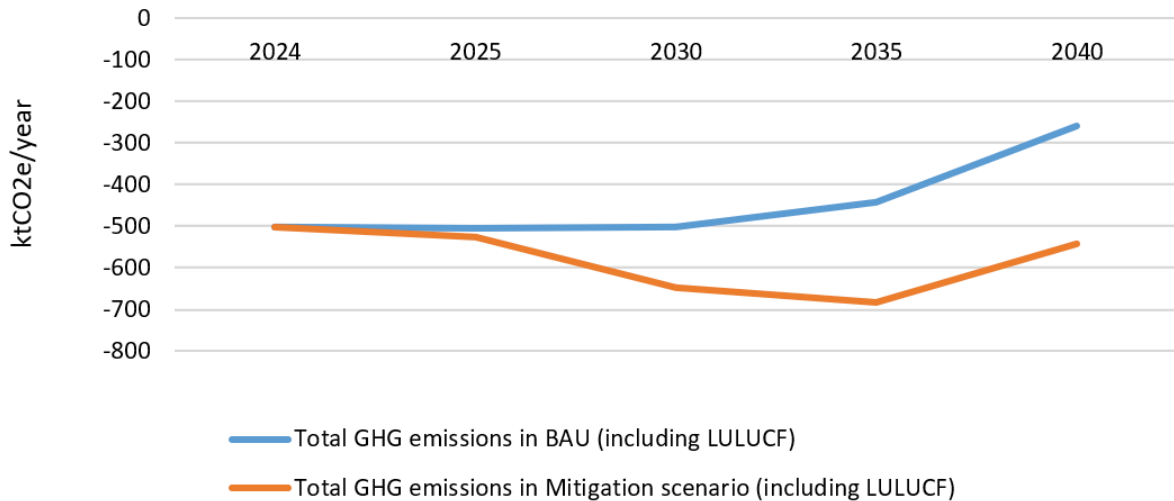


Figure 1 Emissions totales incluant LULUCF

La Figure 2 illustre l'évolution des émissions hors LULUCF, qui reflète plus directement la dynamique des secteurs émetteurs. En 2024, les émissions sont d'environ 400 ktCO₂e et restent similaires dans les deux scénarios à court terme. À partir de 2030, les trajectoires divergent nettement : dans le scénario BAU, les émissions augmentent fortement pour dépasser 1 200 ktCO₂e en 2040, tandis que dans le scénario d'atténuation, elles diminuent et se stabilisent autour de 1 000 ktCO₂e à l'horizon 2040. Cette divergence tardive s'explique par le fait que quasiment toutes les mesures d'atténuation modélisées deviennent effectives à partir de 2030.

Total GHG emissions in BAU and in Mitigation Scenario (excluding LULUCF)

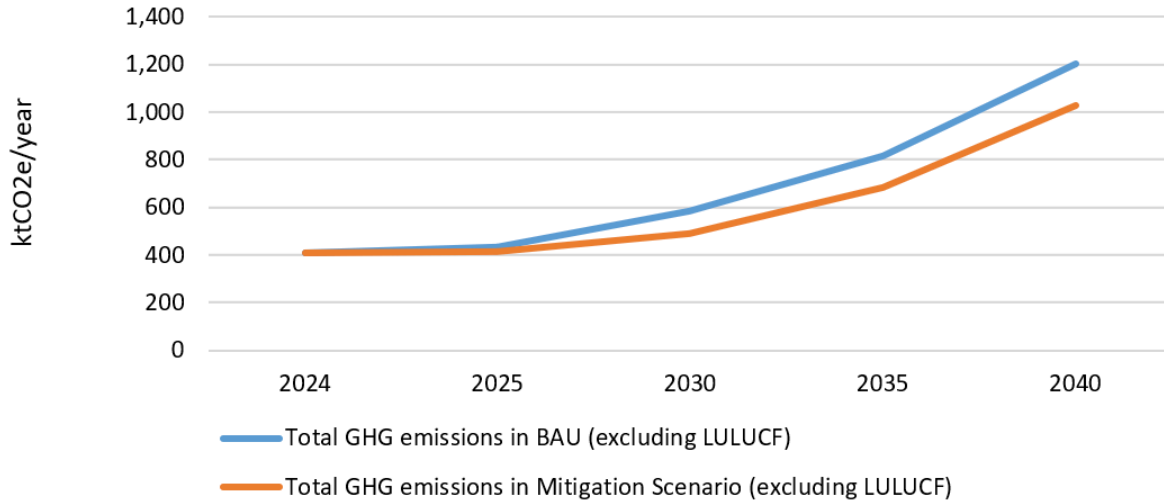


Figure 2 Emissions totales excluant LULUCF

Dans l'ensemble, cette analyse montre que l'impact des mesures d'atténuation est principalement observable à moyen et long terme, tant sur les émissions hors LULUCF que sur le bilan national global et fournit le cadre général pour l'analyse sectorielle présentée dans les sections suivantes. Ces résultats indiquent également que le bilan national des émissions est fortement dominé par le secteur LULUCF, dont le rôle de puits conditionne l'évolution globale des émissions et explique l'essentiel de la différence observée entre les scénarios BAU et d'atténuation.

Évolution des émissions et intensité carbone du PIB

Le Tableau 13 présente l'évolution des émissions de GES par habitant et de l'intensité carbone du PIB pour les scénarios de référence (BAU) et d'atténuation. Ces deux indicateurs permettent de relier les émissions de GES à la croissance démographique et au développement économique, offrant ainsi une perspective complémentaire à l'analyse des émissions totales.

Tableau 13. GHG emissions and carbon intensity of GDP

Per capita GHG emissions and carbon intensity of GDP							
Population (thousands)	864	880	961	1,044	1,130	1,130	1,130
GDP (Current MUS\$)	1,442	1,613	1,993	2,462	3,042	3,042	3,042
Per capita GHG emissions (tCO ₂ -e/capita) in BAU	-0.5801042	-0.574058	-0.522352641	-0.423519625	-0.229768239	-0.229768239	-0.219886204
Carbon intensity of GDP (kgCO ₂ -e/US\$) in BAU	-0.3475355	-0.313166	-0.251792626	-0.179594299	-0.085376756	-0.085376756	-0.081704813
Per capita GHG emissions (tCO ₂ -e/capita) in Mitigation	-0.580104232	-0.586103031	-0.675110753	-0.654510477	-0.48046861	-0.679565823	-0.686138644
Carbon intensity of GDP (kgCO ₂ -e/US\$) in Mitigation	-0.347535538	-0.325191782	-0.325427491	-0.277546408	-0.178531427	-0.252511513	-0.254953827

Sur la période considérée, la population augmente d'environ 31% entre 2024 et 2040, tandis que le PIB progresse de 111%, traduisant une croissance économique soutenue.

Dans le scénario BAU, les émissions par habitant restent négatives sur l'ensemble de la période, mais leur valeur absolue diminue progressivement. Cette évolution indique que, malgré le maintien d'un puits net au niveau national, la croissance démographique et économique réduit progressivement l'effet du puits par habitant. La même tendance est observée pour l'intensité carbone du PIB, reflétant une augmentation des émissions par unité de richesse produite en l'absence de nouvelles mesures d'atténuation.

À l'inverse, dans le scénario d'atténuation, les émissions par habitant diminuent plus significativement à partir de 2030 mais augmentent à l'horizon 2040. Cette évolution traduit l'impact des mesures d'atténuation, dont la majorité

devient effective à partir de 2030 et le renforcement du rôle du puits dans le bilan national, mais met également en lumière, le manque de nouvelles mesures pour 2040. De manière cohérente, l'intensité carbone du PIB s'améliore nettement au fil du temps pour la période comportant des objectifs d'atténuation évolutifs, indiquant un découplage progressif entre croissance économique et émissions de GES.

Dans l'ensemble, ces résultats montrent que, malgré une croissance démographique et économique marquée, le scénario d'atténuation permet non seulement de préserver, mais aussi de renforcer la performance climatique du pays, tant en termes d'émissions par habitant que d'intensité carbone de l'économie.

Structure sectorielle des émissions – scénario BAU

Cette section analyse l'origine sectorielle des émissions de gaz à effet de serre dans le scénario BAU, afin d'identifier les principaux moteurs des émissions et le rôle structurel des différents secteurs dans le bilan national. Comme illustré dans le Tableau 14, les émissions totales hors UTCATF augmentent fortement entre 2024-2040. Cette hausse contraste avec le total incluant l'UTCATF, qui reste négatif sur l'ensemble de la période, soulignant le rôle central du secteur des terres comme puits net dans le scénario BAU.

Tableau 14 Emissions par secteur (BAU)

BAU scenario emissions by sectors					
ktCO ₂ e/year	2024	2025	2030	2035	2040
Total (including LULUCF)	-501	-505	-502	-442	-260
Total (excluding LULUCF)	409	432	585	818	1,201
1. Energy	282	303	445	665	1,031
1.A. Fuel combustion	282	303	445	665	1,031
1.A.1. Energy industries	84	98	134	184	254
1.A.2. Manufacturing industries and construction	0	0	0	0	0
1.A.3. Transport	109	120	192	311	505
1.A.4.b. Residential	47	48	51	47	47
1.A.4.a. Commercial/institutional	0	0	0	0	0
1.A.4.c. Agriculture/forestry/fishing	33	37	67	123	224
1.B. Fugitive emissions from fuels	0	0	0	0	0
2. Industrial processes and product use	6	6	7	10	17
3. Agriculture	80	80	85	89	95
4. Land use, land-use change and forestry	-910	-937	-1,087	-1,260	-1,460
5. Waste	42	43	48	53	58

Énergie

Le secteur de l'énergie constitue de loin la principale source d'émissions dans le scénario BAU. Ses émissions augmentent de manière continue, passant de 282 ktCO₂e en 2024 à 1 031 ktCO₂e en 2040 et expliquent l'essentiel de la croissance des émissions hors UTCATF. Cette trajectoire reflète la dépendance persistante aux combustibles fossiles et l'absence de mesures structurelles de décarbonation dans le scénario de référence.

L'analyse par sous-secteurs montre que la croissance des émissions du secteur de l'énergie est largement dominée par le transport, qui représente environ 49 % des émissions totales du secteur en 2040 et explique à lui seul plus de la moitié de la croissance observée sur la période considérée. Les industries de l'énergie et la pêche constituent également des contributeurs majeurs, représentant respectivement environ un quart et un peu plus d'un cinquième des émissions en 2040. Si le secteur résidentiel apparaît marginal et stable dans les résultats, cette évolution doit être interprétée avec prudence compte tenu des limites de couverture des données énergétiques disponibles. En effet, le modèle GACMO ne prend pas en compte la consommation de charbon de bois, qui demeure largement utilisée au niveau national. Par ailleurs, la consommation de LPG dans le résidentiel n'est pas incluse dans le dernier inventaire national utilisé pour la construction des données d'entrée et n'est donc pas reflétée dans les résultats.

Agriculture

Les émissions du secteur agricole évoluent plus modérément, augmentant d'environ 19% entre 2024 et 2040. Bien que leur croissance soit limitée en valeur absolue, le secteur conserve une contribution significative et relativement stable au total des émissions hors UTCATF, ce qui indique un potentiel d'atténuation ciblé mais structurel.

Déchets

Le secteur des déchets montre une augmentation progressive de ses émissions, d'environ 40% sur la période. Cette évolution est cohérente avec la croissance démographique et l'augmentation des volumes de déchets et suggère un rôle croissant du secteur dans le bilan futur en l'absence de mesures spécifiques.

Industrie

Les émissions industrielles restent faibles en valeur absolue, bien qu'en augmentation, passant de 6 à 17 ktCO₂e entre 2024 et 2040. Leur contribution demeure marginale par rapport aux autres secteurs, reflétant le niveau encore limité d'industrialisation du pays dans le scénario BAU.

UTCATF

Le secteur UTCATF agit comme un puits majeur, avec des absorptions augmentant de 60% tout au long de la période étudiée. Ce renforcement du puits compense partiellement la hausse rapide des émissions des autres secteurs, expliquant le maintien d'un bilan national net négatif dans le scénario BAU. Toutefois, la réduction progressive du total net négatif indique que la croissance des émissions hors UTCATF tend à éroder cet avantage structurel.

Lecture d'ensemble

Dans le scénario BAU, la structure sectorielle des émissions est donc caractérisée par :

- Une domination croissante du secteur de l'énergie,
- Des contributions secondaires mais stables de l'agriculture et des déchets,
- Un secteur industriel encore marginal,
- Une forte dépendance au puits UTCATF pour maintenir un bilan national net négatif.

Cette configuration met en évidence la vulnérabilité du bilan climatique national à une éventuelle dégradation du puits et souligne l'importance stratégique des secteurs énergie et UTCATF pour les trajectoires futures.

Effets des mesures d'atténuation sur la structure sectorielle

Le Tableau 15 montre que dans le scénario d'atténuation, les émissions totales hors UTCATF restent dominées par le secteur de l'énergie, bien que leur niveau ait baissé de 16% par rapport à celui observé dans le scénario BAU dès 2030.

Tableau 15 Emissions par secteur (scenario d'atténuation)

Mitigation scenario emissions by sectors					
ktCO ₂ e/year	2024	2025	2030	2035	2040
Total (including LULUCF)	-501	-524	-648	-683	-543
Total (excluding LULUCF)	409	413	491	682	1,027
1. Energy	282	284	357	540	874
1.A. Fuel combustion	282	284	357	540	874
1.A.1. Energy industries	84	79	46	77	129
1.A.2. Manufacturing industries and construction	0	0	0	0	0
1.A.3. Transport	109	120	192	311	505
1.A.4.b. Residential	47	48	51	30	15
1.A.4.a. Commercial/institutional	0	0	0	0	0
1.A.4.c. Agriculture/forestry/fishing	33	37	67	123	224
1.B. Fugitive emissions from fuels	0	0	0	0	0
2. Industrial processes and product use	6	6	7	10	17
3. Agriculture	80	80	85	89	95
4. Land use, land-use change and forestry	-910	-937	-1,139	-1,365	-1,570
5. Waste	42	43	43	42	42

- Les émissions du secteur de l'énergie passent de 282 ktCO₂e en 2024 à 874 ktCO₂e en 2040, contre plus de 1 030 ktCO₂e dans le scénario BAU à l'horizon 2040. Cette évolution traduit un infléchissement de la trajectoire, sans toutefois remettre en cause la prédominance structurelle du secteur.
- Les secteurs de l'industrie et de l'agriculture présentent des trajectoires identiques à celles du scénario BAU. Cette absence de différenciation reflète le fait qu'aucune mesure d'atténuation n'a été modélisée dans ces deux secteurs.
- Le secteur des déchets présente une stabilité cohérente sur l'ensemble de la période. En comparant avec le BAU, il est clair que les mesures d'atténuation modélisées permettent principalement d'éviter l'augmentation des émissions observées dans le BAU, sans toutefois générer des réductions absolues.
- Le secteur UTCATF renforce son rôle de puits, contribuant de manière croissante au bilan national net. Cependant, on observe que les mesures forestières d'atténuation permettent un renforcement modéré du puits par rapport au BAU, avec un écart relatif compris entre environ 5 % et 8 % selon l'année considérée. Cette différence limitée s'explique par l'inertie propre aux dynamiques forestières, les effets des mesures d'atténuation dans le secteur UTCATF restent graduels et n'induisent pas de rupture marquée par rapport au scénario BAU à moyen terme. Mais également par le fait que les hypothèses d'atténuation n'introduisent pas de changements structurels majeurs à l'horizon 2040. Ainsi, les trajectoires BAU et d'atténuation restent proches, bien que le scénario d'atténuation présente une performance légèrement améliorée en matière de séquestration du carbone.

La Figure 3 illustre les réductions d'émissions totales par secteur. Ces réductions restent nulles en 2024 et limitées en 2025, ce qui s'explique par le fait que la quasi-totalité des mesures d'atténuation entre effectivement en vigueur en 2030.

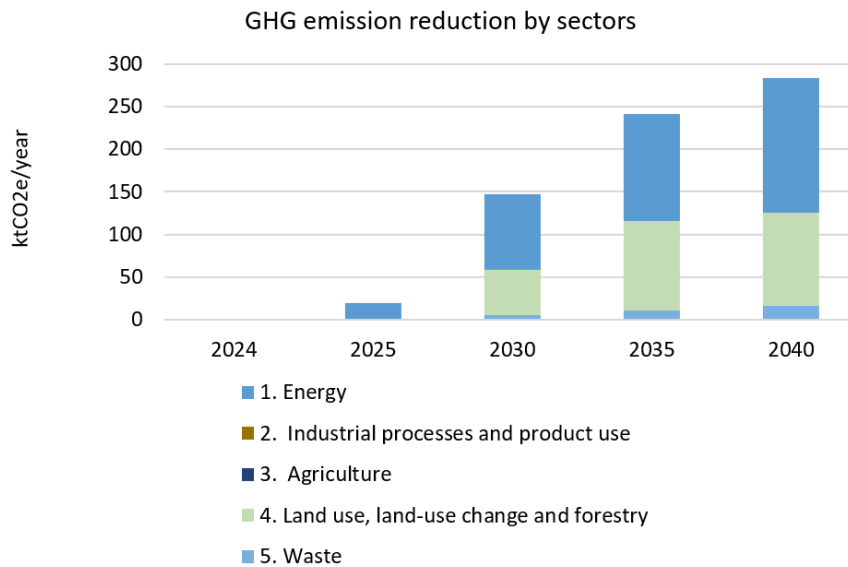


Figure 3 Réduction des émissions par secteur

À partir de 2030, les réductions d'émissions dans le scénario d'atténuation augmentent progressivement, traduisant la montée en puissance graduelle des mesures mises en œuvre. Cette dynamique résulte principalement de la montée en charge progressive des politiques dans les secteurs de l'Énergie et l'UTCATF, qui constituent les principaux moteurs des réductions sur l'ensemble de la période. Cette contribution dominante explique le basculement du secteur vers des émissions nettes négatives et en fait le principal levier d'atténuation sur l'ensemble de la période.

- Le secteur de l'énergie joue un rôle central dans l'atténuation, représentant près de deux tiers des réductions en 2030, puis un peu plus de la moitié des réductions à l'horizon 2040. Cette évolution reflète le caractère graduel des mesures de déploiement des énergies renouvelables et d'amélioration de l'efficacité énergétique, dont les effets s'accumulent dans le temps sans générer de rupture immédiate.
- Le secteur UTCATF constitue le deuxième levier majeur d'atténuation, avec une part comprise entre environ 16 % et 39 % de 2030 à 2040, en renforçant les absorptions par rapport au scénario BAU.
- Le secteur des déchets contribue également aux réductions, mais de façon plus modérée. Grâce à la mise en œuvre de la mesure de compostage des déchets municipaux solides, il participe à hauteur de 3 à 6 % des réductions totales.

Lecture d'ensemble

Les résultats montrent que les politiques d'atténuation modélisées :

- Ne modifient pas fondamentalement la hiérarchie sectorielle des émissions, le secteur de l'énergie restant dominant,
- Transforment profondément le rôle des secteurs de l'Énergie et de l'UTCATF, qui deviennent les principaux leviers de réduction,
- Concentrent l'effort d'atténuation sur un nombre limité de secteurs, reflétant les choix de politiques actuellement modélisés plutôt qu'un potentiel exhaustif d'atténuation.

Cette lecture intégrée permet de comprendre non seulement combien d'émissions sont évitées, mais aussi où et par quels leviers sectoriels l'atténuation est effectivement réalisée.

Répartition des émissions par gaz

Le Tableau 16 synthétise l'évolution des émissions selon le gaz, avec et sans prise en compte du secteur UTCATF.

L'analyse par gaz permet de mieux comprendre la dynamique interne des émissions nationales selon les scénarios de référence et d'atténuation.

Tableau 16 Répartition des émissions par gaz

GHG emissions by gases (including and excluding LULUCF)							
ktCO ₂ e/year	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Emissions including LULUCF							
CO ₂ emissions in BAU scenario	-631	-638	-648	-606	-447	-447	-436
CH ₄ emissions in BAU scenario	127	129	141	156	174	174	175
N ₂ O emissions in BAU scenario	3	4	5	8	13	13	13
CO ₂ emissions in Mitigation scenario	-631	-657	-790	-836	-715	-940	-947
CH ₄ emissions in Mitigation scenario	127	129	136	145	159	159	159
N ₂ O emissions in Mitigation scenario	3	4	5	8	13	13	13
Emissions excluding LULUCF							
CO ₂ emissions in BAU scenario	279	300	438	654	1013	1013	1024
CH ₄ emissions in BAU scenario	127	129	141	156	174	174	175
N ₂ O emissions in BAU scenario	3	4	5	8	13	13	13
CO ₂ emissions in Mitigation scenario	279	280	350	529	855	869	861
CH ₄ emissions in Mitigation scenario	127	129	136	145	159	159	159
N ₂ O emissions in Mitigation scenario	3	4	5	8	13	13	13

L'analyse des émissions par gaz montre des dynamiques très distinctes selon le type de gaz et la prise en compte du secteur UTCATF. Dans le scénario BAU incluant l'UTCATF, le CO₂ constitue le principal composant net négatif, grâce au rôle du puits forestier et terrestre. Les émissions nettes reflètent une légère diminution du puits au fil du temps. Le CH₄ et le N₂O contribuent positivement aux émissions et ne dépendent pas de l'inclusion ou non du secteur UTCATF. Dans le scénario d'atténuation, le CO₂ devient légèrement plus négatif, reflétant un renforcement progressif du puits et des efforts sur les sources anthropiques de CO₂.

Lorsque l'on exclut l'UTCATF, les émissions de CO₂ passent de 279 ktCO₂e en 2024 à 1 013 ktCO₂e en 2040 dans le BAU, ce qui traduit la croissance continue des émissions énergétiques et industrielles. Dans le scénario d'atténuation, cette hausse est plus modérée (279 à 855 ktCO₂e), reflétant l'effet des mesures de déploiement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Le N₂O représente une part marginale et demeure inchangé, représentant un potentiel d'atténuation non exploité dans les modèles actuels.

Dans l'ensemble, cette lecture par gaz montre que :

- Le CO₂ domine toujours la répartition des émissions, mais son impact net dépend fortement de la dynamique du puits carbone dans l'UTCATF ;
- Le CH₄ contribue considérablement aux réductions d'émissions ;
- Le N₂O reste faible et stable, signalant que des interventions futures pourraient cibler ce gaz pour accroître l'efficacité globale de l'atténuation.

Analyse économique des options d'atténuation

Les courbes de revenus marginaux d'atténuation (MAC) montrent une montée en puissance progressive du portefeuille de mesures entre 2025 et 2040, principalement liée à l'entrée en vigueur des actions prévues à l'horizon 2030. En 2025, les volumes d'abattement restent limités et reflètent une phase préparatoire, tandis qu'à partir de 2030, les courbes s'élargissent fortement, traduisant l'activation complète des mesures énergétiques, forestières et de gestion des déchets.

1. Lecture temporelle générale (2025 → 2040)

En 2025, le potentiel d'abattement reste limité, avec seulement deux mesures activées : le solaire raccordé au réseau et le REDD. Ces mesures rentables et de faible volume traduisent une phase préparatoire, où les opportunités sont encore limitées.

À partir de 2030, le portefeuille s'étoffe rapidement. Les mesures énergétiques telles que la géothermie, le solaire

et les systèmes électriques efficaces se combinent avec des options forestières (afforestation, agroforesterie, reforestation intensive, plantation communautaires), dont certaines présentent un revenu marginal négatif, indiquant un coût par tonne de CO₂ évitée. Sans oublier le compostage des déchets solides municipaux. Cette année marque l'entrée en vigueur complète des mesures, avec un fort accroissement du potentiel d'abattement cumulé, qui atteint plusieurs centaines de kilotonnes par mesure.

Entre 2035 et 2040, l'évolution reflète principalement un effet d'accumulation et d'échelle plutôt qu'une diversification de nouvelles mesures. Par exemple, le compostage des déchets augmente son abattement, tandis que le potentiel de réduction des foyers améliorés et de la géothermie progresse légèrement, montrant l'effet cumulatif des mesures déjà en place.

2. Hiérarchie des options selon le revenu marginal

- Mesures rentables :

Les options telles que le solaire raccordé au réseau, la géothermie et les foyers améliorés affichent des revenus marginaux élevés (jusqu'à 949 USD/tCO₂e pour les foyers améliorés), indiquant un gain économique unitaire important par tonne de CO₂ évitée, mais leur contribution en volume reste modérée.

- Mesures neutres :

Le compostage, les systèmes électriques efficaces à certaines années et l'afforestation sont neutres économiquement. Cependant, les systèmes électriques efficaces et l'afforestation représentent un volume très important, contribuant majoritairement au potentiel total d'abattement à moyen terme.

- Mesures coûteuses :

Certaines options, telles que la reforestation intensive ou le remplacement des poêles au bois par des poêles GPL, sont coûteuses. Leur potentiel en volume est significatif, mais ces mesures sont stratégiques en raison de leurs co-bénéfices sociaux et environnementaux, malgré le coût par tonne évitée.

3. Contribution des secteurs au potentiel total

À partir de 2030 :

- Le secteur de l'Énergie, via la géothermie et le solaire raccordé au réseau, joue un rôle plus ciblé en raison de son potentiel d'abattement.
- Le secteur forestier constitue le second pilier, grâce à l'accumulation progressive des effets de séquestration et à la réduction de la déforestation (afforestation, agroforesterie, reforestation intensive, ...).
- Le secteur des déchets reste neutre avec un faible potentiel global.

Synthèse interprétative

- Les mesures les plus rentables ne représentent pas toujours le plus grand volume d'abattement.
- Le passage progressif des mesures de 2030 à 2040 illustre l'effet cumulatif et l'échelle des interventions, plutôt qu'une introduction de nouvelles technologies.
- L'analyse par secteur et par revenu marginal permet de prioriser les interventions futures, en mettant en avant les mesures à fort potentiel et celles présentant un impact stratégique.

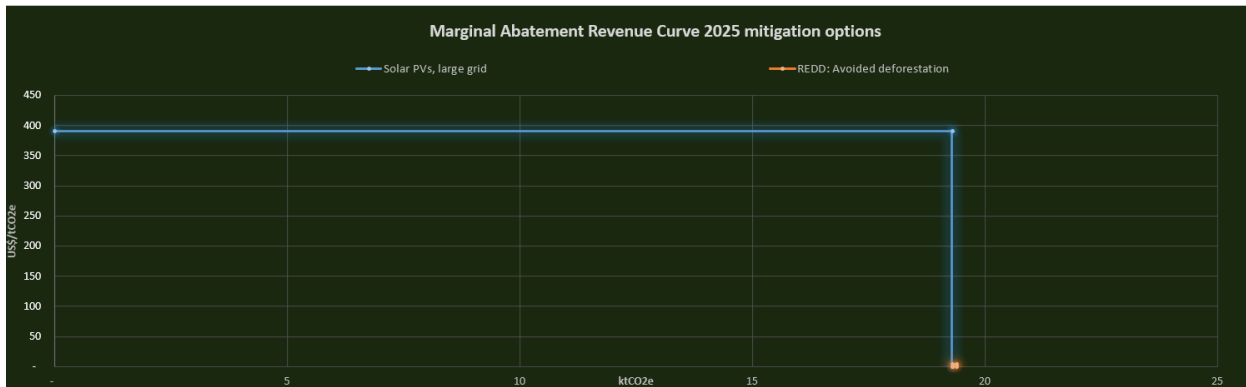


Figure 4 MAR 2025

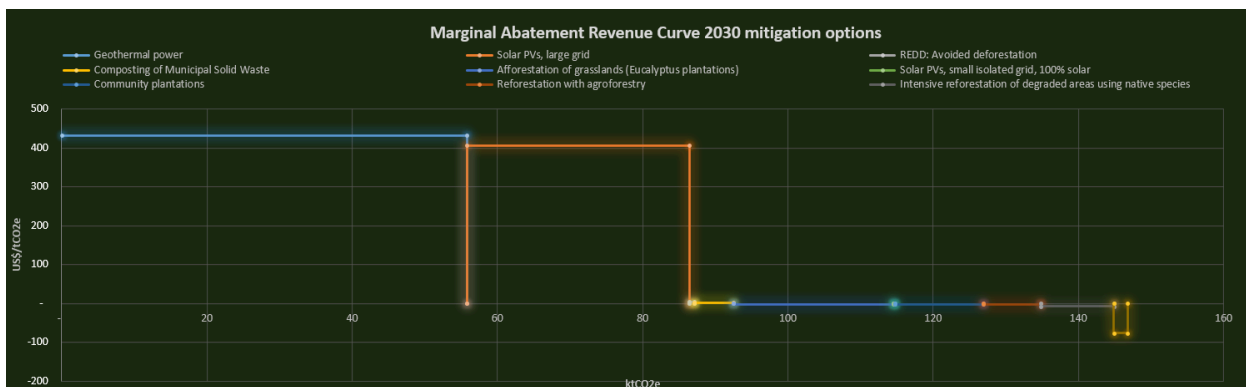


Figure 5 MAR 2030

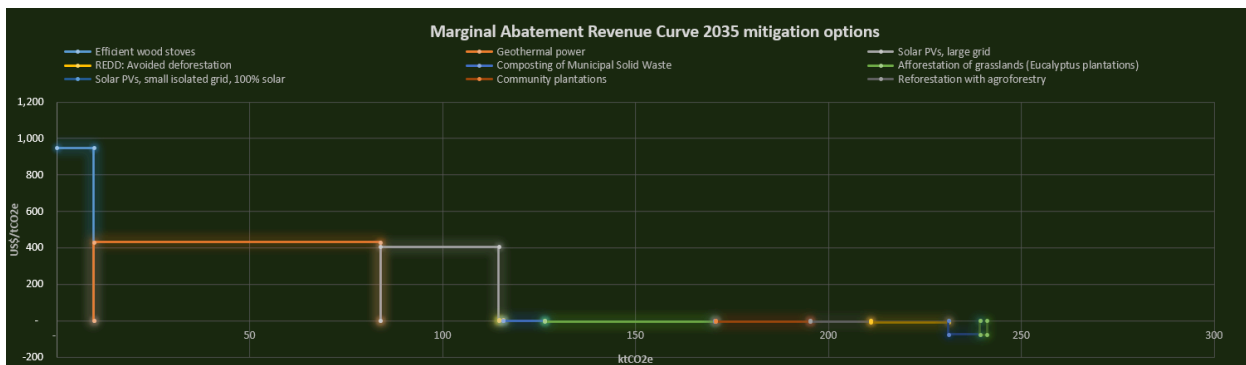


Figure 6 MAR 2035

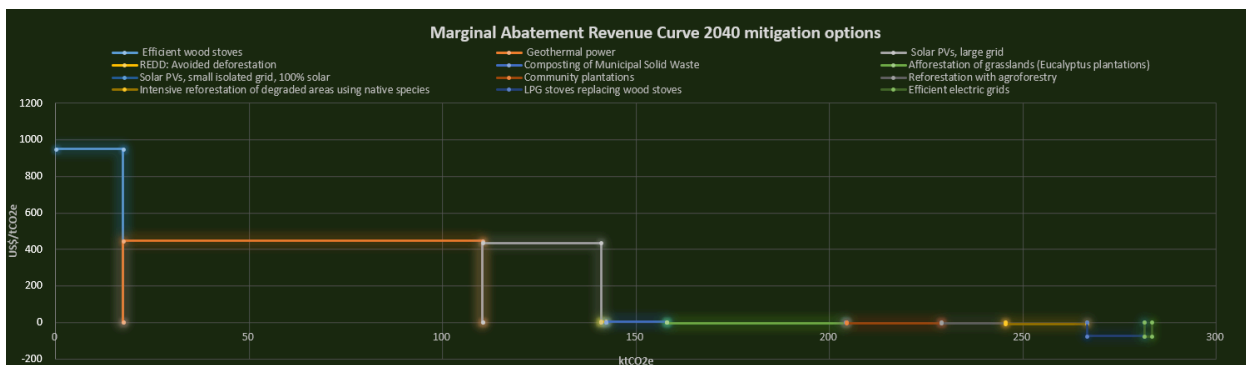


Figure 7 MAR 2040

Enseignements stratégiques

L'analyse conjointe des trajectoires d'émissions (avec et sans LULUCF), des profils sectoriels et gaziers, des réductions par secteur et des courbes de revenus marginaux (MAR) met en évidence trois messages centraux pour la planification climatique des Comores.

→ Un rôle central mais progressivement stabilisé du secteur LULUCF dans le bilan national

Le secteur LULUCF joue un rôle déterminant dans le maintien d'un bilan net négatif ou faiblement émetteur, en compensant une part substantielle des émissions hors-LULUCF jusqu'en 2040. Les mesures forestières modélisées renforcent ce rôle, en particulier entre 2030 et 2035, période marquée par une montée du potentiel d'atténuation cumulé. Toutefois, les résultats montrent qu'au-delà de 2035, l'augmentation du potentiel devient plus graduelle. Cela souligne que la contribution du LULUCF, bien que structurante, reste conditionnée au maintien des efforts dans le temps, ainsi qu'à l'accès à des financements pérennes (paiements basés sur les résultats, mécanismes carbone), un cadre de gouvernance foncière robuste et des systèmes MRV capables de garantir la permanence des réductions.

→ Une dynamique croissante des émissions hors-LULUCF insuffisamment couverte par les mesures actuelles

Les secteurs de l'agriculture et des procédés industriels ne présentent pas de mesures d'atténuation modélisées, malgré leur contribution aux émissions. Cette absence reflète un manque d'options intégrées dans les politiques actuels. Ce déséquilibre indique que les réductions futures reposent sur un nombre limité de secteurs, ce qui accroît la vulnérabilité de la trajectoire climatique nationale.

→ Des courbes MAR stables après 2035 révélant un portefeuille de mesures encore limité

Entre 2035 et 2040, les courbes de revenus marginaux évoluent peu en termes de hiérarchie des coûts. Les ordres de grandeur restent similaires : mesures énergétiques avec revenus marginaux élevés et positifs, mesures forestières et déchets quasi-nul et options énergétiques domestiques présentant des coûts négatifs plus marqués. Cette stabilité traduit un portefeuille de mesures restreint, des hypothèses économiques statiques et l'absence de nouvelles politiques ou technologies intégrées dans la modélisation post-2030.

Suivi des progrès (Tracking Progress)

Le module Tracking Progress de GACMO sert à comparer, année par année, les valeurs prévues pour chaque mesure d'atténuation avec leur niveau réel de mise en œuvre. Cet outil vise à documenter l'avancement concret des politiques climatiques afin d'alimenter le système MRV national et les futurs rapports de transparence.

Dans le cas des Comores, le renseignement de ce module demeure encore partiel, la mise en œuvre de nombreuses options d'atténuation étant prévue principalement à partir de 2030 et les dispositifs nationaux de suivi n'étant pas encore pleinement opérationnels pour l'ensemble des secteurs.

Pour la mesure REDD (déforestation évitée), une valeur de 34 ha a été renseignée pour l'année 2025 dans GACMO. Cette valeur correspond à 34 124 hectares d'aires protégées observés en 2025 comme documenté dans la CDN 3.0. À ce stade, la progression calculée est de 17 %, ce qui indique que seulement une faible fraction de la contribution attendue pour 2030 a été atteinte. Cette valeur faible reflète le caractère limité des actions actuellement mises en œuvre pour la protection des forêts et la conservation des sols et suggère que des efforts supplémentaires seront nécessaires pour que cette mesure atteigne l'objectif national.

Pour la mesure Solaire PV connecté au réseau, une capacité installée de 7 MW a été renseignée pour l'année 2024, sur la base du rapport provisoire pour l'élaboration du document cadre sur les producteurs indépendants de puissance électrique en Union des Comores. Pour l'année 2025, une capacité installée de 15,3 MW a été renseignée, à partir des données communiquées par la SONELEC. Ceci montre une progression de 92 % vers la cible 2030, avec une contribution cumulée aux émissions évitées de 28 ktCO₂e/an. Cette performance élevée indique que cette mesure est presque entièrement réalisée et qu'elle contribue concrètement et mesurablement à la réduction des émissions nationales. Elle illustre que certaines actions techniques peuvent générer des résultats rapides et significatifs.

Conclusions et pistes de suivi

L'analyse des émissions de gaz à effet de serre pour les Comores sur la période 2024-2040 montre que le pays conserve un bilan net négatif grâce au rôle central du secteur LULUCF, qui agit comme un puits de carbone important. Cependant, en l'absence de mesures supplémentaires, les émissions hors LULUCF augmentent fortement, ce qui pourrait progressivement réduire l'efficacité du puits et peser sur le bilan national. L'évolution des émissions par habitant et de l'intensité carbone du PIB confirme cette dynamique : dans le scénario BAU, la croissance démographique et économique entraîne une diminution du puits par habitant et une intensité carbone moins favorable, malgré le bilan net globalement négatif.

Le scénario d'atténuation montre au contraire qu'une combinaison de mesures ciblées permet de renforcer le rôle du puits, de réduire les émissions par habitant et de découpler la croissance économique des émissions de GES. L'analyse sectorielle, quant à elle, met en évidence la domination du secteur énergie comme principal moteur des émissions, tout en représentant le principal levier d'atténuation dans le scénario d'atténuation. Les secteurs industrie et agriculture, pour lesquels aucune mesure d'atténuation n'a été modélisée, restent stables, ce qui souligne le potentiel d'action encore inexploité dans ces domaines. Enfin, la répartition par gaz indique que les réductions d'émissions sont principalement portées par le CO₂, le N₂O restant inchangé, ce qui suggère un domaine d'amélioration future pour les politiques climatiques.

Le suivi des mesures d'atténuation à travers le module Tracking Progress de GACMO a permis de réaliser que le solaire est déjà proche de son objectif et participe activement à l'atteinte des réductions d'émissions prévues. Deuxièmement, la réduction de la déforestation reste encore sous-exploitée et nécessite un renforcement des politiques et des actions pour contribuer efficacement au total national.

Dans l'ensemble, ces résultats montrent que les politiques actuelles permettent d'atteindre un effet positif notable sur le bilan national, mais que des efforts ciblés supplémentaires seront nécessaires pour maintenir et renforcer cet avantage, en particulier en agissant sur le secteur agriculture et en exploitant davantage le potentiel de réduction du secteur des déchets.

Recommandations finales

- Renforcer les mesures dans le secteur énergie : accélérer le déploiement des énergies renouvelables et améliorer l'efficacité énergétique afin de limiter la croissance des émissions dans le secteur dominant.
- Consolider et protéger le puits UTCATF : mettre en place des actions pour préserver les forêts et les sols carbonés et éviter toute dégradation qui pourrait réduire le rôle de puits du pays.
- Exploiter le potentiel de réduction dans les déchets : poursuivre et renforcer les mesures de gestion et de traitement des déchets afin de maximiser les réductions déjà observées dans le scénario d'atténuation.
- Élargir les mesures aux secteurs agriculture et industrie : développer et modéliser des politiques adaptées pour réduire les émissions dans ces secteurs, en tirant parti de leur potentiel encore inexploité.
- Suivi et mise à jour régulière des mesures : évaluer périodiquement l'efficacité des politiques mises en œuvre et ajuster les scénarios d'atténuation pour rester aligné avec les objectifs nationaux de réduction des GES.

- Mise en place d'un système national de suivi annuel consolidé des mesures d'atténuation. Les données de suivi devraient être centralisées sous la coordination de la DGEF et documentées de façon à distinguer clairement les valeurs réellement observées des objectifs projetés, afin d'éviter toute interprétation erronée des indicateurs de progression et d'émissions cumulées.

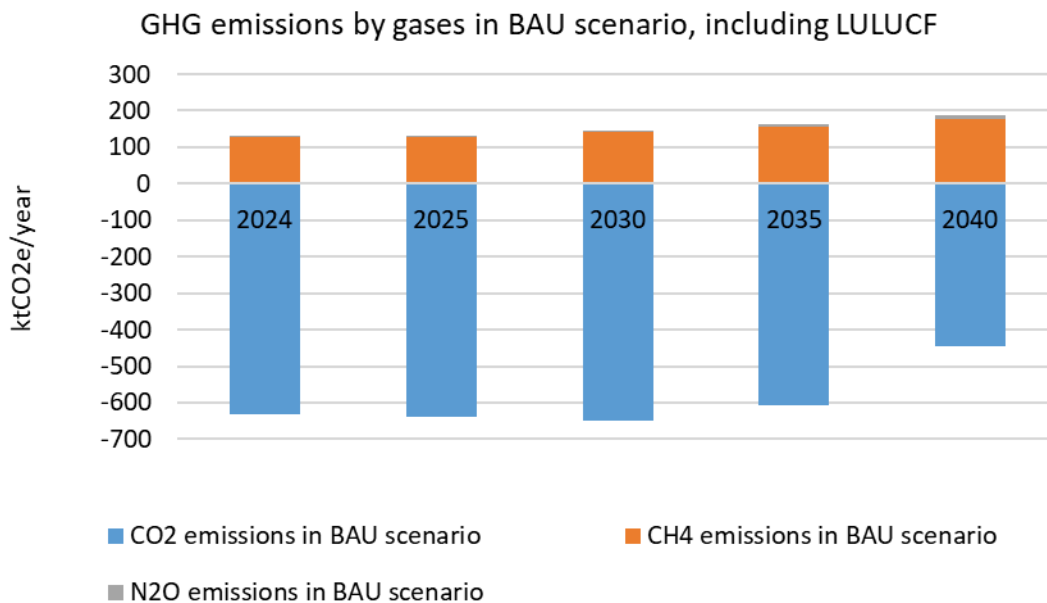
Bibliographie

1. **Ministère de l'Environnement chargé du Tourisme.** *Contribution Déterminée au niveau National (CDN) révisée de l'Union des Comores*
2. **Direction Générale de l'Environnement et des Forêts.** *Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre des Comores*
3. **AFREC - African Energy Commission.** *Rapport de bilan énergétique national des Comores.* Disponible à : <https://au-afrec.org/data-statistics-energy-balances>
4. **UNEP Copenhagen Climate Centre (UNEP-CCC).** *GACMO - Greenhouse Gas Abatement Cost Model*
5. **UNEP-CCC.** *GACMO User Manual and Sector Data Sheet Guidance*
6. **CITEPA.** *Guides méthodologiques GACMO*
7. **UNFCCC.** *IFI Default Grid Emission Factors - Technical Working Group on GHG Accounting.* Disponible à : <https://unfccc.int/climate-action/sectoral-engagement/ifis-harmonization-of-standards-for-ghg-accounting/ifi-twg-list-of-methodologies>
8. **Banque mondiale.** *Population totale - Comores.* Disponible à : <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=>
9. **Banque mondiale.** *Project paper on a proposed additional grant in the amount of SDR 3.8 million (US\$ 5 million equivalent) to the Union of Comoros for Comoros Solar Energy Access Project.* Disponible à : <file:///Users/wafiiy.m/Downloads/BOSIB-79c0986f-590f-4722-a482-31069ba9ccd2.pdf>
10. **PNUD Comores & EnGreen.** *Études de faisabilité SIG des mini-réseaux isolés: Rapport de Village de Ouzini. Moroni, Comores, 2024.* Disponible à https://docs.google.com/document/d/1icEti-bU9Mmpy4EPsYjop9d_kl7MYgFI/edit?usp=sharing&oid=111871473357600493642&rtpof=true&sd=true
11. **Bureau Géologique des Comores (BGC).** *L'énergie Géothermique : Vecteur de Développement socio-économique aux Comores. Moroni, Comores, 2022.* Disponible à : <https://docs.google.com/presentation/d/1UbJkIPd9QWpLPwByRT7sPRgBYOuH9mHR/edit?usp=sharing&oid=111871473357600493642&rtpof=true&sd=true>
12. **Fonds Monétaire International (FMI).** *World Economic Outlook Database: April 2025.* Washington, DC. Disponible à : <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2025/april/weo-report?c=512,914,612,171,614,311,213,911,314,193,122,912,313,419,513,316,913,124,339,638,514,218,963,616,223,516,918,748,618,624,522,622,156,626,628,228,924,233,632,636,634,238,662,960,423,935,128,611,321,243,248,469,253,642,643,939,734,644,819,172,132,646,648,915,134,652,174,328,258,656,654,336,263,268,532,944,176,534,536,429,433,178,436,136,343,158,439,916,664,826,5>

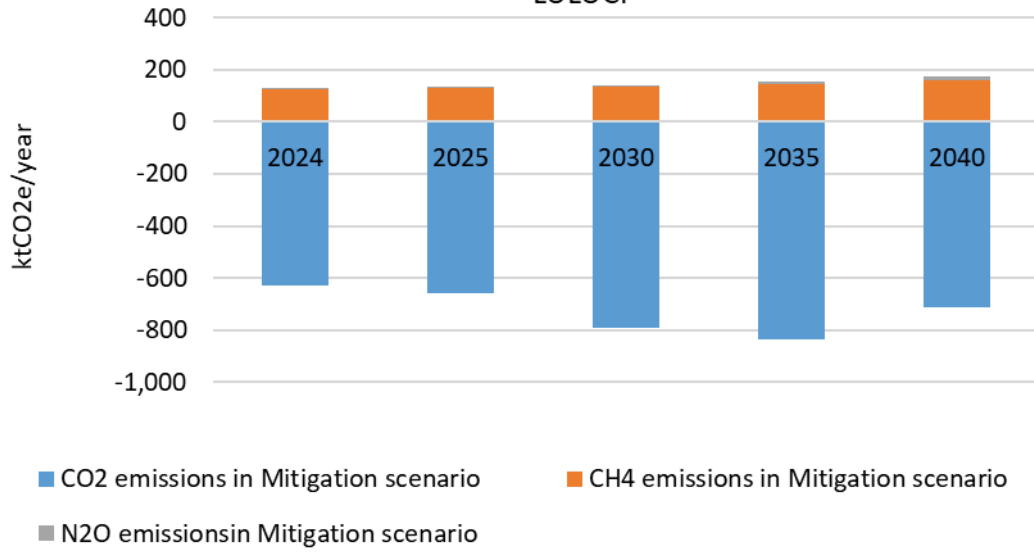
[42,967,443,917,544,941,446,666,668,672,946,137,546,674,676,548,556,678,181,867,682,684,273,868,921,948,943,686,688,518,728,836,558,138,196,278,692,694,962,142,449,564,565,283,853,288,293,566,964,182,359,453,968,922,714,862,135,716,456,722,942,718,724,576,936,961,813,726,199,733,184,524,361,362,364,732,366,144,146,463,528,923,738,578,537,742,866,369,744,186,925,869,746,926,466,112,111,298,927,846,299,582,487,474,754,698,&s=NGDPD,PPPGD,P,NGDPDPC,PPPPC,&sy=1980&ey=2030&ssm=0&scsm=1&sc=0&ssd=1&ssc=0&sic=1&sort=subject&ds=.&br=1](https://data.un.org/Data.aspx?ds=NGDPD&ds2=NGDPDPC&ds3=PPPPC&sy=1980&ey=2030&ssm=0&scsm=1&sc=0&ssd=1&ssc=0&sic=1&sort=subject&ds=.&br=1)

13. Nations Unies, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population. World Population Prospects 2024. New York, 2024. Disponible à : <https://population.un.org/wpp/downloads?folder=Standard%20Projections&group=Most%20used>

Annexe

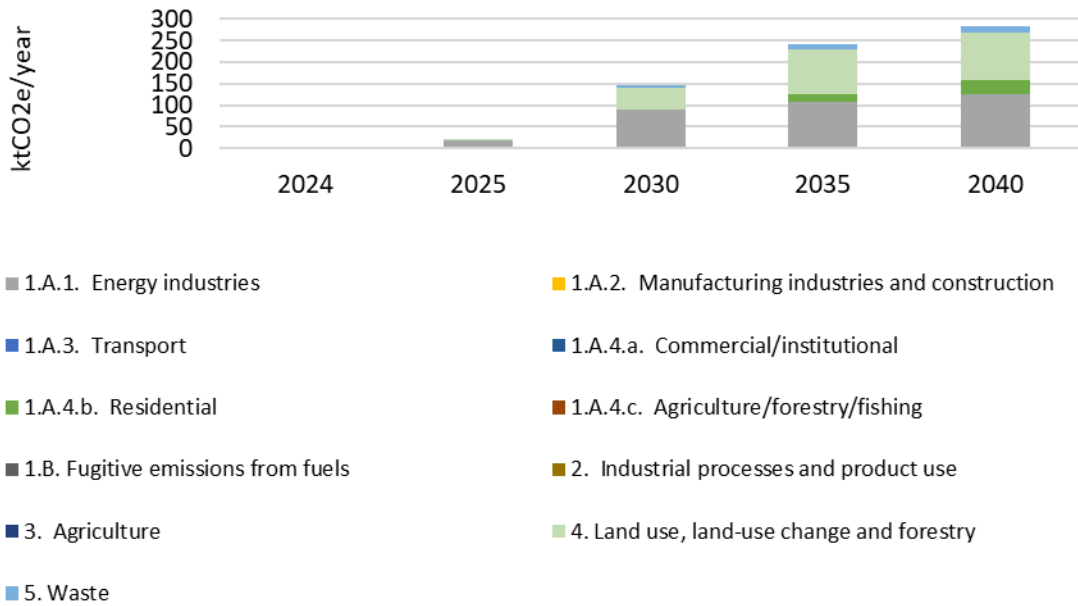


GHG emissions by gases in Mitigation scenario, including LULUCF

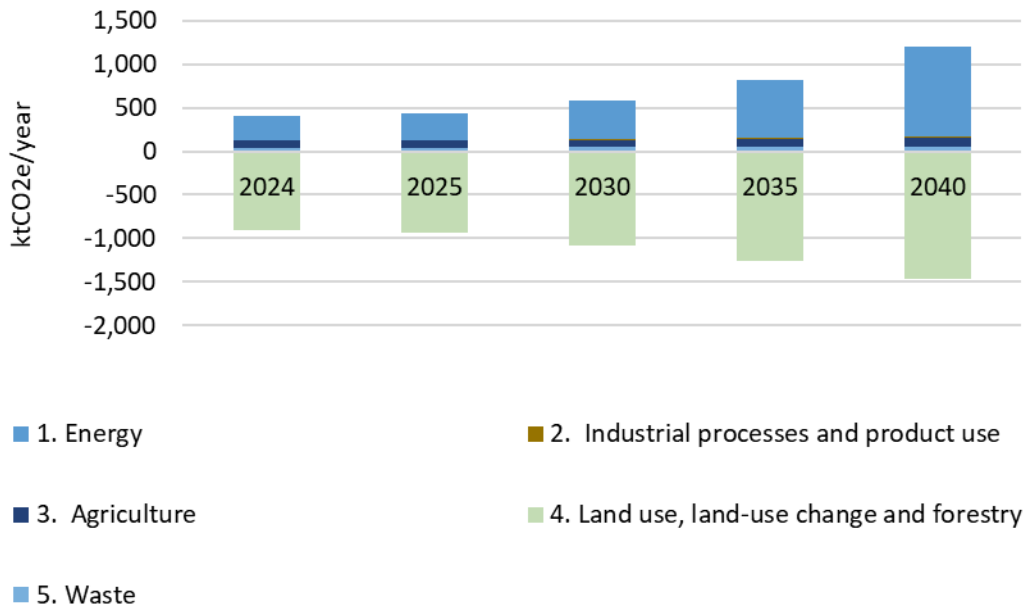


GHG emission reduction by sectors							
ktCO2e/year	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Total	0	19	147	241	283	508	527
1. Energy	0	19	89	125	158	144	163
1.A. Fuel combustion	0	19	89	125	158	144	163
1.A.1. Energy industries	0	19	89	107	126	144	163
1.A.2. Manufacturing industries and construction	0	0	0	0	0	0	0
1.A.3. Transport	0	0	0	0	0	0	0
1.A.4.b. Residential	0	0	0	18	32	0	0
1.A.4.a. Commercial/institutional	0	0	0	0	0	0	0
1.A.4.c. Agriculture/forestry/fishing	0	0	0	0	0	0	0
1.B. Fugitive emissions from fuels	0	0	0	0	0	0	0
2. Industrial processes and product use	0	0	0	0	0	0	0
3. Agriculture	0	0	0	0	0	0	0
4. Land use, land-use change and forestry	0	0	53	105	110	348	348
5. Waste	0	0	5	11	16	16	16

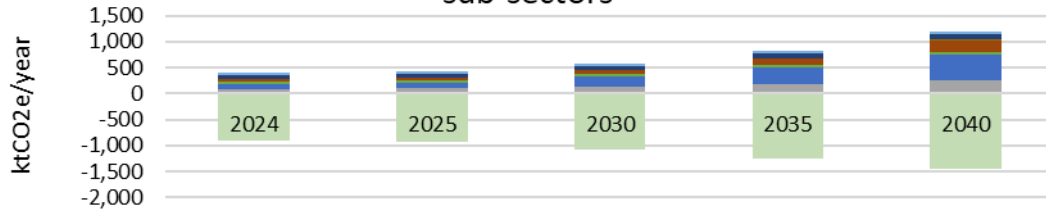
GHG emission reduction by sub-sectors



Total GHG emissions in BAU by sectors

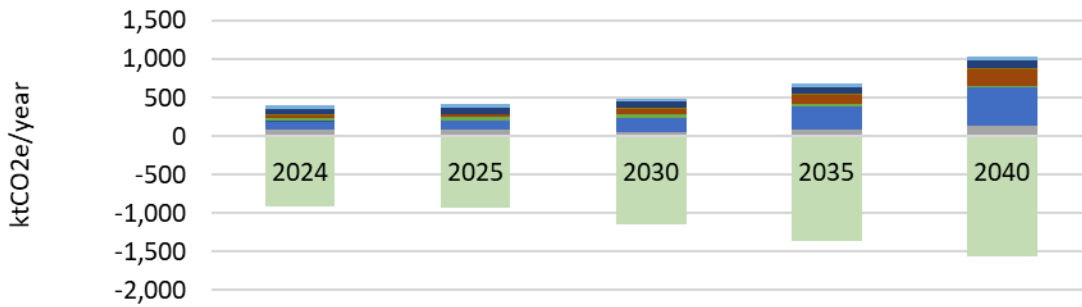


Total GHG emissions in BAU scenario by sub-sectors



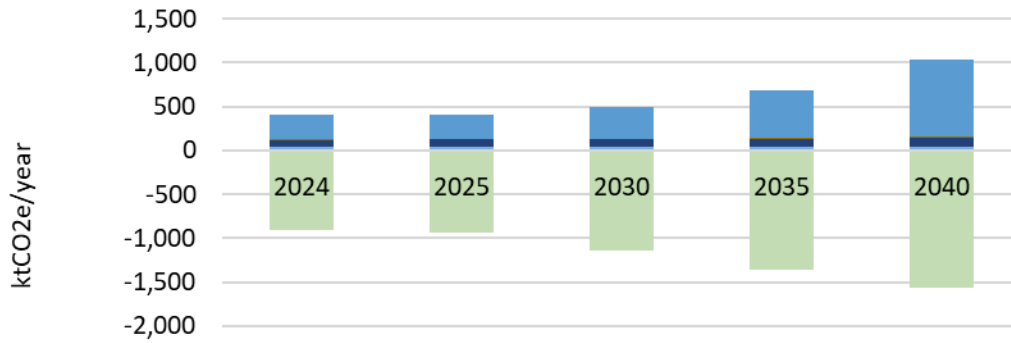
- 1.A.1. Energy industries
- 1.A.2. Manufacturing industries and construction
- 1.A.3. Transport
- 1.A.4.a. Commercial/institutional
- 1.A.4.b. Residential
- 1.A.4.c. Agriculture/forestry/fishing
- 1.B. Fugitive emissions from fuels
- 2. Industrial processes and product use
- 3. Agriculture
- 4. Land use, land-use change and forestry
- 5. Waste

Total GHG emissions in Mitigation Scenario by sub-sectors



- 1.A.1. Energy industries
- 1.A.2. Manufacturing industries and construction
- 1.A.3. Transport
- 1.A.4.a. Commercial/institutional
- 1.A.4.b. Residential
- 1.A.4.c. Agriculture/forestry/fishing
- 1.B. Fugitive emissions from fuels
- 2. Industrial processes and product use
- 3. Agriculture
- 4. Land use, land-use change and forestry
- 5. Waste

Total GHG emissions in Mitigation Scenario by sectors



- 1. Energy
- 2. Industrial processes and product use
- 3. Agriculture
- 4. Land use, land-use change and forestry
- 5. Waste