

Projet ICAT Mali
Livrable H : Résultats
de GACMO et
indicateurs de suivi

Initiative for Climate Action Transparency - ICAT

Résultats de GACMO pour les actions identifiées et indicateurs de suivi

Livrable H

AUTHORS

Agence de l'Environnement et du Développement Durable (AEDD)

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (Citepa)

Septembre 2024

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 Mali. Otherwise, material in this publication may be used, shared, copied, reproduced, printed and/or stored, provided that appropriate acknowledgement is given of Mali and ICAT as the source. In all cases the material may not be altered or otherwise modified without the express permission of Mali.

PREPARED UNDER

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

Supported by:



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

The ICAT project is managed by the United Nations Office for Project Services (UNOPS).



TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	0
1 CONTEXTE DU PROJET	1
1.1 Contexte général	1
1.2 Résultats attendus	2
1.3 Objectif 1 et périmètre du livrable	2
2 Construction du scénario BAU dans GACMO	4
2.1 Principe de fonctionnement	4
2.1.1 Hypothèses	4
2.1.2 Bilan de l'énergie	5
2.1.3 Bilan GES	6
2.1.4 Taux de croissance	8
2.1.5 Bilan énergétique projeté selon le scénario BAU	9
2.1.6 Bilan GES projeté selon le scénario BAU	10
2.1.7 Actions d'atténuation	11
2.1.8 Résultats	16
2.1.9 Suivi du progrès	20

INTRODUCTION

L'Initiative pour la Transparence de l'Action Climatique (ICAT) vise à aider les pays à mieux évaluer les impacts de leurs politiques et actions climatiques et à respecter leurs engagements en matière de Transparence. Pour ce faire, elle accroît les capacités globales de Transparence des pays, notamment la capacité d'évaluer la contribution des politiques et actions climatiques aux objectifs de développement des pays, et fournit des informations méthodologiques et des outils appropriés pour appuyer l'élaboration de politiques fondées sur des données factuelles. L'approche innovante de l'ICAT consiste à intégrer ces deux aspects.

Dans le cadre de ses travaux, l'ICAT soutient le Mali afin de (i) appuyer la mise en place d'un dispositif MRV prenant en compte le reporting de la CDN permettant de renforcer le cadre institutionnel du MRV en renforçant les rôles et responsabilités des acteurs, de compiler l'inventaire national des émissions de GES et l'évaluation / suivi des mesures d'atténuation, (ii) débiter l'évaluation de l'impact des mesures en termes de développement durable sur la base des méthodologies ICAT adéquates, (iii) étudier les possibilités de mise en place d'une plateforme web sur la transparence au niveau de l'Agence de l'Environnement et du Développement Durable, structure en charge de la focalité climat et coordinatrice des inventaires des GES et (iv) partager des connaissances et leçons apprises.

Le présent document relatif au livrable B rentre dans le cadre de la mise en œuvre des activités de l'Objectif 1 du Projet à savoir : Réaliser une analyse du système MRV existant et développer un cadre opérationnel d'inventaire de GES et de quantification de l'impact des mesures d'atténuation. Il vise à faire un état des lieux du système institutionnel et organisationnel ainsi que des données et informations collectées pour l'Inventaire et la dernière CDN.

1 CONTEXTE DU PROJET

1.1 Contexte général

Conscient que la réponse aux effets néfastes des changements climatiques doit être collective, le Mali a adhéré à la dynamique de la communauté internationale en la matière, en signant et en ratifiant la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) respectivement le 22 septembre 1992 et le 28 septembre 1994. Depuis lors, plusieurs jalons politiques, législatifs et institutionnels ont été posés. Il s'agit, entre autres, de :

- la signature du protocole de Kyoto le 27 janvier 1999 et sa ratification le 28 mars 2002 ;
- l'élaboration du programme d'action national d'adaptation (PANA) aux effets néfastes du changement climatique en 2007 ;
- l'élaboration d'une politique et d'une stratégie nationales en matière de changement climatique, assorties d'un plan d'action pour le climat ;
- la création du Fonds Climatique du Mali ;
- la soumission de trois communications nationales à la CCNUCC (2000, 2012, 2017);
- la ratification de l'Accord de Paris le 23 septembre 2016 ;
- la finalisation du premier rapport bisannuel du pays (FBUR) en 2021.

Pour montrer ses engagements, le Mali a été parmi les premiers pays à ratifier l'Accord de Paris le 23 septembre 2016. Après l'entrée en vigueur de l'Accord de Paris, le Mali s'est engagé à respecter son engagement en mettant en œuvre sa CDN. Le pays a développé un plan d'investissement pour la feuille de route et la mise en œuvre de la CDN et s'engage à prendre des mesures d'adaptation et d'atténuation ambitieuses d'ici 2030. La CDN du Mali est basée sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par rapport à un scénario de référence, à raison de 31% de réduction dans l'énergie, 29% dans l'agriculture et 21% dans les changements d'affectation des terres et des forêts. La réduction des émissions du secteur des déchets a été ajoutée lors de la révision de la NDC en 2020 - 2021.

Par ailleurs, il existe également des objectifs de renforcer la transparence des communications climat, que cela soit en termes d'inventaire de GES, de suivi de la mise en œuvre de la CDN ou de suivi des appuis nécessaires et reçus.

Ainsi, il est urgent pour le Mali de mettre en place au niveau de son système de transparence opérationnel afin d'être en mesure de collecter, organiser, traiter et rapporter les données nécessaires à l'inventaire national des émissions de GES ainsi qu'à l'évaluation et au suivi des actions d'atténuation prévues dans la CDN et mises en place au niveau national. Ce système permettra de clarifier et formaliser les tâches, les outils, les données et les indicateurs nécessaires afin que le Mali soit en capacité de suivre la mise en œuvre et les impacts des actions d'atténuation notamment afin de préparer les travaux de compilation et rapportage de son futur Rapport Biennal de Transparence (BTR) pour 2024.

1.2 Résultats attendus

Le soutien technique fourni au pays permettra de contribuer aux résultats suivants :

- Des recommandations sont faites pour la mise en place d'arrangements institutionnels permettant de notifier les rapports nationaux de manière régulière et pérenne ;
- Le Mali peut rapporter l'inventaire national des émissions de GES et le suivi des actions d'atténuation dans le cadre de son RBT et opérationnalise son système national de transparence pour pérenniser ces actions ;
- Mise à jour de l'inventaire national des GES jusqu'en 2020 en utilisant les méthodes du GIEC et renforcement des capacités pour collecter les informations de manière continue ;
- Mise à jour de l'analyse des mesures d'atténuation des 4 secteurs (Agriculture, Foresterie, Energie et Déchets) de la CDN en utilisant GACMO ;
- Le Mali applique les méthodes ICAT afin d'évaluer les impacts de certaines politiques et mesures d'atténuation de la CDN en termes de « développement durable » ;
- Le Mali dispose d'éléments techniques de comparaison afin de lancer le développement d'une plateforme web sur la transparence au niveau national ;
- Les connaissances et leçons apprises sont partagées parmi les experts identifiés participant au cadre national de transparence et au niveau international et à toutes les parties prenantes.

1.3 Objectif 1 et périmètre du livrable

L'objectif de ce livrable est de réaliser une analyse du système MRV existant et développer un cadre opérationnel d'inventaire de GES et de quantification de l'impact des mesures d'atténuation

Ce rapport compile les informations présentées dans les rapports suivants :

[1] Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable, *BUR 2017-2019, Premier Rapport biennal du Mali, 2023*

[2] Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable, *Contribution Déterminée Nationale révisée du Mali (CDN), 2020 ;*

[3] Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable, *Rapport de la 3ème Communication Nationale du Mali à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2017 ;*

[4] Agence de l'Environnement et du Développement Durable (AEDD), *Étude visant la conception d'un système MRV intégré du projet Initiative pour la Transparence de l'Action Climatique (ICAT). Mission n°1 : Rapport de l'état des lieux des systèmes existants au Mali, Août 2024*

[5] Agence de l'Environnement et du Développement Durable (AEDD), *Étude visant la conception d'un système MRV intégré du projet Initiative pour la Transparence de l'Action Climatique (ICAT). Mission n°3 : Feuille de route relative à la mise en œuvre du système MRV intégré au Mali, Août 2024*

2 Construction du scénario BAU dans GACMO

2.1 Principe de fonctionnement

La première fonctionnalité qu'offre l'outil GACMO est l'établissement d'un scénario *Business as usual* ou BAU d'émissions de gaz à effet de serre. Ce scénario est décliné à plusieurs horizons : 2025, 2030, 2035 et 2050.

Afin de déterminer ce scénario, plusieurs données d'entrée doivent être renseignées dans l'outil GACMO.

2.1.1 Hypothèses

Cet onglet **Hypothèses**, ou *Assumption sheet*, comprend des données d'entrée générales. Certaines sont pré-remplies avec des données génériques. Toutes peuvent être modifiées par l'utilisateur pour correspondre à la situation du pays étudié.

On y retrouve :

- Informations générales sur le pays (nom, population, PIB de l'année de départ)
- Année de départ, correspondant à l'année la plus récente de l'inventaire et à l'année de remplissage du bilan énergétique
- Informations monétaires (monnaie utilisée dans l'outil, taux de change \$)
- Prix des carburants fossiles : pétrole, gaz naturel et charbon
- Caractéristiques énergétiques des carburants (densités, PCI)
- Prix de l'électricité
- Facteur d'émission moyen du réseau
- Perte du réseau
- Facteurs d'émission sectoriels (pour le CO₂, CH₄ et le N₂O)
- Potentiels de réchauffement (GWP pour le CH₄ et le N₂O)

Step 1 - Assumptions

Basic country information	
<u>Country:</u>	Mali
<u>Start year (latest inventory):</u>	2017
<u>Currency:</u>	Currency Y
<u>Exchange rate used (1US\$=):</u>	4
<u>Discount rate =</u>	7,0%

Energy prices used for the entire future period:		
Crude oil	50,0	US\$/bbl
Crude oil	0,31	US\$/litre
LNG	3,3	US\$/MBTU
Natural gas	3,1	US\$/GJ
Coal	50	US\$/ton

Fuel prices for the entire future period & fuel physical-chemical properties													
	LPG	Gasoline	Bioethanol	Jet Fuel	Diesel oil	Biodiesel	Heavy Fuel Oil	Kerosene	Coal	Coke	Petroleum coke	Lignite	Natural Gas
Distillate price/crude oil price (litre/litre)	0,90	1,40		1,40	1,20		0,80	1,40					
Fuel price (US\$/liter)	0,28	0,44	0,83	0,44	0,38	1,20	0,25	0,44					
Fuel price (US\$/GJ)	11,1	13,1		12,3	10,4		6,4	12,3	2,0	2,0	2,0		3,1
Fuel density (t/m3)	0,54	0,75	0,76	0,80	0,84	0,88	0,98	0,80					(MJ/Nm3)
Fuel calorific value (GJ/t)	47,3	44,8	26,8	44,6	43,3	26,8	40,2	44,8	25,0	28,0	31,0	18,3	39,0

Electricity	
Electricity price and grid information	Grid 1
US\$/kWh	0,20

Grid Emission Factor (tCO2/MWh)	
Combined Margin (CM) Solar & Wind	0,4855
Combined Margin (CM) Other	0,4855
Electricity grid losses & own consumption	14,6%

This value will be imported from step 2

Sector specific Emission factors (kg GHG/GJ)				
Sector	Emission factors	CO2	CH4	N2O
Power plant	Fuel oil	77,4	0,003	0,0006
	Diesel oil	74,1	0,003	0,0006
	Gasoline	69,3	0,003	0,0006
	Jet fuel	71,5	0,003	0,0006
	Kerosene	71,9	0,003	0,0006
	LPG	63,1	0,001	0,0001
	Natural gas	56,1	0,001	0,0001
	Coal	94,6	0,001	0,0014
	Lignite	101,2	0,001	0,0014
Industry	Oil		0,002	0,0006
	Natural gas	as above	0,005	0,0001
	Coal		0,010	0,0014
	Charcoal		0,200	0,0040
Residential	Oil		0,010	0,0006
	Natural gas	as above	0,005	0,0001
	Coal		0,300	0,0014
	Charcoal		0,200	0,0040

Global warming potentials:	SAR	AR4	AR5	GWP used	Unit	TAR
1 Ton CH4 =	21	25	28	28	Ton CO2	23
1 Ton N2O =	310	298	265	265	Ton CO2	296

Population and GDP in start year	2017
Population (thousands)	1877
GDP (Current MUS\$)	141

Figure 1 : Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet Assumptions

2.1.2 Bilan de l'énergie

L'onglet suivant Bilan de l'énergie ou *Energy Balance*, doit être entièrement complété par l'utilisateur avec les données du bilan de l'énergie de l'année de départ sélectionnée. Le tableau à remplir comporte une liste de secteurs d'activité en lien avec une consommation d'énergie potentielle. Pour chaque catégorie pertinente doivent être renseignées les consommations (en TJ ou en Mt) pour chaque type de combustible fossile.

Dans le cadre de l'adaptation de l'outil au contexte du Mali, le bilan de l'énergie de l'année 2017 a été utilisé pour renseigner cet onglet. Le tableau rempli est présenté dans la capture d'écran ci-dessous :

Energy balance in TJ - Mali - Start year - 2017													
Fossil fuel energy balance in TJ	LPG	Gasoline	Jet Fuel	Diesel	HFO	Kerosene and other	Total oil products	Coal	Lignite	Natural Gas	Coke	Petrocoke	Total energy (fossil)
Unit	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
Total all energy consumption	670	16 161	2 805	38 770	8 039	84	66 529	-	-	-	-	-	66 529
Fossil power plants	-	-	-	13 733	8 039	-	21 772	-	-	-	-	-	21 772
Final sector consumption	670	16 161	2 805	25 037	-	84	44 757	-	-	-	-	-	44 757
Industry - steel													
Industry - chemical													
Industry - non metallic mineral													
Industry - food processing and beverage													
Industry - construction													
Industry - mining													
Industry - machinery													
Industry - non ferrous metals													
Industry - paper and pulp													
Industry - transport equipment													
Industry - textile and leather													
Industry - miscellaneous													
Transport - road		14 528		15 910			30 438						30 438
Transport - rail				5 694			5 694						5 694
Transport - domestic air			2 805				2 805						2 805
Transport - navigation		1 633		1 130			2 763						2 763
Households	544					84	628						628
Services	126						126						126
Agriculture & Fishery				2 303			2 303						2 303
Non energy - chemical feedstocs													

Figure 2 : Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet Energy Balance

En parallèle sur le même onglet doit être renseigné le bilan de l'électricité pour la même année de référence. La capture d'écran ci-dessous présente le tableau du bilan de l'électricité pour le Mali sur l'année de référence 2017 :

Start year electricity balance in GWh						
Electricity consumption	GWh		Electricity production	GWh	Share of production	Efficiency
Total consumption	2 640		Total	3 091		
Industry - steel			Losses	451	14,6%	
Industry - chemical			Fossil	1 590	51,4%	
Industry - non metallic mineral			Lignite		0,0%	0%
Industry - food processing and beverage			Coal		0,0%	0%
Industry - construction		[1]	Oil	1 835	59,4%	30%
Industry - mining	930		Natural Gas		0,0%	0%
Industry - machinery			Nuclear		0,0%	
Industry - non ferrous metals			Net import	- 245	-7,9%	
Industry - paper and pulp			Renewables	1 501	48,6%	
Industry - transport equipment		[1]	Hydro	1 498	48,4%	
Industry - textile and leather			Wind		0,0%	
Industry - miscellaneous		[1]	Solar	4	0,1%	
Transport - road			Biomass		0,0%	
Transport - rail			Geothermal		0,0%	
Transport - domestic air						
Transport - navigation						
Households	1 093	[1]				
Services	616	[1]				
Agriculture & Fishery						
Non energy - chemical feedstocs						

Electricity import and export	GWh
Import	337
Export	582

Figure 3 : Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet Energy Balance (electricity balance)

2.1.3 Bilan GES

Cette feuille de calcul comprend les données relatives aux émissions de GES ventilées par secteur

d'activité pour l'année de départ. Certaines émissions sont automatiquement calculées, dont les émissions de CO2 provenant de la combustion des carburants. Les autres émissions de gaz à effet de serre des secteurs non énergétiques doivent être renseignées par l'utilisateur. Les émissions de CH4 et de N2O provenant de la combustion de combustibles doivent être également renseignées.

Pour remplir cet onglet dans le cadre de l'utilisation de l'outil au Mali, les émissions ont été extraites du premier rapport biennal du Mali (version finale d'aout 2023), en particulier les tableaux suivants :

- Tableau 8 : Emissions des GES directs présentés par secteur et par catégorie en 2004 et 2017
- Tableau 27 : Bilan désagrégé des émissions par sous-secteur AFAT et par type de gaz
- Tableau 36 : Inventaire année 2017

Les captures d'écran ci-dessous présentent le bilan de GES remplis pour le Mali sur l'année de référence 2017 :

CO2 Balance - Mali - Start year - 2017													
Unit : ktCO2-equivalents	LPG	Gasoline	Jet Fuel	Diesel	HFO	Kerosene and other	Total oil products	Coal	Lignite	Natural Gas	Coke	Petrocoke	Total
Ton CO2/Toe (IPCC):	2,64	2,90	2,99	3,10	3,24	3,01		3,96	4,24	2,35	4,53	4,20	
Total	42	1 120	201	2 872	622	6	4 862	0	0	0	0	0	4 862
Fossil power plants	0	0	0	1 017	622	0	1 639	0	0	0	0	0	1 639
FINAL CONSUMPTION	42	1 120	201	1 854	0	6	3 223	0	0	0	0	0	3 223
Industry - steel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - chemical	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - non metallic mineral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - food processing and beverage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - construction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - mining	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - machinery	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - non ferrous metals	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - paper and pulp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - transport equipment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - textile and leather	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry - miscellaneous	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport - road	0	1 007	0	1 178	0	0	2 185	0	0	0	0	0	2 185
Transport - rail	0	0	0	422	0	0	422	0	0	0	0	0	422
Transport - domestic air	0	0	201	0	0	0	201	0	0	0	0	0	201
Transport - navigation	0	113	0	84	0	0	197	0	0	0	0	0	197
Households	34	0	0	0	0	6	40	0	0	0	0	0	40
Services	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8
Agriculture & Fishery	0	0	0	171	0	0	171	0	0	0	0	0	171
Non energy - chemical feedstocs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Non-CO2 emissions from fuel combustion, non-fuel combustion sectors	ktCO2e
CH4 from energy combustion	703
N2O from energy combustion	247
Total Agriculture	87 342
Enteric fermentation	25 967
Manure management	61 376
Rice cultivation	
N2O from agricultural soils	
Burning of agricultural residues	
Fugitive (CH4)	0
Forestry	-325 309
Waste - solid	471
Waste - liquid	0
Industrial processes	421
Total Non-CO2 emissions from fuel combustion, non-fuel combustion sectors	-236 125
Total GHG emissions	-231 262

Figure 4 : Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet GHG Balance

2.1.4 Taux de croissance

Dans cet onglet de calcul, l'utilisateur doit formuler des hypothèses de croissance sur différentes périodes allant de l'année de départ à 2050 :

- La croissance des indicateurs du pays (population et PIB) ;
- La croissance attendue de la consommation d'énergie pour les différents secteurs d'activité ;
- La croissance attendue des émissions pour les secteurs non énergétiques.

L'outil GACMO utilise ces paramètres de croissance pour créer les projections des consommations énergétiques et des émissions de GES dans le scénario de référence (scénario BAU). Les indicateurs relatifs à l'évolution de la population et du PIB ne sont pas utilisés dans les projections mais dans les estimations d'émission par habitant ou par PIB.

Ces taux de croissance doivent être le résultat d'un travail de projection préalable au remplissage de l'outil GACMO. En l'absence de travail de modélisation, l'outil GACMO propose des valeurs génériques rentrées par défaut dans le tableau. Ce sont ces valeurs par défaut qui ont été utilisées lors de l'adaptation de l'outil pour le Mali. Ce point ouvre la porte à des améliorations futures de l'usage de l'outil afin d'en tirer des projections plus fines.

Growth from the start year - Mali									
Growth and multiplication factors	Annual % increase in the period				% increase from start year values				
	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Socioeconomic growth factors									
Population growth	0,83%	0,83%	0,83%	0,50%	7%	11%	16%	25%	
GDP growth	4,10%	4,10%	4,10%	3,00%	38%	69%	106%	221%	
Industrial energy growth factors	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Industry - fuel in steel	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in chemical	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in non metallic mineral	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in food and beverage	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in construction	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in mining	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in machinery	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in non ferrous metals	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in paper and pulp	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in transport equipment	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in textile and leather	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - fuel in miscellaneous	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industry - electricity consumption	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Industrial processes	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	0%	0%	0%	
Transport energy growth factors	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Transport - fuel in road	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Transport - fuel in rail	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Transport - fuel in air	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Transport - fuel in navigation	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Transport - electricity consumption	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Household energy growth factors	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Households - LPG	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Households - Kerosene	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Households - electricity consumption	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Service sector energy growth factors	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Services - fuel	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Services - electricity consumption	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Agriculture energy/emission growth factors	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Agriculture - fuel	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Agriculture - electricity consumption	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Non energy - fuel in chemical feedstocs	6,0%	6,0%	6,0%	2,0%	59%	113%	185%	284%	
Livestock emissions	3,0%	3,0%	3,0%	1,0%	27%	47%	70%	98%	
Rice emissions	3,0%	3,0%	3,0%	1,0%	27%	47%	70%	98%	
N2O from agricultural soils	3,0%	3,0%	3,0%	1,0%	27%	47%	70%	98%	
Biomass burning	3,0%	3,0%	3,0%	1,0%	27%	47%	70%	98%	
Forestry emission	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	0%	0%	0%	
Waste sector emission growth factors	2017 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050	2025	2030	2035	2050	
Solid waste emissions	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	0%	0%	0%	
Liquid waste emissions	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	0%	0%	0%	

Figure 5 : Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet Growth

2.1.5 Bilan énergétique projeté selon le scénario BAU

Dans cet onglet ressortent les projections des bilans énergétiques pour les années 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, et 2050 pour le scénario BAU. Ces projections sont le résultat de calculs de l'outil GACMO sur la base des données d'entrées fournies.

Pour estimer ces bilans énergétiques, l'outil GACMO se base notamment sur les taux de croissance renseignés précédemment :

$$Energy\ consumption\ in\ BAU\ scenario_{Sector, Fuel} = Energy\ consumption_{Start\ Year, Sector, Fuel} \times Growth\ Rate_{Sector, Fuel}$$

Les captures d'écran ci-dessous donnent les projections pour l'année 2030 :

Fossil fuel balance - 2030 - Mali													
ktoe units	LPG	Gasoline	Jet Fuel	Diesel	Fueloil	Kerosene and other	Total oil products	Coal	Lignite	Gas	Coke	Petrocoke	Total
Unit	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe
Total consumption	34	823	143	1 975	410	4	3 389	-	-	-	-	-	3 389
Fossil power plants	-	-	-	700	410	-	1 109	-	-	-	-	-	1 109
FINAL CONSUMPTION	34	823	143	1 275	-	4	2 280	-	-	-	-	-	2 280
Industry - steel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - chemical	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - non metallic mineral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - food processing and beverage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - construction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - mining	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - machinery	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - non ferrous metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - paper and pulp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - transport equipment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - textile and leather	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - miscellaneous	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport - road	-	740	-	811	-	-	1 551	-	-	-	-	-	1 551
Transport - rail	-	-	-	290	-	-	290	-	-	-	-	-	290
Transport - domestic air	-	-	143	-	-	-	143	-	-	-	-	-	143
Transport - navigation	-	83	-	58	-	-	141	-	-	-	-	-	141
Households	28	-	-	-	-	4	32	-	-	-	-	-	32
Services	6	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	6
Agriculture & Fishery	-	-	-	117	-	-	117	-	-	-	-	-	117
Non energy uses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Electricity balance in GWh - 2030						
Electricity consumption	Gwh	Electricity production	Gwh	Share of production	Efficiency	
Total consumption	5 631	Total	6 594			
Industry - steel	-	Losses	963	14,6%		
Industry - chemical	-	Fossil	3 391	51,4%		
Industry - non metallic mineral	-	Lignite	-	0,0%	0%	
Industry - food processing and beverage	-	Coal	-	0,0%	0%	
Industry - construction	-	Oil	3 914	59,4%	30%	
Industry - mining	1 984	Natural Gas	-	0,0%	0%	
Industry - machinery	-	Nuclear	-	0,0%		
Industry - non ferrous metals	-	Net import	- 523	-7,9%		
Industry - paper and pulp	-	Renewables	3 202	48,6%		
Industry - transport equipment	-	Hydro	3 194	48,4%		
Industry - textile and leather	-	Wind	0	0,0%		
Industry - miscellaneous	-	Solar	8	0,1%		
Transport - road	-	Biomass	0	0,0%		
Transport - rail	-	Geothermal	0	0,0%		
Transport - domestic air	-					
Transport - navigation	-					
Households	2 332					
Services	1 315					
Agriculture & Fishery	-					
Non energy - chemical feedstocs	-					

Figure 6 : Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet BAU projected Energy Balances

2.1.6 Bilan GES projeté selon le scénario BAU

Cette feuille de calcul comprend les futures émissions de GES pour les années 2025, 2030, 2035 et 2050. Les données de cet onglet sont automatiquement calculées par l'outil GACMO sur la base des formules suivantes :

$$Emissions_{BAU\ scenario} = \sum Emissions_{CO2\ emissions\ from\ fuel\ combustion} + \sum Emissions_{Non-CO2\ emissions,\ non-fuel\ combustion\ sectors}$$

$$Emissions_{CO2\ emissions\ from\ fuel\ combustion} = \sum Energy\ consumption\ in\ BAU\ scenario_{Sector,\ Fuel} \times Emission\ factor_{Sector,\ Fuel}$$

$$Emissions_{non-CO2\ emissions, non-fuel\ combustion\ sectors} = \sum Emissions_{Start\ Year} \times Growth\ Rates_{sector}$$

Les résultats de cette feuille de calcul pour le Mali se retrouve dans la capture d'écran ci-dessous :

CO2 emissions from fuel combustion - 2030 - Mali													
ktCO2	LPG	Gasoline	Jet Fuel	Diesel	Fueloil	Kerosene and other	Total oil products	Coal	Lignite	Gas	Coke	Petrocoke	Total
Unit	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt
Total	90	2 389	428	6 125	1 327	13	10 371	-	-	-	-	-	10 371
Fossil power plants	-	-	-	2 170	1 327	-	3 496	-	-	-	-	-	3 496
FINAL CONSUMPTION	90	2 389	428	3 955	-	13	6 875	-	-	-	-	-	6 875
Industry - steel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - chemical	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - non metallic mineral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - food processing and beverage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - construction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - mining	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - machinery	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - non ferrous metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - paper and pulp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - transport equipment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - textile and leather	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industry - miscellaneous	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport - road	-	2 147	-	2 513	-	-	4 661	-	-	-	-	-	4 661
Transport - rail	-	-	-	900	-	-	900	-	-	-	-	-	900
Transport - domestic air	-	-	428	-	-	-	428	-	-	-	-	-	428
Transport - navigation	-	241	-	179	-	-	420	-	-	-	-	-	420
Households	73	-	-	-	-	13	86	-	-	-	-	-	86
Services	17	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	17
Agriculture & Fishery	-	-	-	364	-	-	364	-	-	-	-	-	364
Non energy uses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Non-CO2 emissions from fuel combustion, non-fue	ktCO2e
CH4 from energy combustion	1 499
N2O from energy combustion	527
Total Agriculture	128 265
Enteric fermentation	38 133
Manure management	90 132
Rice cultivation	-
N2O from agricultural soils	-
Burning of agricultural residues	-
Fugitive (CH4)	-
Forestry	- 325 309
Waste - solid	471
Waste - liquid	0
Industrial processes	421
Total Non-CO2 emissions from fuel combustion, non-fue	- 194 126
Total GHG emission	- 183 755

Figure 7: Captures d'écran de l'outil GACMO rempli pour le Mali - onglet BAU projected Energy Balances

2.1.7 Actions d'atténuation

Une fois les différents scénarios BAU construits par l'outil GACMO sur la base des données d'entrée décrites précédemment, l'outil GACMO ouvre à l'utilisateur l'onglet Options d'atténuation ou *Mitigation Options*.

Il existe 119 options préremplies sur l'outil divisées dans grandes catégories :

- Agriculture
- Énergie biomasse
- CCS

- Ciment
- Méthane des mines de charbon
- Efficacité énergétique - bâtiment
- Efficacité énergétique - l'industrie
- Efficacité énergétique - auto-génération
- Efficacité énergétique – services
- Efficacité énergétique – offre énergétique
- Distribution d'énergie
- Forêts
- Sortie des énergies fossiles
- Émissions fugitives
- Géothermie
- HFCs, PFCs, SF6
- Hydro
- Déchets
- Énergies marines
- Émissions évitées de méthane
- N2O
- Solaire
- Transport
- Éolien

Le scénario d'atténuation est établi en estimant les potentiels de réduction des émissions, par rapport au scénario BAU, pour les années 2025, 2030, 2035 et 2050 en intégrant les réductions d'émissions calculées pour les différentes options d'atténuation enclenchées par l'utilisateur. Ces réductions d'émissions prennent également en compte le contexte national renseigné au travers des indicateurs remplis dans les premiers onglets de l'outil. Ainsi, une option d'atténuation, activée identiquement (même nombre d'unités pénétrant sur la même période) n'aura pas les mêmes réductions d'émission d'un pays à l'autre.

Le principe de calcul de ces réductions d'émissions suit les formules suivantes :

$$Emissions_{mitigation\ scenario} = Emissions_{BAU\ scenario} - Total\ Emissions\ reduction_{selected\ mitigation\ options}$$

$$Total\ Emissions\ reduction_{selected\ mitigation\ options} = \sum Emission\ reduction_{mitigation\ option}$$

$$Emission\ reduction_{mitigation\ option} = Emissions_{reference\ option} - Emissions_{reduction\ option}$$

Les formules de réduction d'émissions varient pour chacune des options d'atténuation. Pour exemple, la formule de calcul des réductions d'émission pour l'option d'atténuation *LED lamps* est la suivante :

$$Emissions_{reduction\ option}(tCO_2) = \frac{Electricity_{LED\ lamps}(MWh) \times Grid\ emission\ factor(\frac{tCO_2}{MWh})}{(1 - Grid\ losses\ \%)}$$

Pour le remplissage de l'outil GACMO dans le cadre du suivi de la CDN du Mali, les options d'atténuation activées ont été sélectionnées et adaptées sur la base de la CDN actualisée du Mali.

En effet, seules certaines des actions de la CDN du Mali ont pu être transcrites dans l'outil GACMO via les options d'atténuation disponibles dans ce dernier.

Le tableau ci-dessous regroupe les 10 (dix) options d'atténuation activées dans le cadre de cet exercice d'adaptation de l'outil GACMO pour le suivi de la CDN du Mali (réalisé en septembre 2024) :

°	Secteur	Mesure d'atténuation (dans Rapport CDN révisée)	Mesure d'atténuation (dans GACMO)	Type d'unités	Nombres d'unité à implémenter d'ici 2030
1	Efficacité énergétique du bâtiment	100% de la population cuisinant à la biomasse utilise des fourneaux à biomasse à rendement amélioré d'ici à 2030	Efficient wood stoves	1000 stoves	1 93
2	Efficacité énergétique dans l'industrie	Augmenter l'efficacité énergétique dans l'industrie de 21% en 2030	Energy efficiency in industry	10% red. of energy demand	2,
3	Distribution d'énergie	Réduire les pertes de transmission et de distribution d'électricité du réseau à 10% en 2030	Efficient electric grids	1 GWh loss reduction	30
4	AFAT	Le Programme 2 : Le Plan National de Reboisement (PNR).	Reforestation	Reforestation of 1000 ha	34
5	AFAT	Le programme 3 : Renforcement de la séquestration du carbone forestier par la mise sous aménagements forestiers et exploitants contrôlés des formations forestières dans les domaines classés (forêts classées, aires protégées) et non classé de l'Etat (domaine protégé) et celui des particuliers.	REDD: Avoided deforestation	No deforestation of 1000 ha	1 00
6	AFAT	Le Programme 1 : Programme intégré avec les secteurs de l'industrie et des collectivités territoriales portant sur le Développement de la Production de gomme arabique et autres PFNL et résilience des écosystèmes agro-forestiers des zones arides et semis arides et les communautés locales.	Reforestation with agroforestry	Reforestation of 1000 ha	20
7	Energie - Hydro	Construire une centrale hydroélectrique de 6,8 MW à SOTUBA (Production 82 GWh) + Construire une centrale hydroélectrique de 63 MW à Mali Sénégal Mauritanie Boueina/Kayes (Production 560/620 GWh)	Hydro power connected to main grid	1 MW	69,
8	Energie - Solaire	Construire la centrale solaire photovoltaïque Akuo Energy Kita de 60 MW (Production 76,02 GWh)	Solar PVs, large grid	1 MW	7

9	Transport	5,4% du diesel remplacé par du biodiesel d'ici 2030	5,4% biodiesel blend in all diesel	5,4% blend in transport	
10	Transport	11% de l'essence remplacée par du bioéthanol d'ici 2030	11% Bioethanol blend in all gasoline	11% blend in transport	

Tableau 1 : Options d'atténuation activées dans l'outil GACMO dans le cadre du suivi de la CDN du Mali (source : Citepa, septembre 2024)

Chaque option d'atténuation est caractérisée par un ensemble de données, certaines modifiables dans l'onglet *technique*¹. Afin de générer les réductions d'émission dans l'outil GACMO, un nombre d'unité à implémenter à l'horizon 2030 doit être renseigné pour chacune des options. L'année 2030 correspond en effet à l'année d'implémentation des objectifs du Mali dans la CDN actualisée d'octobre 2021.

Les nombres d'unité à implémenter d'ici 2030 sont directement tirés de la CDN actualisée du Mali lorsque cela s'avère possible (construction de centrale solaire par exemple), ou sont le résultat de conversion des objectifs de cette dernière afin de les retranscrire en nombre d'unité selon le référentiel de l'outil GACMO (efficacité énergétique dans l'industrie). Pour cela, certaines hypothèses ont dû être établies, toutes détaillées dans l'outil GACMO en commentaire des cases correspondantes. Une amélioration envisageable de l'outil serait une revue complète des hypothèses de chacune des actions enclenchées, par des experts sectoriels du Mali.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des options d'atténuation GACMO activées dans le cadre de l'exercice d'adaptation de l'outil au contexte malien. On retrouve dans ce tableau, pour chaque action, les réductions d'émissions par unité, les réductions d'émissions estimées d'ici 2030 par an, la part de ces réductions sur les émissions totales, ainsi que les surcoûts engendrés.

¹ Pour accéder à cet onglet technique, l'utilisateur doit cliquer sur le nom de l'option d'atténuation dans l'onglet *Mitigation option*.

Tableau 2 : Résultats du scénario d'atténuation GACMO (source : Citepa 2024)

Secteur	Mesure d'atténuation (dans GACMO)	Type d'unités	Nombres d'unité à implémenter d'ici 2030	Réduction d'émission par unité (tCO2e/unit)	Réduction d'émission d'ici 2030 (ktCO2e/an)	Part des émissions totales	Surcoût d'investissement (MUS\$)	Surcoût annuel (M\$/an)
Efficacité énergétique du bâtiment	Efficient wood stoves	1000 stoves	1 934	1 338	2 588	-1,4%	97	-594,08
Efficacité énergétique dans l'industrie	Energy efficiency in industry	10% red. of energy demand	2,1	73 025	153	-1,5%	6	0,58
Distribution d'énergie	Efficient electric grids	1 GWh loss reduction	303	486	147	-1,6%	291	21,37
AFAT	Reforestation	Reforestation of 1000 ha	340	3 667	1 247	-2,3%	204	19,26
AFAT	REDD: Avoided deforestation	No deforestation of 1000 ha	1 000	3 667	3 667	-4,2%	-403	-38,07
AFAT	Reforestation with agroforestry	Reforestation of 1000 ha	200	3 667	733	-4,6%	270	- 0,48
Energie - Hydro	Hydro power connected to main grid	1 MW	69,8	1 923	134	-4,7%	79	-48,08
Energie - Solaire	Solar PVs, large grid	1 MW	74	886	66	-4,8%	59	-20,83
Transport	5,4% biodiesel blend in all diesel	5,4% blend in transport	1	193 943	194	-4,9%	-	71,64
Transport	11% Bioethanol blend in all gasoline	11% blend in transport	1	236 218	236	-5,0%	-	95,13
Investissement total				603				
Coût annuel total				- 494				



Sur cet même onglet *Mitigation options*, l'outil GACMO fournit un tableau récapitulatif des réductions d'émissions par secteur, comparées par rapport aux émissions de ces mêmes secteurs selon le scénario de référence en 2030 :

Tableau 3 : Récapitulatif des réductions d'émissions et des émissions du BAU (source : Citepa 2024)

GHG emissions: ktCO2e in 2030	BAU	Reduction	New total
Fossil power plants	5 522	347	5 175
Industry	421	153	268
Transport	6 408	430	5 978
Households	1 934	2 588	-654
Services	17	0	17
Agriculture & Fishery	128 629	0	128 629
Forestry	-325 309	5 647	-330 956
Waste	471	0	471
Total	-181 907	9 165	-191 072

2.1.8 Résultats

L'avant dernier onglet de l'outil GACMO propose un ensemble de différentes visualisations des résultats des calculs de l'outil, avec plusieurs focus et période. Des graphes sont également générés sur cet onglet.

Il est important de rappeler à ce stade que les résultats présentés ci-dessous n'intègrent qu'une partie des engagements en matière d'atténuation exprimés par le Mali dans sa CDN actualisée d'octobre 2021. En effet, et comme détaillé au début de ce rapport, certaines des actions d'atténuation explicitées dans la CDN du Mali n'ont pu être transcrites dans l'outil GACMO, comme c'est le cas pour les actions d'atténuation en lien avec l'agriculture, difficilement transposables dans l'outil. Par conséquent, les résultats générés par GACMO doivent être interprétés en tenant compte de cette limitation.

Parmi ces visualisations, le tableau ci-dessous illustre les réductions d'émissions totales, sur l'ensemble des secteurs, en comparaison avec les émissions projetées dans le scénario BAU :

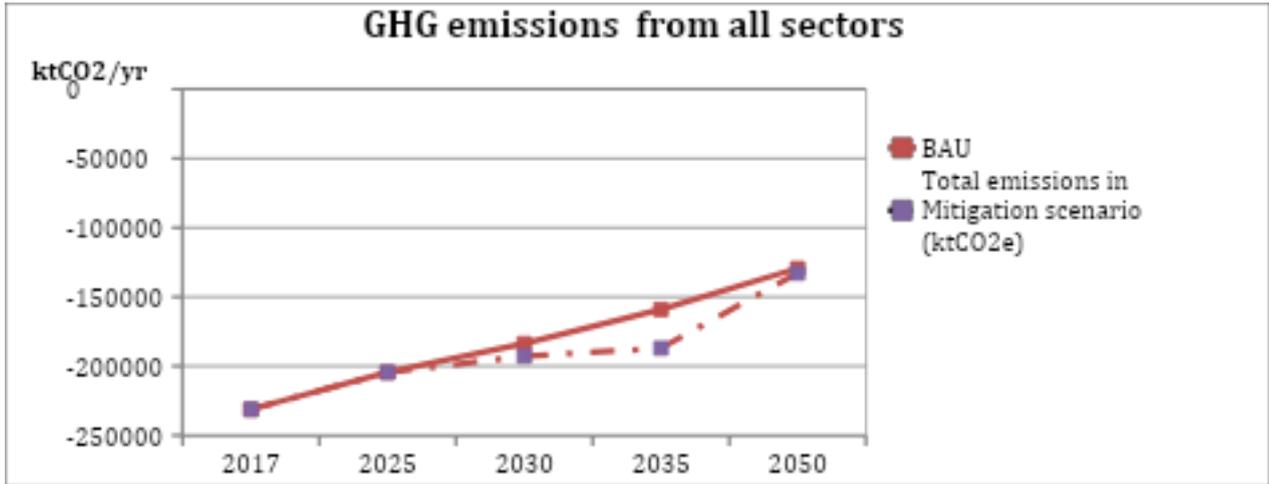


Figure 8 :Emissions de GES sur l'ensemble des secteurs dans le scénario BAU et le scénario CDN partielle (source : Citepa 2024 via GACMO)

Les deux graphes suivants proposent une visualisation des émissions et des réductions d'émissions par secteur :

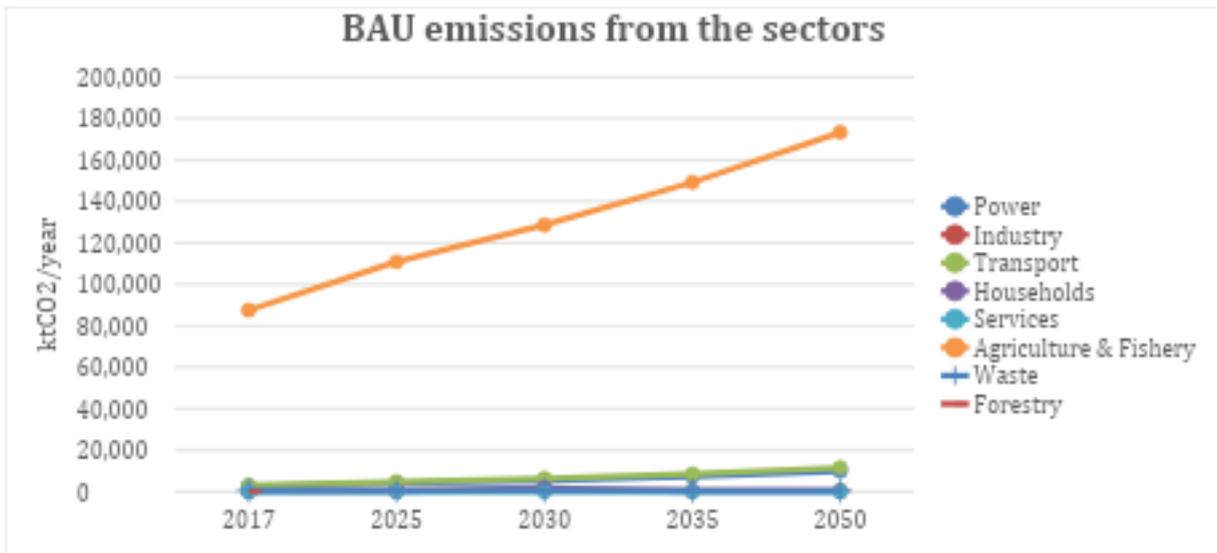


Figure 9 : Emissions de GES par secteur dans le scénario BAU (source : Citepa 2024 via GACMO)

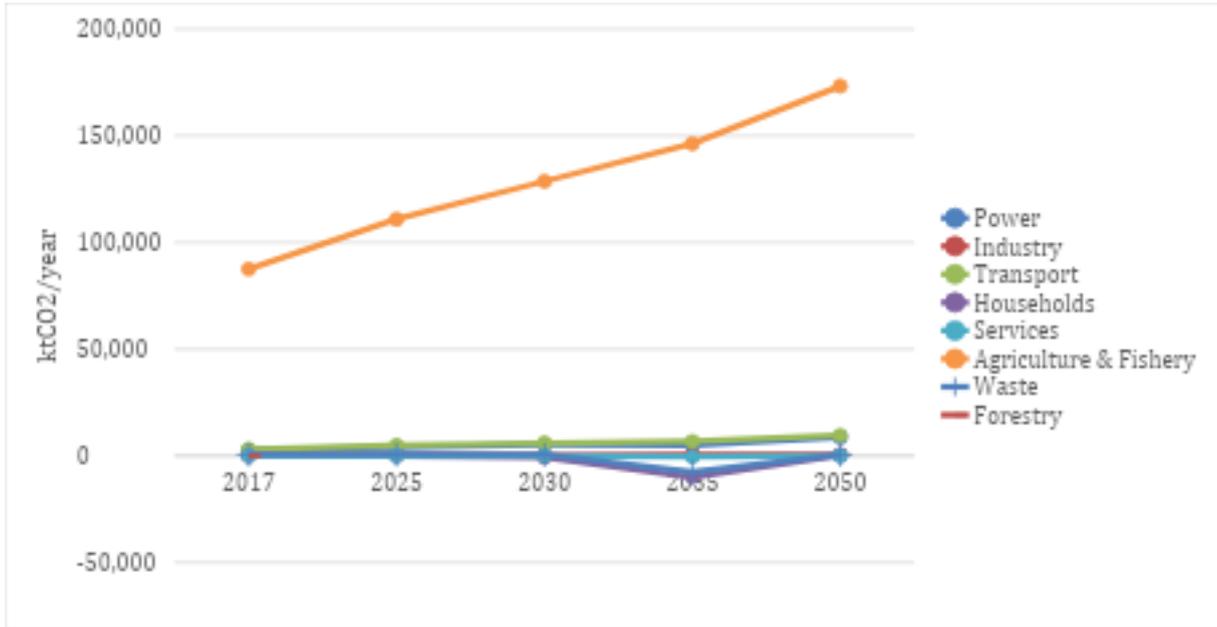


Figure 10 : Emissions de GES par secteur dans le scénario d'atténuation partiel (source : Citepa 2024 via GACMO)

Le dernier graphe propose une visualisation du potentiel de réductions d'émission par secteur, et donc rapporté aux émissions du secteur dans le scénario BAU :

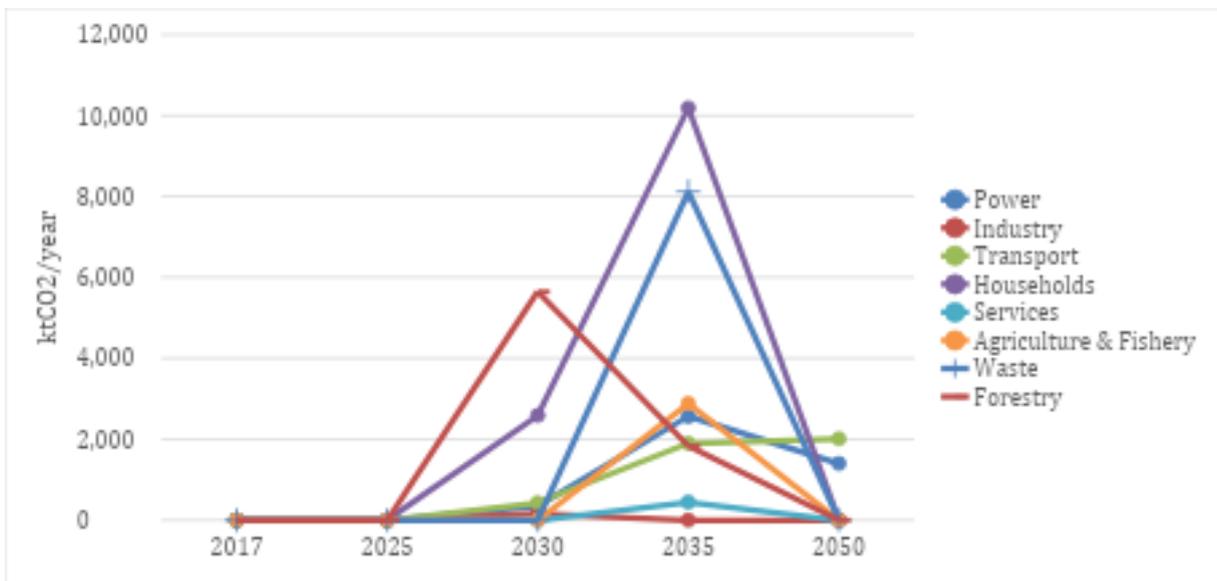


Figure 11 : Potentiel sectoriel de réduction d'émission (source : Citepa 2024 via GACMO)

Enfin, l'outil GACMO permet aussi d'analyser et de comparer les différentes options d'atténuation selon leurs coûts d'abattement. Le graphe ci-dessous regroupe ce dernier niveau d'analyse :

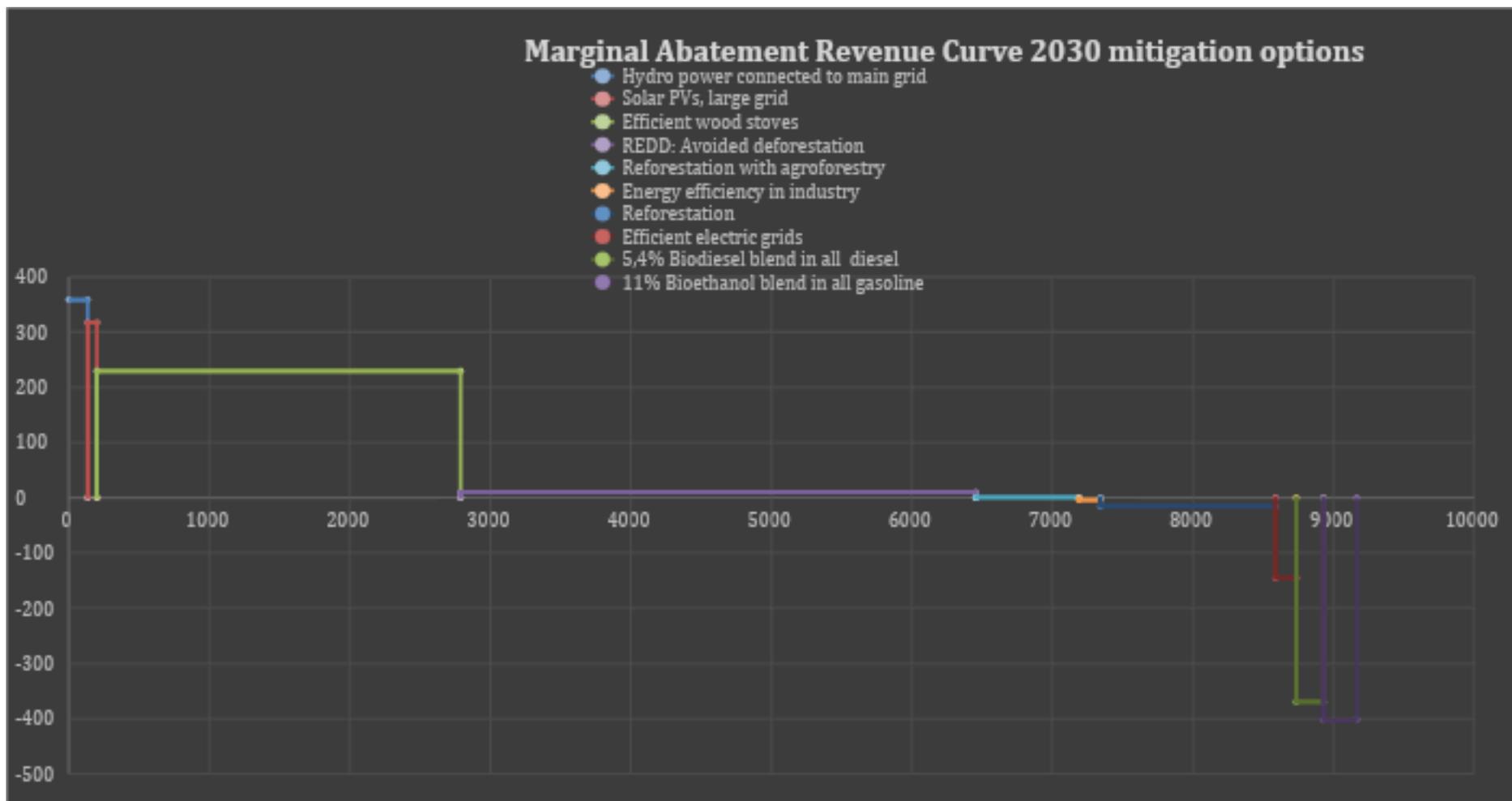


Figure 12 : Courbe d'abattement pour les différentes options d'atténuation en 2030 (source : Citepa 2024 via GACMO)

2.1.9 Suivi du progrès

Le dernier onglet de l'outil GACMO reflète la dernière fonctionnalité offerte par l'outil : le suivi du progrès. En effet, il est possible de suivre annuellement l'évolution dans la mise en œuvre des actions d'atténuation enclenchées dans le scénario d'atténuation et ainsi estimer le progrès accompli en termes d'atténuation.

L'année de référence dans le cadre du Mali étant 2017, le suivi du progrès devra se faire dès 2018 pour l'ensemble des options d'atténuation activées. L'utilisateur doit ainsi renseigner le nombre d'unités ayant été implémentées chaque année pour chaque option.

En annexe est donné un tableau regroupant l'ensemble des données à collecter afin de mettre à jour cet onglet *Tracking* et étudier le progrès accompli du Mali sur la mise en œuvre des options d'atténuation activées.

Une piste d'amélioration serait de remplir cet onglet de suivi afin d'examiner l'avancement sur la mise en œuvre de ces actions d'atténuation.

