

Livrable G2

Rapport sur l'application de GACMO pour les actions de la CDN2 de Madagascar prises en charge par l'outil

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

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:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

 Federal Ministry
Republic of Austria
Climate Action, Environment,
Energy, Mobility,
Innovation and Technology



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

The ICAT Secretariat is managed and supported by the United Nations Office for Project Services (UNOPS)



Livrable G2

Rapport sur l'application de GACMO pour les actions de la CDN2 de Madagascar prises en charge par l'outil

Initiative for Climate Action Transparency – ICAT

Auteur :

**Bureau National des Changements Climatiques et de la Réduction des
émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts (BNCCREDD+)**

Décembre 2024

Table des matières

1. INTRODUCTION	5
2. METHODOLOGIE	5
2.1 Inventaire d'émissions de GES	6
2.2 Données d'entrée	6
3. SCENARIOS DE PROJECTION	6
3.1 Scénario de référence	6
3.2 Scénario d'atténuation	7
4. OPTIONS D'ATTENUATION	9
4.1 Secteur Agriculture	9
4.1.1 Réduction du CH ₄ des cultures de riz (1000 ha)	9
4.1.2 Culture sans labour vs. Labour sur les fermes commerciales (1000 ha)	10
4.1.3 Couverture de cultures (1000 ha)	11
4.2 Secteur Foresterie	11
4.1.4 Reboisement (1000 ha)	11
4.1.5 REDD : déforestation évitée (1000 ha)	12
4.1.6 Reboisement avec agroforesterie (1000 ha)	12
4.3 Secteur Energie	13
4.1.7 Ménages / Poêles à charbon de bois efficaces (1000 unités)	13
4.1.8 Distribution d'énergie / Réseau plus efficace (réduction des pertes de 1 GWh)	14
4.1.9 Hydroélectricité / 1. 1 MW Hydroélectricité connectée au réseau principal – 2030	14
4.1.10 Hydroélectricité / MW Mini hydroélectricité connectée au réseau principal – 2030	15
4.1.11 Hydroélectricité / MW Mini hydroélectricité hors réseau	15
4.1.12 Energie Solaire / PV solaires, grand réseau 1MW – 2025	16
4.1.13 Energie Solaire / PV solaires, grand réseau 1MW – 2030	16
4.1.14 Energie Solaire / 3. PV solaires, grand réseau 1MW - 24h storage – 2030	17
4.1.15 Transport / Voitures électriques (1000 voitures) – 2025	17
4.1.16 Transport / Voitures électriques (1000 voitures) – 2030	18
4.1.17 Transport / Mélange de 10% de biodiesel dans tout le diesel – 2030	19
4.1.18 Transport / Déplacement des passagers de la voiture vers le rail (1000 personnes, km/jour) 19	
4.1.19 Transport / Trois-roues électriques (1000 unités)	20
5. SUIVI DES ACTIONS	21
5.1 Agriculture	21
5.2 Foresterie	21
5.3 Energie	21
5.4 Commentaires sur cet onglet de "Suivi des actions"	24
6. RESULTATS	25
6.1 Résultats de l'évaluation EX-ANTE (projections)	25
6.2 Résultats du suivi des actions	26
7. CONCLUSION	28
8. ANNEXE 1 : RECAPITULATIF DES DONNEES D'ENTREE	30
9. ANNEXE 2 : DONNEES MEH (LES RECAPITULATIVES)	34

1. Introduction

Madagascar s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre le Plan de Mise en Œuvre, spécifient les actions prévues pour contribuer à l'effort mondial de réduction des émissions d'ici 2030 et sont alignés avec les priorités stratégiques du pays en matière de lutte contre le changement climatique, telles que présentées dans la Plan national de Lutte contre le Changement Climatique et d'autres documents de planification nationale.

Un mécanisme de suivi des actions d'atténuation est indispensable pour suivre et évaluer la mise en œuvre de ces engagements et l'atteinte des objectifs que le pays s'est fixé. Il n'existe pas encore de mécanisme formel et spécifique dédié au suivi de la CDN2 à Madagascar, cependant le système MRV (Mesure, Rapportage et Vérification) propose un cadre de suivi en définissant des indicateurs et des éléments de gouvernance des actions d'atténuation. Bien que ce système ne soit pas encore totalement opérationnel, ses composantes principales, telles que les institutions et les mécanismes de coordination, sont établies avec des niveaux variables d'efficacité et d'interconnexion, adaptés aux spécificités sectorielles. Les arrangements institutionnels et les systèmes de suivi sont actuellement en place dans les secteurs de la foresterie, de l'agriculture et de l'énergie mais nécessitent un renforcement assurer l'efficacité du suivi des réalisations de la CDN2.

Cependant, jusqu'à présent il n'existait pas d'outil d'évaluation et de suivi chiffré de l'impact des actions d'atténuation prévues dans les CDN de Madagascar. Dans le cadre du présent projet ICAT, l'outil GACMO a été mis en œuvre d'une part pour chiffrer l'impact de 17 des actions prévues dans la CDN2 en 2030 (évaluation EX-ANTE) et d'autre part pour le suivi des actions entre l'année de référence (2019) et 2023 (évaluation EX-POST).

Ce rapport présente les résultats de cette mise en œuvre de GACMO en tant qu'outil d'évaluation et de suivi de la CND2. Il constitue le livrable G2.

2. Méthodologie

L'outil GACMO a été mis en œuvre par les experts nationaux en charge de l'Inventaire des Gaz à Effet de Serre (IGES) des secteurs Energie, Agriculture et Foresterie, avec le soutien de l'équipe du BNCC-REDD+ et des consultants du projet ICAT. Il a été nécessaire d'impliquer l'ensemble de ces experts pour assurer la cohérence entre l'IGES, les rapports BUR et les autres rapports en cours de préparation et les perspectives présentes et futures des besoins du suivi de la CDN2.

L'essentiel du travail a consisté à traduire les actions prévues dans la CDN2 pour les secteurs Energie, Agriculture et Foresterie en données d'entrée de l'outil GACMO. Pour traduire ces actions, souvent peu détaillées, les ressources de référence incluent la documentation officielle nationale et sectorielle validée par les ministères concernés, notamment celles utilisées dans la préparation du Biennial Update Report (BUR). En cas de lacunes, les experts ont enrichi les données par leur propre expertise, assurant

ainsi la couverture la plus exhaustive possible en l'état actuel de disponibilité des données.

Les travaux ont été menés à travers des séances régulières en septembre, en octobre et en décembre 2024. Cette démarche a permis des analyses sectorielles précises et adaptées aux besoins de l'outil GACMO, renforçant la qualité des données grâce aux compétences techniques et à la cohérence avec les stratégies nationales de réduction des émissions.

1.1 Inventaire d'émissions de GES

L'année de référence retenue dans GACMO, à partir de laquelle les projections sont réalisées, est l'année 2019. Les données d'émissions de GES de l'année de 2019 correspondent à celle de l'inventaire préparé en 2024 et utilisé dans le BUR1 en cours de finalisation sur la base de la méthodologie des LD 2006 du GIEC.

1.2 Données d'entrée

L'utilisation de GACMO pour estimer les émissions du scénario de référence et du scénario d'atténuation (avec mesures conditionnelles) nécessite la mise à jour de nombreuses données :

- Données d'inventaire d'émissions de GES pour l'année de référence,
- Bilans de l'énergie initial (2019) et pour les horizons 2025 et 2030,
- Taux de croissance sectoriels.

Les données d'entrée collectées (transversales et sectorielles) sont présentées dans le livrable C2 et sont récapitulées avec leurs références dans l'Annexe 1.

Les informations relatives aux actions d'atténuation sont présentées dans les paragraphes suivants.

3. Scénarios de projection

2.1 Scénario de référence

Les émissions du scénario de référence, dit Business As Usual (BAU), a été calculé par GACMO sur la base des taux de croissance sectoriel mis à jour dans l'onglet « Croissance » de l'outil.

Les taux de croissance jusqu'à 2025 pour Madagascar sont essentiellement basés sur les taux de croissance annuels moyen entre 2011 et 2019. Les données sont présentées dans le paragraphe 0 de l'Annexe 1.

2.2 Scénario d'atténuation

Le scénario d'atténuation correspond à la mise en œuvre de dix-sept actions de la CDN2 pour lesquelles des options d'atténuation ont été identifiées dans GACMO.

Faute d'informations disponibles au-delà de 2030 dans les documents nationaux, les actions de la CDN2 ont été prises en compte aux horizons 2025 et 2030. Au-delà de 2030 aucune action complémentaire n'a été intégrée.

L'ensemble des actions d'atténuation de la CDN2, et des objectifs associés, sont des actions conditionnelles. Leur mise en œuvre dépend donc des financements possibles.

Parmi les actions d'atténuation prévues dans la CDN2 et son PMO, dix-sept (17) ont pu être associées à des options d'atténuation prévues dans GACMO et ont pu être introduites dans l'outil pour estimer les réductions d'émissions.

Trois des actions concernent le secteur agriculture. Elles sont obtenues à partir de la CDN2 (page 9) et du PMO (pages 20 à 22) :

- Modèles Intégrés de Riziculture Résiliente (MIRR), Riz pluvial, Systèmes de Riziculture Intensive (SRI) ;
- Agro écologie, agriculture biologique (sans labour);
- Agro écologie, agriculture biologique couvrant les principales commodités alimentaires produites dans le pays ;

Trois des actions concernent le secteur Foresterie. Elles sont tirées de la CDN2 (page 10) et du PMO (pages 25 à 26):

- Reboisement forestier;
- Restauration des forêts naturelles dégradées;
- Restauration des paysages agroforestiers;

Onze des actions concernent le secteur Energie. Elles sont tirées du PMO (pages 28 à 32) du PMO :

- Biodiesel pour la substitution carburant durable;
- Ligne de TRAMWAY opérationnelle;
- Renforcement du réseau de distribution électrique;
- Centrales solaires photovoltaïques avec stockage;
- Centrales solaires photovoltaïques sans stockage;
- Dissémination de foyers économes;
- Voitures électriques;
- Trois roues électriques;
- Hydroélectricité (grandes centrales couplées au réseau, mini centrales couplées au réseau, mini centrales isolées);

Le détail de la mise en œuvre de GACMO pour chacune de ces actions est présenté dans le paragraphe 4 Options d'atténuation.

La difficulté de l'exercice a consisté à traduire les actions en « unités » telles que requises dans l'outil GACMO. Quand les informations n'étaient pas disponibles dans la CDN2 ou son PMO, des informations complémentaires ont été recherchées dans les documents de politiques et stratégies sectoriels ou ont été discutés et définis par les experts du projet.

Les unités introduites dans les onglets "principales 2025 et 2030 sont récapitulées dans le tableau suivant :

Atténuation de GES Totale de Madagascar (Gg eq CO₂)

Type	Option de réduction	Unité du sous-type	en 2025	en 2030
Agriculture	Réduction du CH ₄ des cultures de riz	Culture de riz CH ₄ red.(1000 ha)	40	392
	Culture sans labour	1000 ha	2	12
	Couverture de cultures	1000 ha	2	12
EE ménages	Poêles à charbon de bois efficaces	1000 poêles	10	722
Distribution d'énergie	Réseaux électriques efficaces	1 GWh pertes évités	377	377,0
Foresterie	Reboisement	1000 ha de reboisement	75	225
	REDD : déforestation évitée	1000 ha déforestation évitée	3	5
	Reboisement avec agroforesterie	1000 ha de régénéré	1	4
Hydro	Hydroélectricité connectée au réseau principal	1 MW		140
	Mini hydroélectricité connectée au réseau principal	1 MW		4,5
	Mini hydroélectricité hors réseau	1 MW		0,7
Solaire	PV solaires, grand réseau	1 MW	5	83
	PV solaires, grand réseau avec stockage 24h	1 MW		190
Transport	Mélange de 10% de biodiesel dans tout le diesel	10% mélange en transport		1,0
	Voiture électrique	1000 voitures	1	7
	Déplacement des passagers de la voiture vers le rail (1 Million de personne, km/jour)	1 Million personne km/jour		0,5
	Trois-roues électriques	1000 trois-roues	0,10	0,7

Sources : données sur Distribution d'énergie, Hydro et solaire, Ministère de l'Energie ; données sur EE Ménages et Transport, estimées par expert ; données sur Agriculture et foresterie tirées de la Troisième Communication Nationale

4. Options d'atténuation

Pour chaque option d'atténuation disponible, GACMO propose une méthodologie de calcul des émissions réduites dont les paramètres sont présentés dans des onglets dédiés.

Les valeurs par défaut proposées dans l'outil peuvent être utilisées ou mises à jour en fonction des données disponibles au niveau national.

Les paramètres retenus pour les options d'atténuation sont présentés ci-après.

Les valeurs modifiables dans l'outil sont sur fond jaune, celles adaptées au cas de Madagascar sont sur fond vert ;

3.1 Secteur Agriculture

Les activités relatives à l'atténuation, considérées dans la préparation du BUR1, sont alignées au Programme Général de l'Etat (PGE) et Programme Emergence de Madagascar (PEM) dans son engagement n°1 et n° 2 visant l'autosuffisance alimentaire, et aux politiques et stratégies du secteur Agriculture.

Les options d'atténuation de GACMO chiffrables et pertinentes pour le contexte national de Madagascar :

- Réduction du CH₄ des cultures de riz (1000 ha)
- Culture sans labour vs. Labour sur les fermes commerciales (1000 ha)
- Couverture de cultures (1000 ha)

4.1.1 Réduction du CH₄ des cultures de riz (1000 ha)

Sources des données de culture de riz : Stratégie nationale de développement rizicole 2022 – 2030

Entrées générales:		
Taux d'actualisation	5%	
PRG (GWP) du CH ₄	28	
Facteur d'émission CH ₄ journalier	1,3	kgCH ₄ /ha/jour
Période de cultivassions	200	jours/année
Surface de cultivassions	1000	ha
Option de réduction : Culture de riz avec irrigation contrôlé		
Coût d'opportunité	1,2	US\$/ton CO ₂ e
O&M		
Facteur d'échelle (doubles cultures)	1,73	Aération simple

Facteur d'échelle (doubles cultures)	1,50	Aération multiple
Facteur d'échelle (culture unique)	0,69	Aération simple
Facteur d'échelle (culture unique)	0,60	Aération multiple
Facteur d'émission quotidien de CH ₄	0,9	kgCH ₄ /ha/jour
Option de référence : Culture de riz normale		
Facteur d'échelle (doubles cultures)	2,88	
Facteur d'échelle (culture unique)	1,16	
Facteur d'émission quotidien de CH ₄	1,5	kgCH ₄ /ha/day

4.1.2 Culture sans labour vs. Labour sur les fermes commerciales (1000 ha)

General inputs :		
Taux d'actualisation	5%	
PRP du CH ₄	28	Ton CO ₂
Facteur d'émissions de CO ₂ du carburant	74,1	kgCO ₂ /GJ diesel
Prix du diesel	0,54	US\$/litre
Option de réduction : sans labour		
Activité	1000	ha/année
Option de référence: labour normale		
O&M	2%	de l'investissement
Activité	1	tracteur
Coût du tracteur + charrue	25121	US\$
Fraction du tracteur utilisé pour le labour	0%	
Surface labouré par le tracteur	1000	ha/an
Diesel utilisé	0	l/ha
Densité du diesel	0,870322	t/m ³
Energie contenu dans le diesel	42,28668	GJ/t
Utilisation de diesel annuel	0,0	GJ

4.1.3 Couverture de cultures (1000 ha)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
PRP du CH4	28	Ton CO2
PRP du N2O	265	Ton CO2
1 Euro=	1,15	US\$
Option de réduction : Couverture de cultures		
Augmentation du carbone dans les sols	0,91	tCO2e/ha/an
Reduction direct et indirect N>N2O	0,49	tCO2e/ha/an
Achat de semences	30	EUR/ha/an
Cultivation	50	EUR/ha/an
Réduction d'achat de fertilisateurs	-60	EUR/ha/an
Activité	1000	ha/année
Option de référence : Culture normale		

0.91 : chiffres tirés de Razafimbelo et al 2010, Système d'AC séquestre du Centre 0 à 1,816 Mg/ha/an

3.2 Secteur Foresterie

Les données de référence utilisées par les experts, déjà valorisées dans la préparation du BUR, comprennent les documents politiques et référentiels nationaux, tels que le Programme général de l'Etat (PGE), appuyés par les résultats des travaux et initiatives relatifs à la transparence (dont le CBIT), ainsi que les rapports de suivi produits par le MEDD et ses instances régionales (Directions régionales et interrégionales).

Les travaux effectués ont permis de documenter les options d'atténuation prédéfinies dans GACMO ci-après :

- Reboisement
- Déforestation évitée
- Reboisement avec agroforesterie

L'option "Reboisement avec Sylvopasture" de GACMO n'a pu être complétée, faute de données pertinentes.

4.1.4 Reboisement (1000 ha)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	

Option de réduction : reboisement		
Investissement	300	US\$/ha
Bénéfice annuel	1 340	US\$/ha
Densité forêt	160	t matière sèche/ha
Fraction de carbone dans matière sèche	50%	
Temps de croissance de forêt	5	années
Option de référence : pas de reboisement		

4.1.5 REDD : déforestation évitée (1000 ha)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Option de réduction : déforestation évitée		
Coûts d'opportunité	5,0	US\$/tCO2
Déforestation future possible	1000	ha
Densité forêt	187	t matière sèche/ha
Fraction de carbone dans matière sèche	50%	
Temps de croissance de forêt	5	années
Quantité de carbone fixée	93500	tC
Option de référence : pas de reboisement		

Sources : stratégie nationale REDD+

4.1.6 Reboisement avec agroforesterie (1000 ha)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Option de réduction : Reboisement avec agroforesterie		
Investissement	350	US\$/ha
Bénéfice annuel	1 380	US\$/ha
Densité forêt	59	t matière sèche/ha

Fraction de carbone dans matière sèche	50%	
Temps de croissance de forêt	5	années
Option de référence : pas de reboisement		

3.3 Secteur Energie

Les données relatives à l'atténuation, utilisées pour établir le BUR1, relèvent du Programme Général de l'Etat (PGE) et du Programme Emergence de Madagascar (PEM) engagement n° 9 sur l'énergie et l'eau pour tous et aux politiques et stratégies du secteur Energie.

4.1.7 Ménages / Poêles à charbon de bois efficaces (1000 unités)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Fraction non renouvelable de bois	30%	
Valeur calorifique du bois	31	MJ/kg
Coût du bois de feu	0,14	US\$/kg
Option de réduction: poêle à charbon de bois efficace		
Nombre de poêles installés	1000	Poêles
Coût d'un poêle	3	US\$
Énergie disponible pour cuisiner	15	MJ/jour
Efficacité du nouveau poêle	25%	
Utilisation du bois	1,9	kg/jour
Consommation de charbon bois	0,7	t/an
Carbon content of the charcoal	85%	
Annual carbon (C) consumed	0,8	t C/an
Option de référence : Poêle a charbon traditionnel		
Énergie disponible pour cuisiner	15	MJ/jour
Efficacité du poêle traditionnel	15%	
Utilisation du bois	3,2	kg/jour
Consommation de charbon bois	1,2	t/an
Annual carbon (C) consumed	1,4	t C/an

4.1.8 Distribution d'énergie / Réseau plus efficace (réduction des pertes de 1 GWh)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
CO2-éq. coefficient d'émission	0,49	tCO2/MWh
Prix de référence de l'électricité	0,23	US\$/kWh
Option de réduction : Réseau plus efficace		
Pertes réseau	5,0%	
Consommation électricité en 2020	1148	GWh
Pertes de production	133	GWh
Investissement pour réduction des pertes de 1 GWh	0,96	MUS\$/GWh
Réduction des pertes	377	GWh
Option de référence : Ancien réseau		
Pertes réseau	25%	
Pertes de production	133	GWh

4.1.9 Hydroélectricité / 1. 1 MW Hydroélectricité connectée au réseau principal – 2030

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Prix de référence de l'électricité	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-éq. (charbon)	0,49	tCO2/MWh
Option réduction : centrale hydroélectrique		
O&M	0,5%	d'investissement
Activité	140	MW
Activité de l'investissement	1138,1	US\$/kW
Facteur de capacité	6000	Heures à plein temps
Production d'électricité	840000	MWh/an
Coût électricité produite	0,10	US\$/kWh
Option référence : Pas de centrale hydroélectrique		

4.1.10 Hydroélectricité / MW Mini hydroélectricité connectée au réseau principal – 2030

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Prix de référence de l'électricité	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-éq. (charbon)	0,49	tCO2/MWh
Option réduction : centrale hydroélectrique		
O&M	0,5%	d'investissement
Activité	4,5	MW
Activité de l'investissement	4500	US\$/kW
Facteur de capacité	4000	heures à plein temps
Production d'électricité	18000	MWh/an
Coût électricité produite	NA	US\$/kWh
Option référence : Pas de centrale hydroélectrique		

4.1.11 Hydroélectricité / MW Mini hydroélectricité hors réseau

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Option réduction : centrale mini hydroélectrique		
O&M	0,5%	d'investissement
Activité	0,7	MW
Activité de l'investissement	4000	US\$/kW
Facteur de capacité	4000	heures à plein temps
Production d'électricité	2800	MWh/an
Option de référence : Générateur diesel existant		
Coefficient d'émission CO2-éq. (charbon)	74,1	kgCO2-eq./GJ
Efficacité diesel	33%	
Consommation diesel	30545	GJ
Prix diesel	14,6	US\$/GJ

4.1.12 Energie Solaire / PV solaires, grand réseau 1MW – 2025

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Prix de référence de l'électricité	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-équ.	0,49	tCO2/MWh
Option de réduction : PV solaire		
Taille du PV solaire	5,0	MW
Investissement	1000	US\$/kW
Insolation journalière	5	hours
Facteur capacité annuel	1825	heures à plein temps
Facteur d'efficacité	1	
O&M	1,0%	d'investissement
Production électricité	9125	MWh
Coût d'électricité produite	0,049	US\$/kWh
Option de référence : Pas de PV solaire		
Production électricité	9125	MWh

4.1.13 Energie Solaire / PV solaires, grand réseau 1MW – 2030

Entrées générales:		
Taux d'actualisation	5%	
Prix de référence de l'électricité	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-équ.	0,49	tCO2/MWh
Option de réduction: PV solaire		
Taille du PV solaire	77,0	MW
Investissement	800	US\$/kW
Insolation journalière	5	hours
Facteur capacité annuel	1825	heures à plein temps
Facteur d'efficacité	1	
O&M	1,0%	de investissement
Production électricité	140525	MWh
Coût de électricité produite	0,040	US\$/kWh
Option de référence: Pas de PV solaire		
Production électricité	140525	MWh

4.1.14 Energie Solaire / 3. PV solaires, grand réseau 1MW - 24h storage – 2030

Entrées générales:		
Taux d'actualisation	5%	
Prix de référence de l'électricité	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-ég.	0,49	tCO2/MWh
Option de réduction: PV solaire		
Taille du PV solaire	190	MW
Investissement	1400	US\$/kW
Insolation journalière	5,0	hours
Facteur capacité annuel	1825	Full time hours
Facteur d'efficacité	1	
O&M	1,0%	Of investment
Production électricité	346750	MWh/an
Coût de électricité produite par jour	70910	US\$/kWh/jour
Coût unitaire des batteries	60	US\$/kWh
Coût total des batteries	20805000	US\$
Coût de électricité produite	0,075	US\$/kWh
Option de référence: Pas de PV solaire		
Production électricité	346750	MWh

4.1.15 Transport / Voitures électriques (1000 voitures) – 2025

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Distance annuelle	12 000	km
Activité	1 000	voitures
Option de réduction: voitures électriques		
Investissement dans véhicule	17 500	US\$
Investissement dans station de charge	1 000	US\$
Taille de batterie	40	kWh
Investissement dans batterie	120	US\$/kWh
O&M annuelle	1,0%	d'investissement
Consommation électrique	9,0	km/kWh
Consommation totale d'électricité	1 326	MWh
Prix d'électricité de référence	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-ég.	2,15	tCO2/MWh
Emissions dues électricité	2 855	tCO2
Efficacité économique	0,23	US\$/km

Option de référence : voitures essence normales		
Consommation	17,5	km/l
Investissement dans véhicule	20 000	US\$
O&M annuelle	1,0%	d'investissement
Prix essence	0,63	US\$/litre
Consommation totale d'essence	0,69	Million litres
1000 l essence =	32,5	GJ
Coefficient d'émission CO2-ég.	68,3	kgCO2-ég./GJ
Emissions dues essence	1 524	tCO2
Efficacité économique	0,21	US\$/km

4.1.16 Transport / Voitures électriques (1000 voitures) – 2030

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Distance annuelle	12 000	km
Activité	7 000	voitures
Option de réduction : voitures électriques		
Investissement dans véhicule	17 500	US\$
Investissement dans station de charge	1 000	US\$
Taille de batterie	40	kWh
Investissement dans batterie	60	US\$/kWh
O&M annuelle	0,5%	d'investissement
Consommation électrique	9,0	km/kWh
Consommation totale d'électricité	9 282	MWh
Prix de électricité de référence	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-ég.	-11,12	tCO2/MWh
Emissions dues électricité	103194	tCO2
Efficacité économique	1,41	US\$/km
Option de référence: voitures essence normales		
Consommation	18,2	km/l
Investissement dans véhicule	20 000	US\$
O&M annuelle	1,0%	d'investissement
Prix essence	0,63	US\$/litre
Consommation totale d'essence	4,62	Million litres
1000 l essence =	32,5	GJ
Coefficient d'émission CO2-ég.	68,3	kgCO2-ég./GJ
Emissions dues essence	10 258	tCO2
Efficacité économique	1,48	US\$/km

4.1.17 Transport / Mélange de 10% de biodiesel dans tout le diesel – 2030

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
1 toe =	41,87	GJ
Prix diesel	0,54	US\$/litre
Prix biodiesel	1,20	US\$/litre
Equivalent en litres de 1 toe de diesel	1150	litre
Equivalent en litres de 1 toe de biodiesel	1316	litre
Facteur d'émission diesel	74,1	kgCO ₂ /GJ
Option réduction : 10% Biodiesel		
Investissement	0,00	US\$/litre
M&O	0,00	US\$/litre
Quantité de diesel remplacé	10%	
Quantité de biodiesel utilisé	146	ktoe
Quantité de biodiesel utilisé	192 172	m ³
Option référence : 100% diesel		
Diesel total utilisé pour transport en 2030	730	ktoe
Diesel remplacé dans transport	0	ktoe
Diesel encore en utilisation	730	ktoe
Quantité de diesel remplacé	146	ktoe
Quantité de diesel remplacé	6 112 585	GJ
Quantité de diesel remplacé	167 941	m ³

4.1.18 Transport / Déplacement des passagers de la voiture vers le rail (1000 personnes, km/jour)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Activité par jour	0,50	Million pkm/jour
Activité par an	182,5	Million pkm/an
Options de réduction : Nouveaux passagers sur trains diesel		
Coût des rails et trains	278,2	Million US\$
O&M Annuelle	0,001%	
Consommation spécifique	0,13	MJ/pkm
Prix diesel	0,54	US\$/liter
1000 l diesel =	36,8	GJ
Coefficient d'émission CO ₂ -eq.	74,1	kgCO ₂ -eq./GJ
Emissions CO ₂ spécifiques	10	gCO ₂ /pkm

Consommation énergie	24	TJ/an
Emissions	1 758	tCO2/an
Options de référence : Voitures à essence normales		
Taux d'occupation	2,0	personnes/voiture
Consommation essence	14,0	km/l
Prix essence	0,63	US\$/litre
1000 l gasoline=	32,5	GJ
Coefficient d'émission CO2-ég.	70,0	kgCO2-ég./GJ
Emissions CO2 spécifiques	81	gCO2/pkm
Consommation énergie	212	TJ/an
Emissions	14 846	tCO2/an

4.1.19 Transport / Trois-roues électriques (1000 unités)

Entrées générales :		
Taux d'actualisation	5%	
Distance annuelle/trois-roues	7 519	km
Activités	700	trois-roues
Options de réduction : trois-roues électriques		
Investissement véhicules	5 650	US\$
Taille de batterie	7,37	kWh
O&M annuelle	0,5%	d'investissement
Electricity consumption	17,64	km/kWh
Consommation électrique totale	298	MWh
Distance totale possible	130	km
Prix électricité référence	0,23	US\$/kWh
Coefficient d'émission CO2-ég.	0,49	tCO2/MWh
Emissions dues à électricité	145	tCO2
Options de référence : trois-roues normaux à essence		
Investissement trois-roues essence	5 108	US\$
O&M annuelle	1,0%	d'investissement
Consommation essence	35	km/litre
Prix essence	0,63	US\$/litre
Consommation totale d'essence	150	Thousand litres
1000 l essence =	32,5	GJ
Coefficient d'émission CO2-ég.	68,3	kgCO2-ég./GJ
Émissions dues à essence	334	tCO2

5. Suivi des actions

GACMO a été utilisé comme outil de suivi des actions de la CDN2 pour vérifier la faisabilité de son usage en routine dans le cadre du système de suivi des actions des CDN.

Pour chacune des 17 des actions de la CDN2 retenues, le nombre d'unités réellement mises en œuvre sur les années 2020 à 2023 dans l'onglet « MRV de GACMO, renommé « Suivi des actions ».

Le nombre d'unités réellement mises en œuvre a été estimé par les experts sur la base des informations suivantes:

4.1 Agriculture

- Réduction du CH₄ des cultures de riz : rapport annuel MINAE et 10% superficie IGES/USDA (Tanety/tavy);
- Culture sans labour : site web GSDM, GRET, CTAS;
- Couverture de cultures : estimation des experts IGES;

4.2 Foresterie

- Reboisement : experts IGES BUR1, Direction en charge des Forêts;
- REDD : déforestation évitée : experts IGES du BUR1, Direction en charge des Forêts;
- Reboisement avec agroforesterie : experts IGES du BUR1, Direction en charge des Forêts;

4.3 Energie

EE ménages

- Poêles à charbon de bois efficaces : données publiques recueillies, sur Internet, pour le projet DIABE de l'Union Européenne, qui vise à diffusion 80 000 Foyers Améliorés à Charbon de Bois jusqu'en 2024;

Distribution d'énergie

- Réseaux électriques efficaces : données fournies par le MEH (en annexe 2) ;

Hydro

- Hydroélectricité connectée au réseau principal ;
- Mini hydroélectricité connectée au réseau principal ;
- Mini hydroélectricité hors réseau ;

Solaire

- PV solaires, grand réseau;
- PV solaires, grand réseau avec stockage 24h;

Les données Hydro et Solaire ont été fournies par le MEH, en annexe 2 ci-joint.

Transport

- Mélange de 10% de biodiesel dans tout le diesel ;
- Voitures électriques ;
- Déplacement des passagers de la voiture vers le rail (1 Million de personne, km/jour) ;
- Trois-roues électriques ;

Les données sur le Transport ont été estimées par l'Expert en IGES du BUR1, sur la base des faits constatés actuellement. La recherche des précisions sur les données reste à faire ultérieurement.

Le tableau suivant présente les valeurs des unités réalisées.

Dans cette fiche, le pays suivra la mise en œuvre des options de réduction des GES dans les fiches principales

			Année de référence	Options d'atténuation mise en œuvre cumulées					
Type	Option de réduction	Unité du sous-type	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Agriculture	Réduction du CH4 des cultures de riz	Culture de riz CH4 red.(1000 ha)	199,7	190,7	186,8	190,2	174,8		
	Culture sans labour	1000 ha				13,8	13,8		
	Couverture de cultures	1000 ha				13,8	13,8		
EE ménages	Poêles à charbon de bois efficaces	1000 poêles			9	18,1	27,175		
Distribution d'énergie	Réseaux électriques efficaces	1 GWh pertes évités	310	345	362	378	378	378	
Foresterie	Reboisement	1000 ha de reboisement	18	59	89	119	149	179	
	REDD: déforestation évitée	1000 ha déforestation évitée	8	14	17	20	23	26	
	Reboisement avec agroforesterie	1000 ha de régénéré	1	2	3	4	5	6	
Hydro	Hydroélectricité connectée au réseau principal	1 MW	144	134	125	134	158		
	Mini hydroélectricité connectée au réseau principal	1 MW	30	28	26	28	33		
	Mini hydroélectricité hors réseau	1 MW	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6		
Solaire	PV solaires, grand réseau	1 MW	2	2	3	13	9		
	PV solaires, grand réseau avec stockage 24h	1 MW	4	5	6	30	21		
Transport	Mélange de 10% de biodiesel dans tout le diesel	10% mélange en transport	0	0	0	0	0	0	
	Voiture électrique	1000 voitures	0	0	0	0	0	0,01	
	Déplacement des passagers de la voiture vers le rail (1 Million de personne, km/jour)	1 Million personne km/jour	0	0	0	0	0	0	
	Trois-roues électriques	1000 trois-roues	0	0	0	0,005	0,01	0,02	
	Options de réductions de GES:	17							

4.4 Commentaires sur cet onglet de “Suivi des actions”

Agriculture

- Réduction du CH₄ des cultures de riz : Les données sont recueillies dans chaque rapport d'activités annuel du Ministère en charge de l'Agriculture. Elles tiennent déjà compte de la cumulation de surfaces utilisées dans la réduction du CH₄ par an, notamment par la pratique du SRI. La diminution des surfaces est due principalement à la réduction des activités agricoles engendrée par les catastrophes comme le COVID ; et l'abandon de la technique qui requiert une bonne maîtrise d'eau.
- Cultures sans labour : les données sont obtenues sur le site web GSDM, GRET, CTAS.
- Couverture des cultures : les données sont estimées l'équipe d'experts IGES BUR1

Foresterie

- La cumulation annuelle des surfaces relatives aux options d'atténuation, depuis l'année de référence 2019, est faite.

Energie

- Poêles à charbon de bois efficaces : La cumulation annuelle des poêles diffusés est effectuée. Les données ont été obtenues à partir du rapport d'avancement du projet DIABE financé par l'Union Européenne. En effet, les statistiques sur l'utilisation des Foyers Améliorés de cuisson par bois énergie ne sont pas connues.
- Réseaux électriques efficaces : Les pertes évitées sont données dans les statistiques annuelles tenant compte des cumulations.
- Hydroélectricité et PV solaires : la cumulation de puissances par an, est disponible dans les statistiques de la JIRAMA et des autres producteurs. La diminution des puissances par rapport à celles de l'année de référence 2019 est la conséquence des arrêts des unités pour réparation et réhabilitation. Le manque de production par énergies renouvelables est compensé par les centrales diesels.
- Transport : La cumulation annuelle de puissance à partir de 2019 est considérée.

6. Résultats

L'outil GACMO a été mis en œuvre pour le calcul des projections aux horizons 2025, 2030, 2035 et 2050 (scénario de référence et scénario d'atténuation) et a été appliqué comme outil de suivi pour la période 2020-2023.

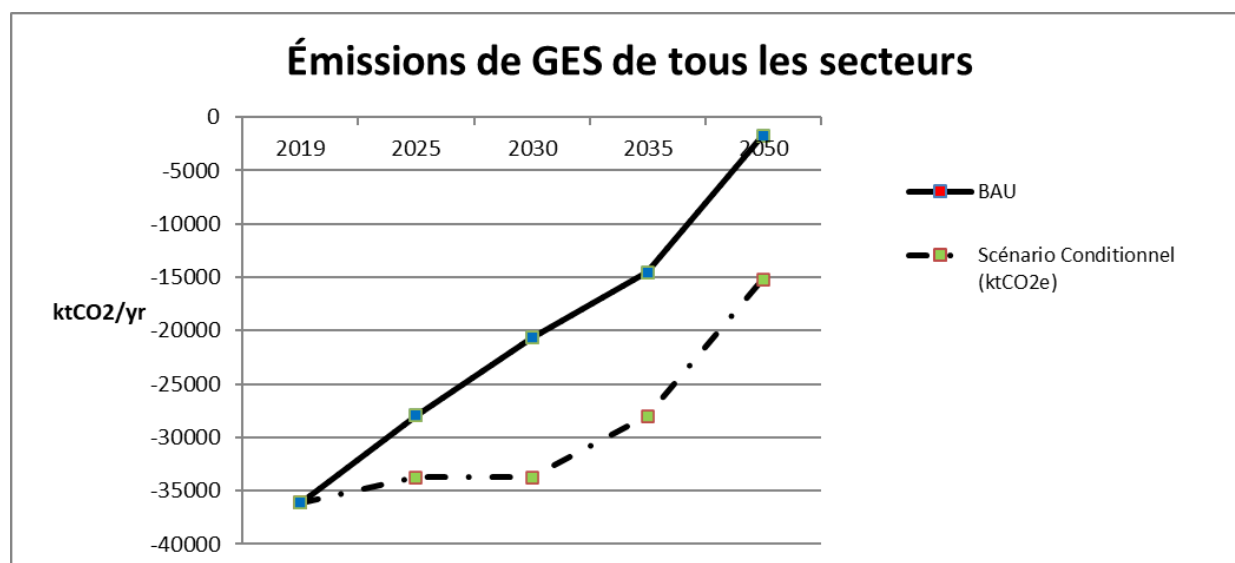
5.1 Résultats de l'évaluation EX-ANTE (projections)

Les actions d'atténuation prises en compte dans GACMO ne concernent que les secteurs (d'inventaire), Agriculture, Foresterie et Energie (production et usage).

L'outil GACMO propose des graphiques simples pour illustrer les résultats des projections. Il faut être attentif au fait que ces graphes présentent les résultats par secteur économique et non selon la nomenclature des secteurs des inventaires de GES.

La Figure 1 présente les émissions de GES de Madagascar pour le scénario de référence (BAU - sans mesure d'atténuation) et pour le scénario d'atténuation (mise en œuvre des actions conditionnelles entre 2019 et 2030).

Figure 1 : Emissions de GES des secteurs pour le scénario de référence (BAU) et le scénario d'atténuation (Scénario conditionnel)



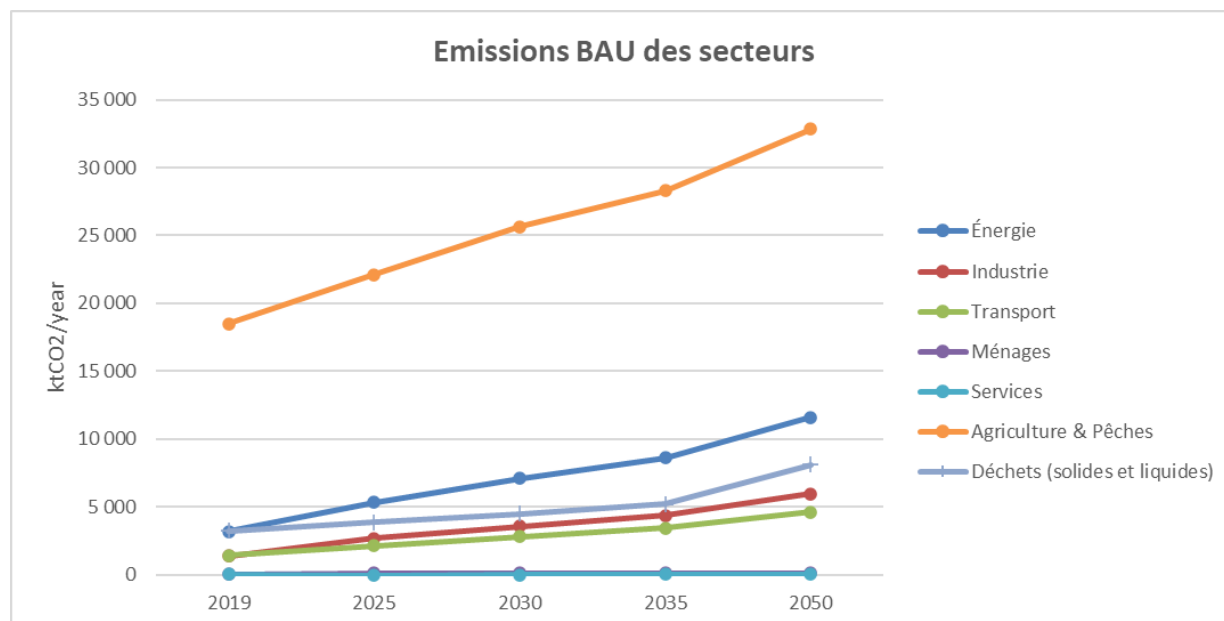
On constate que, selon l'estimation de GACMO, en absence d'actions d'atténuation, Madagascar ne sera plus un puits aux environs de 2050.

On note aussi que les unités ajoutées dans la "Principale30" 156000 ha pour le reboisement et 18000 ha pour éviter la déforestation a entraîné une forte augmentation de l'absorption, une réduction importante des émissions.

La Figure 2 présente les émissions de GES par secteur de Madagascar pour le scénario

de référence (BAU - sans mesure d'atténuation).

Figure 2 : Emissions de GES des secteurs économiques pour le scénario de référence (BAU)



On constate que le secteur Agriculture est le secteur le plus émetteur de GES jusqu'en 2050, diminuant de 66% des émissions en 2019 à 52% en 2050, du fait de la progression des autres secteurs.

Le second secteur le plus émetteur de GES est celui de la production d'énergie, augmentant de 11% des émissions en 2019 à 18% en 2050. Il faut lui ajouter les émissions du transport, des ménages et des services pour se rapprocher de la contribution du secteur Energie des inventaires de GES.

Le troisième secteur est le secteur des déchets dont les émissions passent de 11% en 2019 à 13% en 2050. L'augmentation modérée en l'absence d'actions d'atténuation prise en compte dans GACMO est liée au fait que le taux de croissance a été considéré comme proportionnel à la population. De la même façon, concernant le secteur Industrie, aucune action n'a été prise en compte dans GACMO et la tendance observée n'est liée qu'aux hypothèses de croissance retenues.

Le puits que représente la Foresterie connaît une croissance de - 64 Mt à 74Mt de CO₂/an) sur la période 2019-2050, due l'augmentation significative, en particulier du reboisement.

5.2 Résultats du suivi des actions

GACMO a été utilisé comme outil de suivi des actions de la CDN2 pour vérifier la

faisabilité de son usage en routine dans le cadre du système de suivi des actions des CDN.

L'année de référence retenue est 2019. L'inventaire national utilisé (développé dans le cadre du BUR1) couvre la période jusqu'en 2020. Le suivi des actions a été réalisé sur la période 2020-2023.

Le scénario de référence est le scénario hypothétique en absence d'action d'atténuation après 2019. Les émissions annuelles ont été calculées par interpolation linéaire entre les émissions de 2019 (issue de l'inventaire du BUR1) et de 2025 (calculé par GACMO).

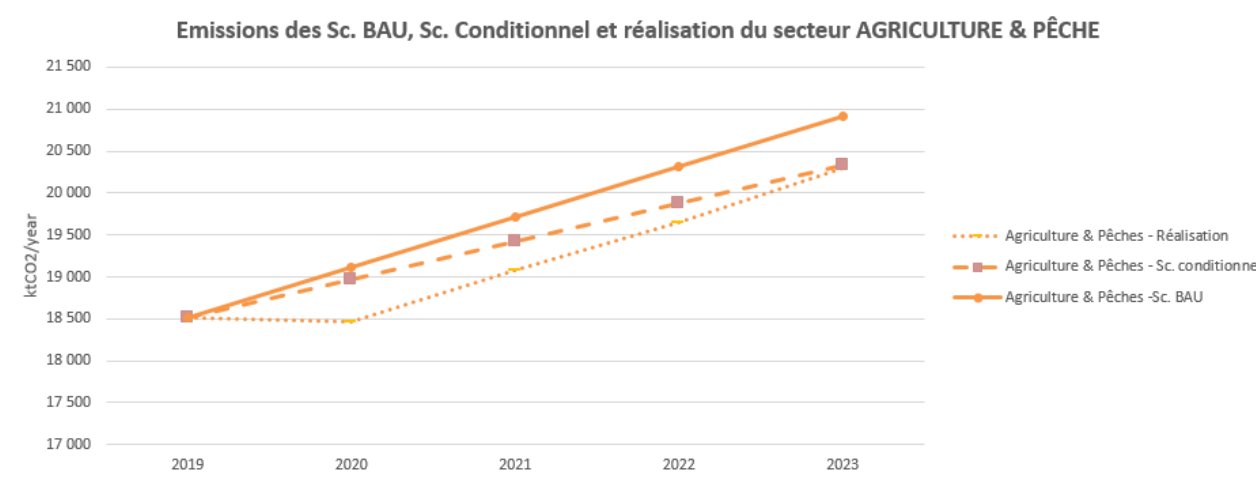
Le scénario d'atténuation correspond au scénario avec prise en compte des actions d'atténuation de la CDN2 à partir de 2019. Les émissions correspondent donc aux objectifs que le pays s'est fixé. Les émissions annuelles ont été calculées par interpolation linéaire entre les émissions de 2019 et de 2025.

Le scénario « Réalisation » sur 2020 - 2023, correspond aux émissions calculées selon la méthodologie GACMO sur la base des « unités » réellement mises en œuvre.

L'outil GACMO ne propose pas d'outil de visualisation et il a fallu ajouter des graphes pour l'analyse.

Les 3 figures suivantes présentent les émissions de GES des secteurs Agriculture, Foresterie et Energie & Transport pour le scénario de référence (Sc.BAU), le scénario d'atténuation (Sc. Conditionnel) et les émissions réalisées (Réalisation).

Figure 3 : Emissions de GES du secteur Agriculture pour le scénario de référence (BAU), le scénario d'atténuation et la Réalisation



Pour l'Agriculture, la courbe d'émissions de la Réalisation s'évolue parallèlement à celle du scénario de référence (BAU), par conséquent elles ont les mêmes taux de croissance. Elle rejoint celle des émissions de réduction scénario conditionnel en 2023

Figure 4 : Emissions de GES du secteur Foresterie pour le scenario de référence (BAU), le scénario d'atténuation et la Réalisation

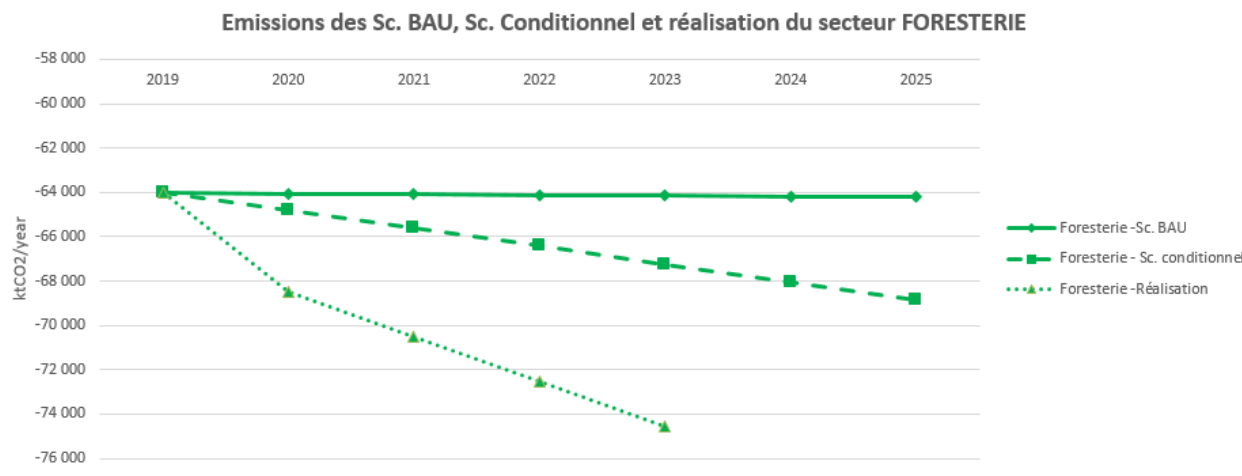
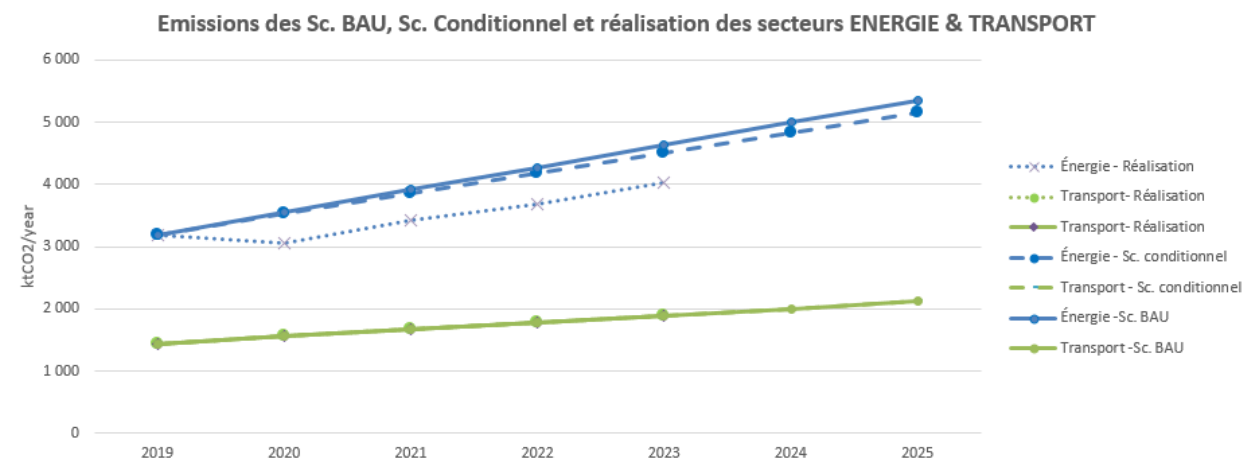


Figure 5 : Emissions de GES du secteur Energie & Transport pour le scenario de référence (BAU), le scénario d'atténuation et la Réalisation



7. Conclusion

La mise en œuvre de GACMO a mobilisé une large équipe constituée des inventaristes, des consultants du projet et de l'équipe du BNCCREDD+.

De nombreuses données ont été nécessaires et ont été recherchées dans les documents nationaux (CDN2, PMO, BUR1, stratégies et plan sectoriels...) ou ont nécessité des avis d'experts.

L'outil GACMO semble une base intéressante pour estimer EX-ANTE les réductions d'émissions des actions prévues dans les CDN mais n'a pas permis en prendre en charge les actions les plus complexes. D'autres outils seront envisagés pour compléter.

L'outil ICAT a permis de vérifier la faisabilité d'un suivi des actions des CDN. C'est d'autant plus simple si les indicateurs de suivi des actions correspondent aux « unités » utilisées dans l'outil. L'outil peut être enrichi de traitements graphiques pour faciliter l'analyse.

L'outil GACMO offre un fort potentiel pour un suivi efficace de la CDN2 de Madagascar. Cependant, la maîtrise de cet outil par les experts et décideurs nationaux doit encore être renforcée. Les projections intégrées nécessitent des améliorations progressives, certains éléments de base restant sommaires. Les réajustements en cours par l'UNEP sont attendus avec intérêt pour optimiser et affiner l'utilisation de GACMO. Il s'agira également de développer des onglets qui permettront d'intégrer les mesures de CDN2 qui ne sont pas encore prises en compte par la version actuelle de GACMO pour mieux répondre aux besoins et au contexte national.

8. Annexe 1 : Récapitulatif des données d'entrée

Hypothèses et données de pays

Pays	MADAGASCAR	
Année de référence (année du dernier inventaire) :	2019	
Devise taux =	ARIARY	
Taux de change utilisé : 1 US\$=	3529.99993	ARIARY ¹
Taux d'actualisation =	5,0% ²	

¹: https://fr.fxexchange.com/usd/mga-2019_02_28-exchange-rates

²: FMI N°19/262 Septembre 2019

Prix de l'énergie utilisés pour toute la période future :

Pétrole brut	71,3 ³	US\$/bbl	1 Million BTU =	1,055	GJ
Pétrole brut	0,45	US\$/litre	1 US gallon =	3,7854	litres
Gaz naturel liquéfié (GNL)		US\$/MBTU	1 bbl =	159	litres
Gaz naturel	0,0	US\$/GJ			
Charbon		US\$/ton			

³: OMH Juin 2019

Prix du carburant :

2020 prices	GPL	Essence	Bioéthanol	Essence pour carburateurs	Gasoil / Diesel	Biodiesel	Fiouls lourds	Kérosène
Prix distiller/prix du pétrole brut (litre/litre)	0,90	1,40		1,40	1,20		0,80	1,40
US\$/litre	0,40	0,63	0,83	0,63	0,54	1,20	0,36	0,63
US\$/GJ	16,3	19,3		17,4	14,6		9,2	17,3
t/m ³ ⁴	0,54	0,74	0,76	0,81	0,87	0,88	0,98	0,81
GJ/t	45,8 ⁵	44,0 ⁶	26,8	44,6	42,3 ⁶	26,8	39,9 ⁷	44,8

⁴: https://unstats.un.org/unsd/energy/yearbook/conversion_fr.htm

⁵: <https://picbleu.fr/les-articles/comparatif-tonne-equivalent-petrole-unite-de-mesure-de-l-energie>

⁶: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Tonnes_of_oil_equivalent_\(toe\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Tonnes_of_oil_equivalent_(toe))

⁷: 0,952 TEP provient de la source <https://picbleu.fr/les-articles/comparatif-tonne-equivalent-petrole-unite-de-mesure-de-l-energie>

Électricité	Réseaux isolés	Réseau 1	Réseau 2
US\$/kWh		0,23 ⁸	
	tCO2/MWh (=kCO2/kWh)		
Marge d'exploitation (ME)			
Marge de construction (MC)			
Marge combinée (MC) Solaire &		0,4855	

Éolien			
Marge combinée (MC) Autre		0,4855	

⁸ : United for efficiency Septembre 2019

Pertes sur le réseau électrique et consommation propre	30,0% ⁹
--	--------------------

⁹ : Perte sur les réseaux RIA

kg/GJ	Facteurs d'émission	CO2 ¹⁰
Centrale électrique	Fiouls	77,4
	Gasoil / Diesel	74,1
	Essence	68,3
	Essence pour carburéacteurs	70,0
	Kérosène	71,5
	GPL	63,1
	Gaz naturel	
	Charbon	98,3
	Lignite	

¹⁰ : Inventaire des gaz à effet de serre pour BUR1 (Ligne directrice du GIEC 2006)

Potentiels de réchauffement climatique :	GWP utilisé : AR5 ¹⁰
1 Ton CH4 =	28
1 Ton N2O =	265

Bilan de l'énergie initial

¹¹ : Inventaire des Gaz à Effet de Serre (IGES) du BUR1, année 2019

Bilan énergétique des combustibles fossiles en TJ :

	Énergie totale (fossile)	Total produits pétroliers	Charbon
Unité	TJ	TJ	TJ
CONSOMMATION FINALE	35 787	25 122,1	10 665
Industrie – divers (ensemble industrie)	14 181	3 516,2	10 665
Transport - route	18 437	18 436,9	0
Transport - rail	315	314,7	0
Transport - air domestique	0	0,3	0
Transport - navigation	1 017	1 016,7	0
Ménages	1 421	1 420,6	0
Services	289	288,7	0
Agriculture & Pêches	128	128,0	0

Bilan énergétique des combustibles fossiles en ktoe (1 ktoe=41.868 TJ)

	Énergie	Total	Charbon
--	---------	-------	---------

	totale (fossile)	produits pétroliers	
Unité	ktoe	ktoe	ktoe
CONSOMMATION FINALE	855	600	255
Industrie – divers (ensemble industrie)	339	84	255
Transport - route	440	440	0
Transport - rail	8	8	0
Transport - air domestique	0	0	0
Transport - navigation	24	24	0
Ménages	34	34	0
Services	7	7	0
Agriculture & Pêches	3	3	0

Consommation d'électricité

Unité	GWh
CONSOMMATION TOTALE	1 439
Industrie – divers (ensemble industrie)	481
Ménages	696
Services	232
Agriculture & Pêches	30

Balance GES (Emission de GES): ktCO₂-e

	Énergie totale (fossile)	Total produits pétroliers	Charbon
Unité	ktCO ₂ -e	ktCO ₂ -e	ktCO ₂ -e
CONSOMMATION FINALE ENERGIE	2 880	1 832	1 048
Industrie – divers (ensemble industrie)	1 310	262	1 048
Transport - route	1 344	1 344	0
Transport - rail	23	23	0
Transport - air domestique	0	0	0
Transport - navigation	75	75	0
Ménages	98	98	0
Services	19	19	0
Agriculture & Pêches	9	9	0

Unité	ktCO ₂ -e
CO₂ provenant de la combustion d'énergie	2 880¹¹
CH ₄ provenant de la combustion d'énergie	2 547 ¹¹
N ₂ O provenant de la combustion d'énergie	649 ¹¹
Total Agriculture¹²	18 509
Fermentation entérique	8 607
Gestion du fumier	329
Cultivation du riz	4 272
N ₂ O provenant de sols agricoles	5 269
Brûlage de résidus agricoles	32
Émissions fugitive (CH ₄)	0

Foresterie ¹²	-64 020
Déchets – solides ¹¹	3 130
Déchets - liquide	-
Processus industriels ¹¹	78,7
Émission total GES (excl. Foresterie)	27 794
Émission total GES (incl. Foresterie)	-36 226

¹² : Troisième Communication Nationale (TCN)

Croissances sectorielles

Année de départ:	2019			
Croissance depuis l'année de départ	Augmentation annuelle en % sur la période			
	2019 to 2025	2025 to 2030	2030 to 2035	2035 to 2050
Facteurs de croissance et de multiplication				
Croissance de la population	3,01%	3,01%	3,01%	3,01%
Croissance du PIB	3,54%	4,00%	5,00%	5,00%
Industrie - carburant en divers	12,0% ¹³	6,0%	4,0%	2,0%
Industrie - consommation d'électricité	4,0% ¹³	6,0%	4,0%	2,0%
Transport - carburant en route	7,0% ¹³	6,0%	4,0%	2,0%
Transport - carburant en rail	8,0% ¹³	6,0%	4,0%	2,0%
Transport - carburant en air		6,0%	4,0%	2,0%
Transport - carburant en navigation	-3,0% ¹¹	2,0% ¹³	2,0% ¹³	2,0%
Transport - consommation d'électricité		2,0%	2,0%	2,0%
Ménages - LPG	6,0% ¹³	2,0%	2,0%	2,0%
Ménages - Kérosène	-2,0% ¹³	-1,0%	-1,0%	2,0%
Households - consommation d'électricité	4,0% ¹³	-1,0%	-1,0%	2,0%
Services - carburant	-7,0% ¹³	2,0%	2,0%	2,0%
Services - consommation d'électricité	8,0% ¹³	8,0%	6,0%	2,0%
Agriculture - carburant	-1,0% ¹³	2,0%	2,0%	2,0%
Agriculture - consommation d'électricité	8,0% ¹³	8,0%	8,0%	2,0%
Non énergétique - carburant dans les matières premières chimiques	6,0%	6,0%	8,0%	2,0%
Émissions du bétail	3,0%	3,0%	2,0%	1,0%
Émissions de riz	3,0%	3,0%	2,0%	1,0%
N ₂ O des sols agricoles	3,0%	3,0%	2,0%	1,0%
Brûlage de biomasse	3,0%	3,0%	2,0%	1,0%
Émissions forestières	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Émissions de déchets solides ¹⁴	3,01%	3,01%	3,01%	3,01%
Émissions de déchets liquides ¹⁴	3,01%	3,01%	3,01%	3,01%
Processus industriels ¹⁵	3,54%	4,00%	5,00%	5,00%

¹³ : Hypothèse : croissance moyenne annuelle égale à celle de 2011 à 2019

¹⁴ : Hypothèse : proportionnel à la population

¹⁵ : Hypothèse : proportionnel au PIB

9. Annexe 2 : Données MEH (les récapitulatives)

TECHNOLOGIE	UNITE	2030	2035
Hydro connecté au réseau principal	MW	140	291
Mini connecté au réseau	MW	4,5	-
Mini hors réseau	MW	0,70	3,78

TECHNOLOGIE	UNITE	2025	2030	2035
PV solaires, Grand réseau	MW	5	77	-
PV solaires, Grand réseau avec stockage	MW	-	190	60

RESEAU DE DISTRIBUTION

Année		2019	2020	2021
Pertes des réseaux électriques	%	23%	25%	25%
Pertes à éviter	%	18%	20%	20%
Pertes à éviter	GWh	310	345	362

Réseau efficace: perte sur le réseau en 2022 est de 25%

MESURE ATTENUATION	En %	En GWh
-Réduire à 5 % les pertes sur le réseau	5%	94
-Perte à éviter 20%	20%	377
-Perte de production	7%	133