



République Tunisienne

Evaluation macroéconomique des impacts de la transition énergétique et de la tarification carbone

Le modèle ThreeME-Tunisie



الوكالة الوطنية
للتحكم في الطاقة
ANME



PARTNERSHIP FOR
MARKET READINESS



Au service
des peuples
et des nations

**Evaluation macroéconomique
des impacts de la transition
énergétique et de la tarification
carbone**

Le modèle ThreeME-Tunisie

Table des matières

Introduction

Première Partie :

Développement du modèle ThreeME

1.1 Spécificités générales de ThreeME

1.2 Principales utilisations de ThreeME : focus sur l'énergie

1.3 Principaux indicateurs

Deuxième Partie :

Adaptation du modèle ThreeME au contexte tunisien

2.1 Définition des spécificités de la version tunisienne de ThreeME

2.2 Collecte des données

2.3 Calibration de ThreeME sur les données tunisiennes

Troisième partie :

Principaux résultats du modèle ThreeME-Tunisie

3.1 Scénario de levée des subventions énergétiques

3.2 Scénario d'introduction d'une taxe carbone

3.3 Scénario avec un objectif ambitieux d'électricité renouvelable

3.4 Scénario combiné de politiques énergétiques et climatiques : levée des subventions énergétiques, taxe carbone et objectif ambitieux d'électricité renouvelable

Liste des Acronymes

ANME	Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie
FTE	Fonds de Transition Énergétique
GES	Gaz à Effet de Serre
NDC	Nationally Determined Contribution (Contribution Nationale Déterminée)
PIB	Produit Intérieur Brut
PMR	Partnership for Market Readiness
PNUD	Programme des Nations Unis pour le Développement
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone

Introduction

La dernière décennie a été témoin de nombreuses évolutions concernant la prise en compte de l'impératif de réduction des émissions mondiales de Gaz à Effet de Serre (GES) et de révision à la hausse de l'ambition climatique au niveau international conformément aux dernières décisions découlant de l'accord de Paris. La mise en œuvre de cet accord nécessite d'adopter des politiques climatiques ambitieuses de long terme en vue d'une transition bas carbone dans l'ensemble des activités économiques. Ceci implique une modification profonde des systèmes énergétiques existants susceptibles d'avoir des impacts macroéconomiques et sectoriels importants. La transition énergétique et la lutte contre le changement climatique impliquent à la fois des coûts et des opportunités conséquentes à l'échelle de l'économie. Pour faciliter leur acceptation par les différents agents économiques, il est primordial d'anticiper et de quantifier ces effets ainsi que la mise en œuvre d'éventuelles mesures permettant l'atténuation des conséquences les plus préjudiciables.

Les modèles macroéconomiques permettent de comparer l'effet des différentes politiques mises en œuvre pour impulser et accompagner cette transition.

Dans ce contexte, le projet « Appui à la tarification carbone pour la mise en œuvre de la NDC et la transition bas carbone en Tunisie » réalisé dans le cadre de l'initiative PMR (Partnership for Market Readiness) de la Banque Mondiale et géré conjointement par l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie « ANME » et le Programme des Nations Unis pour le Développement « PNUD », représente une opportunité pour appuyer la Tunisie, d'une part, dans le développement de la tarification carbone, comme levier de politique publique permettant d'accélérer la transition énergétique et rehausser l'ambition climatique à long terme, et d'autre part, pour l'évaluation des impacts de ces politiques sur les agrégats socio-économiques (croissance économique, emploi, investissement, commerce extérieur, inflation, pouvoir d'achat des ménages, précarité énergétique, etc.).

Dans le cadre de cette initiative, la Tunisie a eu recours au modèle macroéconomique ThreeME. Développé par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et l'OFCE (Observatoire Français des Conjonctures Economiques) depuis 2008, cet outil a joué un rôle de premier plan dans l'évaluation macroéconomique des politiques énergie-climat.

En s'appuyant sur les expériences menées dans certains pays (France, Mexique, Pays bas, Région Occitanie) et proposant une approche similaire, le modèle ThreeME a été adapté au contexte tunisien, transféré aux acteurs pertinents impliqués dans les travaux d'évaluation macroéconomique de la transition énergétique et de tarification du carbone en Tunisie.

Pour la première fois en Tunisie, un modèle d'équilibre général a été utilisé pour évaluer les impacts macroéconomiques de politiques énergétiques et de lutte contre le changement climatique, en particulier :

- La levée des subventions énergétiques et l'introduction d'une taxe carbone pour alimenter les ressources du Fonds de Transition Energétique « FTE » (créé depuis 2005 pour appuyer le financement de la politique de transition énergétique en Tunisie).
- La fixation d'un objectif ambitieux d'électricité renouvelable (effets directs imputables au secteur de production de l'électricité et effets sur les consommations finales, intermédiaires, et sur les investissements, effets de prix, etc.).

La présente brochure synthétise les principaux travaux portant sur le développement et le transfert du modèle macro-économique ThreeME-Tunisie-, la construction de divers scénarios de simulation et la présentation des principaux résultats et impacts socioéconomiques fournis par le modèle.

Première Partie :

Développement du modèle ThreeME

1.1. Spécificités générales de ThreeME

ThreeME est un modèle macroéconomique et sectoriel conçu pour représenter l'économie d'un pays ou d'une région et évaluer les impacts économiques de politiques environnementales et énergétiques à moyen et long terme au niveau global et sectoriel. ThreeME combine différentes caractéristiques :

- La désagrégation sectorielle permet de faire apparaître les effets d'un transfert d'activité d'une branche à l'autre en termes d'emplois, d'investissement, de consommation d'énergie et de commerce extérieur.
- La désagrégation énergétique permet l'analyse des comportements en matière de production et de consommation d'énergie. Les secteurs d'activité peuvent arbitrer entre différents investissements énergétiques : substitution entre capital, travail et énergie quand les prix relatifs changent. Les ménages peuvent substituer entre sources énergétiques, entre modes de transport et entre types de biens ou services.

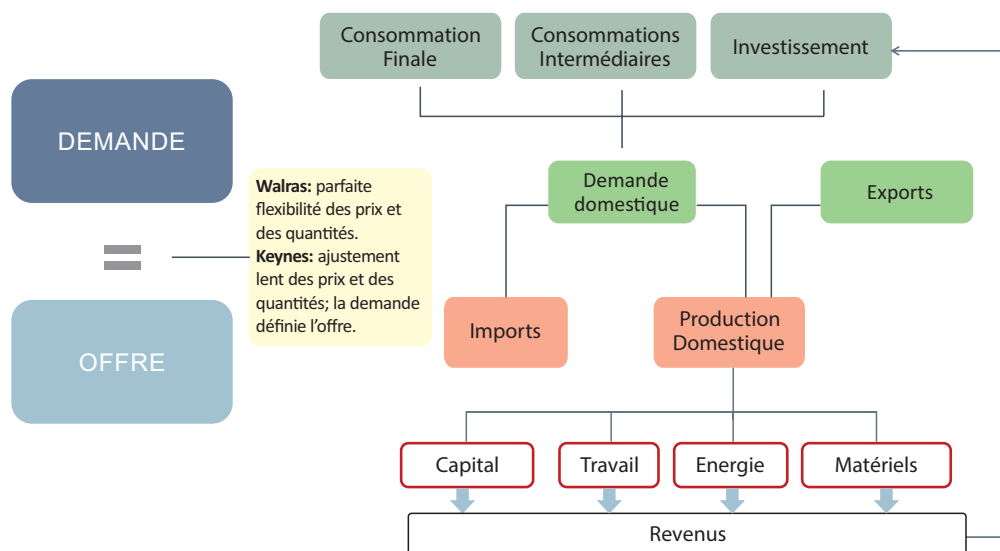


Figure 1 : Structure et fonctionnement du modèle ThreeME

- ThreeME est un modèle d'équilibre général calculable : il prend en compte l'interaction et les effets de retour entre l'offre et la demande (voir Figure 1). La règle de bouclage utilisée est d'inspiration néo-keynésienne :
 - Les prix sont rigides et n'équilibrent pas instantanément l'offre et la demande. ThreeME a pour objectif de représenter de manière plus réaliste le fonctionnement de l'économie en tenant compte explicitement de l'ajustement lent des prix et des quantités.
 - L'égalité entre l'offre et la demande est satisfaite en supposant que la demande détermine l'offre.
- ThreeME est un modèle hybride en ce sens qu'il permet de combiner la modélisation macroéconomique (dite top-down) et la modélisation technique des consommations énergétiques (dite bottom-up). Son niveau fin de désagrégation, en particulier des secteurs énergétiques, permet de faire le lien avec des modèles bottom-up tels que la nouvelle version de MedPro¹ (ENERMED).
- Plusieurs types de résultats peuvent être analysés : les impacts de politiques climatiques ou énergétiques sur l'équilibre macroéconomique (PIB, emploi, salaires, prix, etc.) et ceux sur les grandeurs énergétiques (consommation d'énergie, intensité énergétique, émissions de CO₂, etc.) ; mais aussi la variation des importations et des exportations de chaque bien qui dépend des distorsions des prix relatifs entre les tarifs domestiques et étrangers.

1.2. Principales utilisations de ThreeME : focus sur l'énergie

ThreeME est un outil éminemment orienté vers l'aide à la définition des politiques publiques, son cadre néo-keynésien est un des plus adaptés pour l'analyse des politiques économiques car il fournit des informations concernant la phase de transition des effets d'une politique (et pas seulement une analyse de long terme). Cela permet d'analyser les évolutions d'indicateurs importants pour les décideurs politiques comme l'inflation ou le chômage (involontaire).

En tant que modèle macroéconomique multisectoriel, le modèle ThreeME permet de simuler l'impact économique d'un éventail varié de scénarios que ce soit au niveau agrégé ou sectoriel. Les scénarios pouvant être simulés sont de diverses sortes :

- Des modifications exogènes de l'environnement économique dans lequel le pays évolue comme la hausse du prix du pétrole, la dépréciation du taux de change, la hausse des prix étrangers, la hausse de la demande mondiale et l'amélioration du progrès technique.
- La mise en œuvre de politiques budgétaires et fiscales : hausse des dépenses et investissements publics, hausse des transferts sociaux, hausses des taux d'imposition

¹ <https://www.enerdata.net/solutions/medpro-medee-model.html>

(impôts sur les revenus ou les sociétés, cotisations sociales employeurs, TVA, subvention, etc.), etc.

- Des modifications exogènes des comportements de consommation, de production, d'activité ou de formation des prix (privilégier le transport collectif au transport individuel, modification du mix de production comme la hausse de la part des renouvelables dans la production d'électricité, hausse du taux d'activité des femmes, hausse du taux de marge désiré par les entreprises, le durcissement de la politique monétaire, etc.
- La mise en œuvre d'une norme ou d'un standard comme une obligation de réduction de la consommation d'énergie dans le secteur de l'industrie ou du bâtiment.

Son focus sur l'énergie, notamment grâce au choix de la désagrégation sectorielle, la modélisation de la balance énergétique et des émissions de gaz à effet de serre (GES), fait qu'il est particulièrement adapté pour simuler l'impact économique de scénarios de transition énergétique et de politiques de lutte contre le changement climatique.

Dans le cas de la Tunisie, l'application du modèle ThreeME concerne :

- **L'évaluation des impacts de la levée des subventions énergétiques et de l'introduction d'une taxe carbone**

ThreeME a permis de simuler l'impact de la levée des subventions aux énergies fossiles et de l'introduction d'une taxe carbone. Ces scénarios sont évalués en comparant différentes modalités de mise en œuvre en particulier avec ou sans redistribution des recettes.

- **L'évaluation de l'impact économique d'un objectif ambitieux d'électricité renouvelable**

ThreeME a permis aussi de focaliser l'analyse des impacts économiques liés aux évolutions dans le secteur de l'électricité. Le modèle ThreeME-Tunisie a été utilisé pour évaluer les impacts macroéconomiques d'un objectif ambitieux de production d'électricité renouvelable en Tunisie.

- **L'évaluation des impacts économiques de long terme**

ThreeME a été aussi utilisé pour analyser des scénarios de transition énergétique, son caractère hybride permet de le coupler avec un modèle énergétique de type *bottom-up*. On peut ainsi simuler l'impact économique de scénarios de transition énergétique dont la faisabilité technique a été évaluée par un modèle énergétique (la nouvelle version de MedPro dans le cas de la Tunisie). Le modèle ThreeME-Tunisie a été utilisé dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) tunisienne pour évaluer les impacts macroéconomiques de la transition énergétique bas carbone à l'horizon 2050.

1.3. Principaux indicateurs

ThreeME permet de mesurer l'impact de chaque scénario sur l'ensemble des variables qui sont représentées dans le modèle.

Le Tableau 1 fournit la liste des indicateurs clés au niveau macroéconomique et sectoriel qui sont généralement produits.

Tableau 1. Principaux indicateurs du modèle ThreeME

Champ thématique	Variables et indicateurs du modèle présentés en sorties
Indicateurs macroéconomiques	Produit Intérieur Brut (PIB)
	Consommation des ménages
	Importations
	Exportations
	Ratio balance commerciale sur PIB
	Taux d'inflation
	Taux d'intérêt
	Emplois
	Taux de chômage
	Investissements privés
Indicateurs de finances publiques	Investissements public
	Taux d'imposition
	Ratio déficit publique sur PIB
	Structure budgétaire de l'état
Indicateurs Energie et climat	Prix de l'énergie
	Emissions de dioxyde de carbone
	Demande d'énergie finale
	Consommation d'énergie finale par usage et par secteurs
	Production d'énergie primaire par secteur
	Ventilation de la consommation d'énergie finale par usage et par secteur
Indicateurs d'équité sociale	Facture énergétique des agents
	Précarité énergétique
	Pouvoir d'achat des ménages
Indicateurs sectoriels	Valeur Ajoutée
	Investissement
	Emploi
	Consommation d'énergie
	Emissions de gaz à effet de serre

Deuxième Partie :

Adaptation du modèle ThreeME au contexte tunisien

Tout en préservant le cadre général de modélisation décrit dans la première partie, le modèle ThreeME présente l'avantage de pouvoir s'adapter aux spécificités de chaque pays ou région représentés.

2.1 Définition des spécificités de la version tunisienne de ThreeME

L'adaptation du modèle ThreeME au contexte tunisien s'est basée sur un processus de concertation avec les experts tunisiens et les différentes parties prenantes. Le modèle intègre des caractéristiques clés de l'économie tunisienne basées notamment sur la désagrégation sectorielle et la structure fiscale du pays (taxes et subventions). A cet effet :

- Plusieurs ateliers ont été organisés afin de formuler une proposition de désagrégation sectorielle du modèle et d'alimenter la discussion concernant les caractéristiques de l'économie tunisienne à prendre en compte ;
- Une liste de secteurs du modèle ThreeME-Tunisie a été partagée avec les parties prenantes ;
- Les secteurs économiques utilisés dans le modèle ThreeMe-Tunisie ont été validés par les parties prenantes ;
- La structure fiscale a été construite selon les informations fournies par le tableau de ressources-emplois (T.R.E) de la comptabilité nationale.

2.2 Collecte des données :

Les données nécessaires à la calibration ont été recueillies sur la base des spécificités de ThreeME-Tunisie :

- **Les données économiques** sont issues de la comptabilité nationale. Il s'agit en particulier du tableau des entrée-sortie (input-output) de l'économie qui retrace les échanges entre les secteurs de l'économie. Pour les sources de revenus des ménages et du gouvernement, nous utilisons les *comptes institutionnels*.
- **Les données physiques des bilans énergétiques** qui établissent un inventaire de l'ensemble des flux de production, transformation, transport et consommation

d'énergie par technologie pour un pays et une année donnée. Des données de prix par technologie énergétique sont aussi nécessaires pour faire le lien entre les unités monétaires et physiques (une note méthodologique sur l'hybridation des données énergétiques et comptables a été élaborée).

- **Les données fiscales détaillées par produits** sont nécessaires pour quantifier les taux de taxes et de subventions s'appliquant aux produits énergétiques et non-énergétiques.

Ces données ont été collectées auprès des institutions nationales, en particulier, l'ANME, l'Institut National de la Statistique, l'Observatoire Nationale de l'Energie, la Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz, l'Institut Tunisien de la Compétitivité et des Etudes Quantitatives, le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines et le Ministère de Développement économique, de l'Investissement et de la Coopération Internationale.

2.3 Calibration de ThreeME sur les données tunisiennes

La calibration de ThreeME-Tunisie a nécessité une série d'étapes intermédiaires afin de passer de la désagrégation sectorielle des données brutes à la désagrégation retenue dans ThreeME Tunisie. En particulier, la désagrégation des secteurs énergétiques nécessite une attention particulière du fait du croisement des données de comptabilité nationale avec les données du bilan énergétique.

Troisième partie :

Principaux résultats du modèle

L'utilisation du modèle ThreeME-Tunisie a permis d'évaluer l'impact macroéconomique de 4 scénarios fondamentaux dans le cadre de la transition énergétique et bas carbone :

- (i) Un scénario qui étudie la levée des subventions énergétiques ;
- (ii) Un scénario qui se concentre sur l'analyse de l'introduction d'une taxe carbone pour alimenter le FTE ;
- (iii) Un scénario où l'on impose la pénétration d'énergies renouvelables de façon significative dans le mix électrique ;
- (iv) Un scénario combiné de politiques énergétiques et climatiques qui intègre les politiques mises en œuvre dans les trois derniers scénarios.

Les résultats des simulations macroéconomiques sont comparés à un scénario de référence, où aucune politique particulière n'a été mise en place, représentant ainsi une vision de ce que serait l'évolution de l'économie sans politique climatique ni politique énergétique. Cela signifie que tous les résultats sont donnés en variations relatives par rapport au scénario de référence.

3.1. Scénario de levée des subventions énergétiques

Ce scénario a permis d'analyser les effets macroéconomiques d'une levée totale des subventions énergétiques à partir de 2023. Il s'agit d'un scénario, où l'on considère que :

- Les subventions évitées concernent tous les produits énergétiques ;
- Les recettes fiscales récupérées par le gouvernement suite à la mise en place de cette politique de levée des subventions sont totalement recyclées dans l'économie. Ce choix de recycler totalement les recettes de cette réforme fiscale dans l'économie génère une amélioration de la situation macroéconomique sur toute la décennie à venir qui se manifeste notamment par :
 - une amélioration de la balance commerciale (due à l'augmentation des prix de l'énergie essentiellement importée et d'une baisse des importations de l'énergie fossile) ;
 - une augmentation du PIB de 0.56% en 2025 et de 0.3% en 2030 par rapport aux valeurs du PIB dans le scénario de référence comme en témoigne la figure 2 ci-dessous. Cet impact est donc faiblement positif, mais il faut souligner que si les recettes n'avaient pas été redistribuées et qu'elles avaient servi à réduire le déficit budgétaire de l'Etat, cela aurait eu un impact récessif sur l'économie non négligeable.

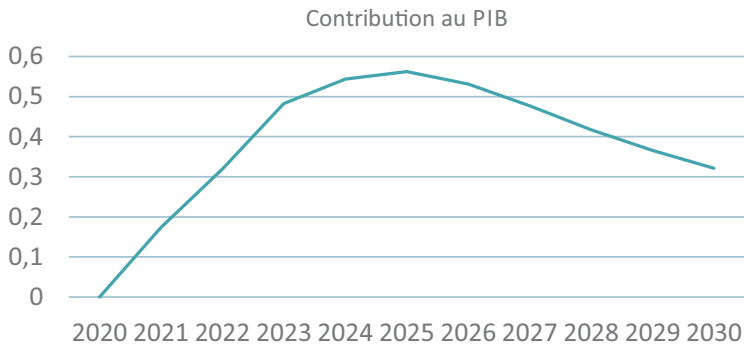


Figure. 2 : Contribution au PIB (effet de la variation entre le scénario de levée des subventions aux énergies et le scénario de référence)

3.2. Scénario d'introduction d'une taxe carbone pour alimenter les ressources du FTE

Ce scénario a permis d'analyser les effets macroéconomiques de la mise en place d'une taxe carbone pour améliorer les ressources du FTE. Il ne s'agit pas de rajouter une taxe carbone mais plutôt de changer la taxe qui existe déjà sur les produits énergétiques en une taxe basée sur le contenu carbone des différentes formes d'énergie.

En effet, les recettes fiscales perçues par le gouvernement viennent alimenter le FTE sur la prochaine décennie et sont reversées aux ménages et aux secteurs d'activités selon les priorités définies par le FTE. Ainsi, le recyclage ciblé des revenus de la taxe carbone permet d'obtenir une amélioration de la situation macroéconomique qui se traduit par **une augmentation de l'investissement et du PIB**. Le PIB va augmenter ainsi de façon continue sur toute la décennie pour atteindre 0,13% de plus en 2030 par rapport à sa valeur dans le scénario de référence tel que le montre le graphique ci-dessous (figure 3).

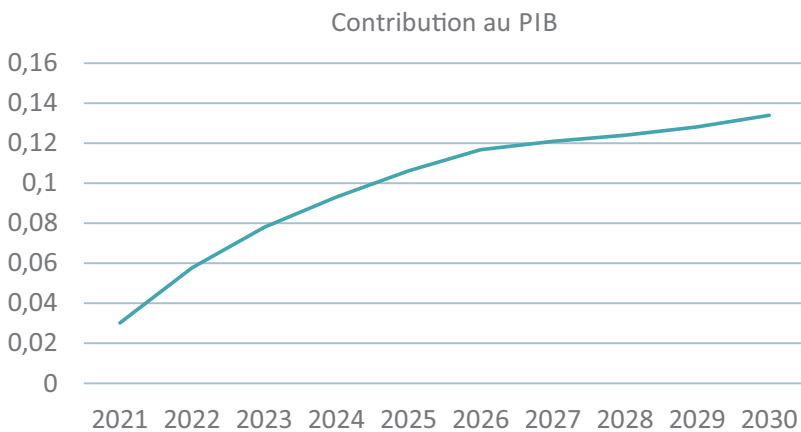


Figure. 3 : Contribution au PIB (effet de la variation entre le scénario d'introduction d'une taxe carbone et le scénario de référence)

3.3. Scénario avec un objectif ambitieux de production d'électricité renouvelable

Le modèle ThreeME-Tunisie a permis de focaliser l'analyse sur les impacts économiques d'un objectif ambitieux de production d'électricité renouvelable sur le développement socio-économique tunisien. Dans le présent scénario, l'impact de la pénétration des énergies renouvelables à hauteur de 80% du mix électrique à l'horizon 2050 a été évalué. L'évolution du mix électrique conformément aux objectifs de pénétration des énergies renouvelables se traduit systématiquement par un impact positif sur :

- l'investissement agrégé mais surtout sur l'investissements dans le secteur électrique, avec une augmentation significative, comme l'illustre la figure 4 ci-dessous, de 100.5% en 2030 et de 246% en 2050 relativement au scénario de référence. Un effet de substitution se produit alors et l'on observe simultanément une diminution importante des investissements dans les énergies fossiles (-24% en 2030 et -74% en 2050).

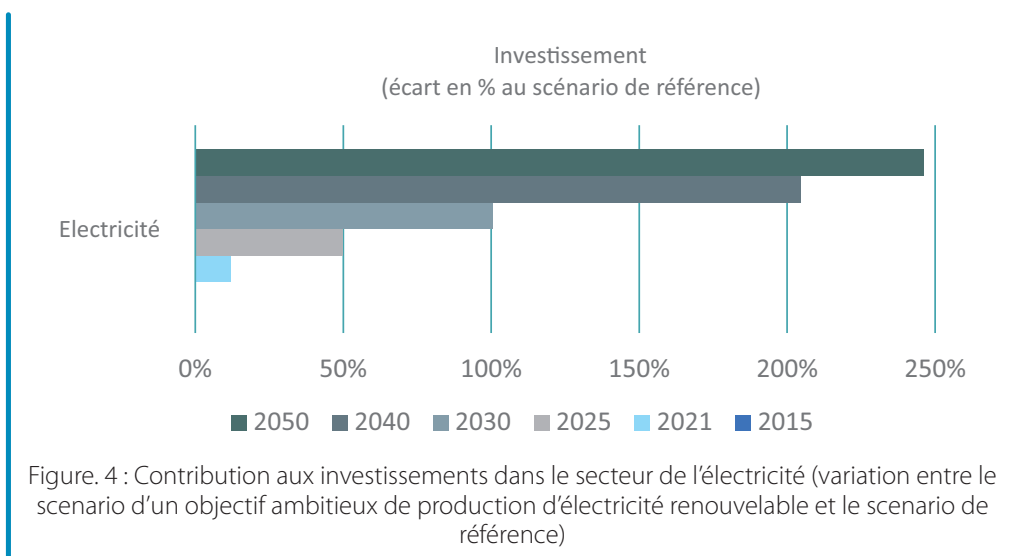


Figure. 4 : Contribution aux investissements dans le secteur de l'électricité (variation entre le scénario d'un objectif ambitieux de production d'électricité renouvelable et le scénario de référence)

- La création de l'emploi avec une hausse significative dans le secteur électrique avec environ 16.5 mille emplois créés en 2030 et 31.1 mille emplois à l'horizon 2050 et une hausse agrégée dans tous les secteurs économiques avec une augmentation nette du nombre d'emplois de 40.9 mille en 2030 et de 103.2 mille à l'horizon 2050 par rapport au scénario de référence.
- Comparées aux investissements, les tendances en termes d'emplois sont similaires mais les amplitudes des effets selon les secteurs peuvent être très différentes. Les énergies renouvelables étant beaucoup plus intensives en travail que les énergies

fossiles, la substitution de la production d'électricité par du gaz vers les renouvelables induit naturellement une hausse significative de l'emploi dans ce secteur comme le montre la figure 5 ci-dessous :

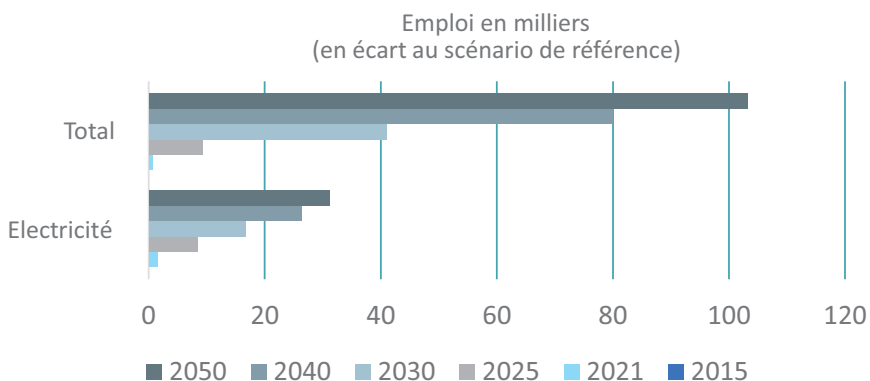


Figure. 5 : Contribution à la création de l'emploi
(Variations du nombre d'emplois entre le scénario ENR et le scénario de référence)

- Le PIB tunisien avec un effet économique majoritairement positif sur la plupart des secteurs économiques sur toute la période soit une augmentation du PIB de 1.32% en 2030 et de 3% en 2050 par rapport au scénario de référence (figure 6).

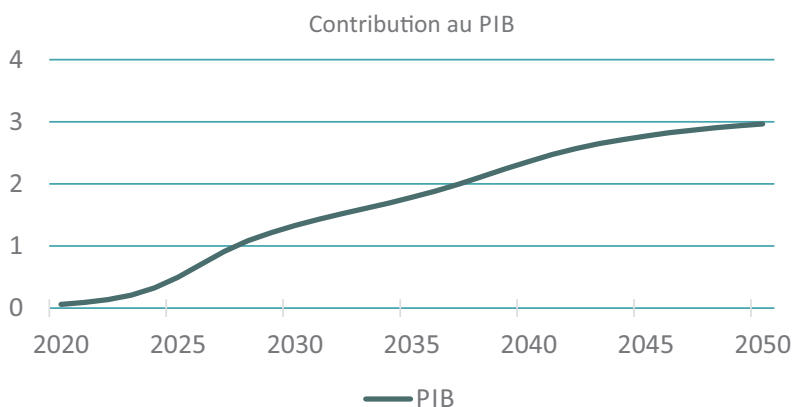


Figure. 6 : Contribution au PIB
(Variations relatives du PIB tunisien entre le scénario avec un objectif ambitieux et le scénario de référence)

3.4. Scénario combiné de politiques énergétiques et climatiques intégrant levée des subventions aux énergies, taxe carbone et objectif ambitieux des énergies renouvelables

Dans ce dernier scénario, il s'agit de mettre en place l'ensemble des trois politiques mises en œuvre dans les trois scénarios analysés précédemment : (i) la levée des subventions aux énergies, (ii) l'introduction de la taxe carbone pour alimenter le FTE et (iii) l'introduction des **énergies renouvelables** dans le mix électrique à hauteur de 80% en 2050.

On observe un cumul des effets positifs qui l'emportent et tous les indicateurs macroéconomiques, principalement l'investissement et le PIB, se voient améliorés sur toute la décennie en comparaison avec le scénario de référence tels que le montrent l'ensemble des graphiques ci-dessous (figure 7 & figure 8) :

- **L'investissement croît de 0.25% en 2025 et de 1.3% en 2030**, grâce à l'effet de substitution vers l'électricité induit par la taxe carbone et de l'augmentation massive de l'investissement dans ce même secteur grâce à la pénétration des énergies renouvelables.
- **Le PIB croît de 1.1% et de 1.5% respectivement en 2025 et 2030** par rapport au scénario de référence.

Il est important de souligner que cet effet positif serait récessif si les revenus de la taxe carbone et les recettes obtenues grâce à la levée des subventions aux énergies n'étaient pas recyclés dans l'économie.

Enfin, la mise en place de ces trois politiques énergétiques et climatiques induit une amélioration nette de la situation macroéconomique. Au vu des meilleurs résultats obtenus dans ce dernier scénario par rapport aux trois scénarios précédents, cela permet de conclure qu'il est pertinent de mettre en place une politique volontariste de transition énergétique et de développement bas carbone.

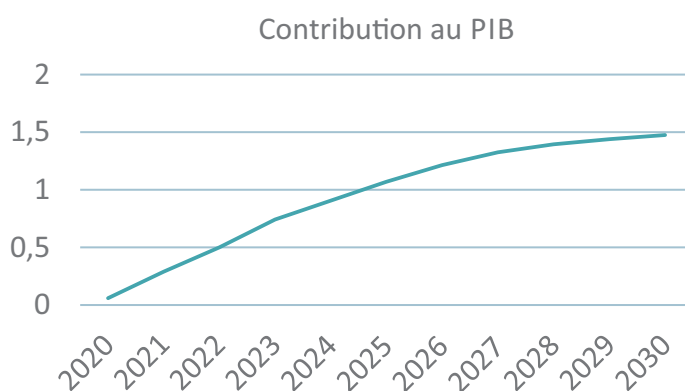


Figure. 7 : Contribution au PIB
(Variations relatives du PIB entre le scénario combiné de politiques et le scénario de référence)

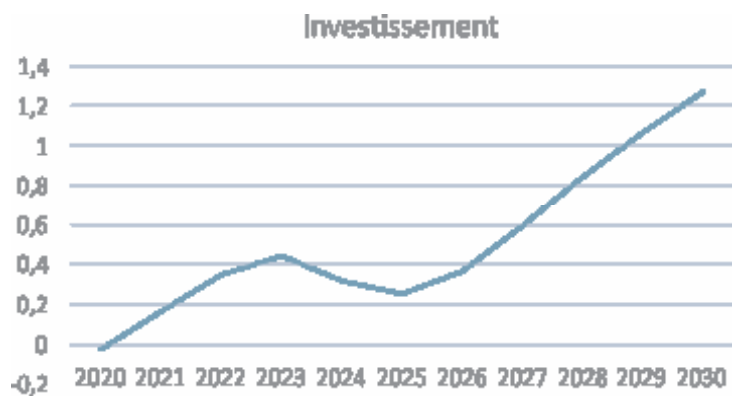


Figure. 8 : Contribution à l'investissement
(Variations relatives de l'investissement entre le scénario combiné de politiques et le scénario de référence)

