



# Transition énergétique : la contribution des outils de modélisation sectorielle et macroéconomique

---

COP 22

*développeur d'avenirs durables*

# La Transition Énergétique dans l'agenda international

## Agenda Développement Durable

- Septembre 2015
- 17 ODD adoptés lors du PDD
- ODD n° 7 : objectif « accès et énergie durable » qui se décline sur 4 axes :
  - Accès à l'énergie
  - Hausse des EnR dans le mix
  - Amélioration de l'EE
  - Recherche dans EnR

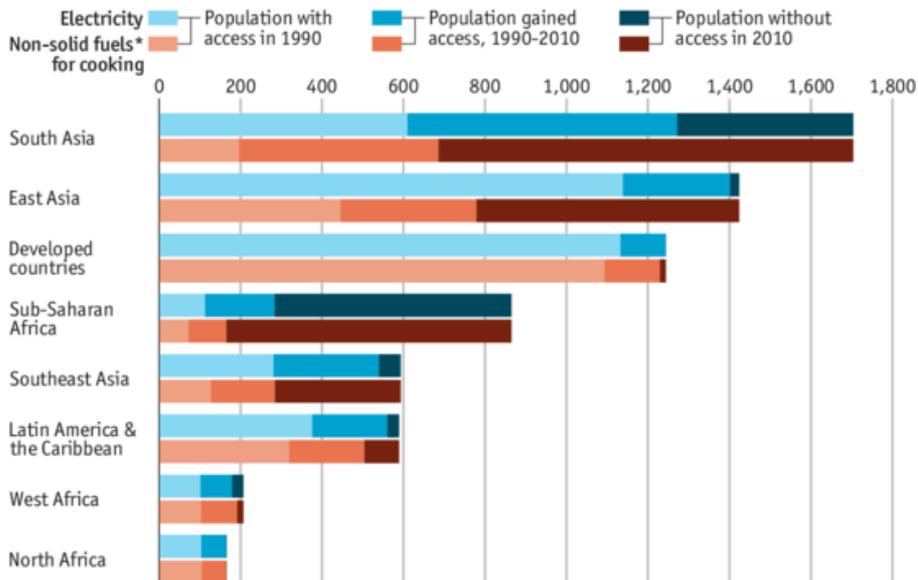
## Agenda Lutte contre le Changement Climatique

- Décembre 2015
- Accord de Paris adopté lors de la COP21
- Objectif : contenir l'élévation de la température moyenne en dessous de 2° :
  - Emissions nettes anthropiques nulles entre 2050 et 2100
  - Secteur énergétique au cœur des transitions à réaliser

## Agenda Développement Durable

### Access to energy

Selected regions, m



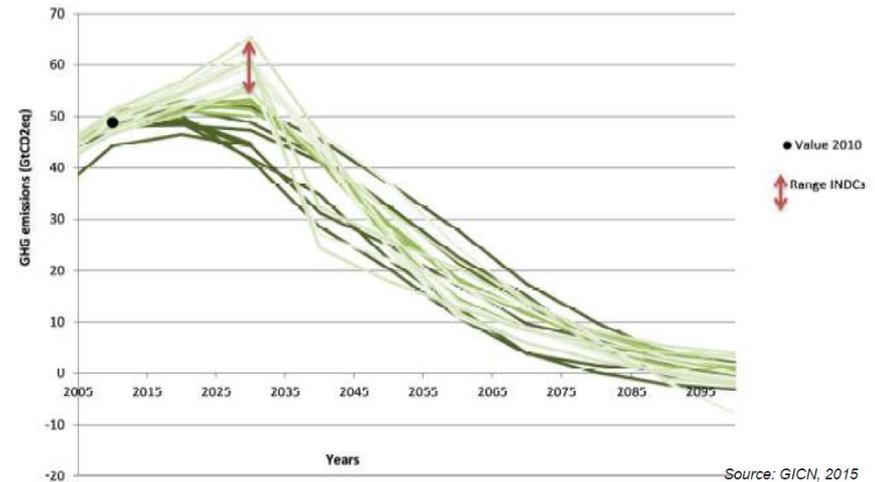
Source: SE4ALL Global Tracking Framework Report

\*Includes kerosene, ethanol, natural gas and electricity

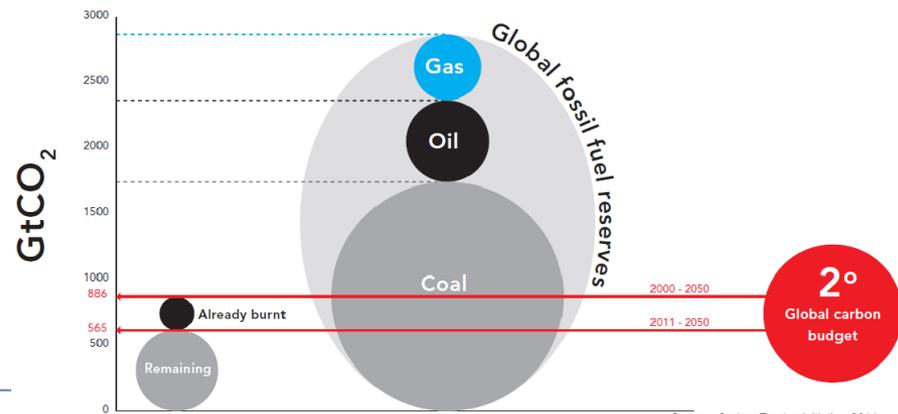
Economist.com/graphicdetail

## Agenda Lutte contre le Changement Climatique

### IPCC 2°C scenarios and INDCs



Source: GICN, 2015



Source: Carbon Tracker Initiative, 2014

## Les 4 piliers de la transition énergétique

Agenda Développement  
Durable

Accès de tous aux  
services énergétiques

Agenda Lutte contre le Changement Climatique

Efficacité énergétique de tous les secteurs

Décarbonation de l'électricité

Substitutions des énergies fossiles par des vecteurs  
énergétiques décarbonnés (électricité, biomasse,  
biocarburants...)

# La TE est une politique publique pouvant produire un triple dividende

## Dividende Environnemental

- La TE permet de réduire les émissions de CO2
- Réduction des pollutions locales

## Dividende Economique

- Les investissements de TE réduisent la dépendance des activités humaines aux énergies fossiles dont les prix sont
  - Volatiles à court terme
  - Non prévisible à moyen terme
  - En toute logique, croissant à long terme dans le scénario BAU
- Effets positifs sur les coûts d'exploitation de certaines ressources (eau + minerais)
- La TE doit être aussi conçue de manière à accompagner la croissance et à assurer la sécurité énergétique des pays

## Dividende Social

- Effet d'entraînement positifs sur l'emploi via
  - Un surcroît d'investissements dans des branches ayant de plus forts contenus en emplois que la branche fossile
- Accès pour tous avec un accès plus large à des sources d'énergie durable
  - Fort impact social en ASS

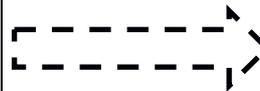
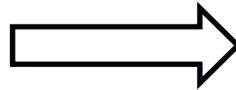
## Le contenu, le processus et le rythme de mise en œuvre de la TE se déclinent de manière différenciée

- La **situation de départ** est très différente d'un pays à l'autre
  
- La TE doit être conçue en s'ancrant dans les **contextes locaux** :
  - **Contexte économique** (taux de croissance, part des secteurs intensifs en énergie dans la croissance...),
  - **Contexte social** (taux d'accès de la population à des services énergétiques fiables, croissance démographique...)
  - **Contexte environnemental** (pollutions locales...)
  - **Contextes sectoriels**:
    - Production et transport d'électricité (nature du mix électrique, niveau des pertes, gisements d'énergies renouvelables...)
    - Transport, industries, bâtiments (efficacité énergétique, substitutions d'énergies...)
  
- **Différentes trajectoires de TE sont possibles** pour chaque pays
  - ex: 4 scénarios pour la France dans le DNTE pour mettre en œuvre le facteur 4 d'ici 2050
  
- **L'élaboration de ces trajectoires requiert l'utilisation d'outils de planification et de modélisation.**

## Modèle sectoriel

- **Les outils de projection sectorielle** (ex: DDPP) servent à étudier les leviers nécessaires à la TE et éviter les « lock-in ». Intérêt de partir des contraintes techniques et de l'évolution prévue des usages
- **Les outils de modélisation sectorielle** (ex. POLES d'Enerdata) : définissent des trajectoires énergétiques en fonction des équilibres offre/demande. Les coûts de production sont endogènes

- **Externalités locales : pollution locale, congestion**

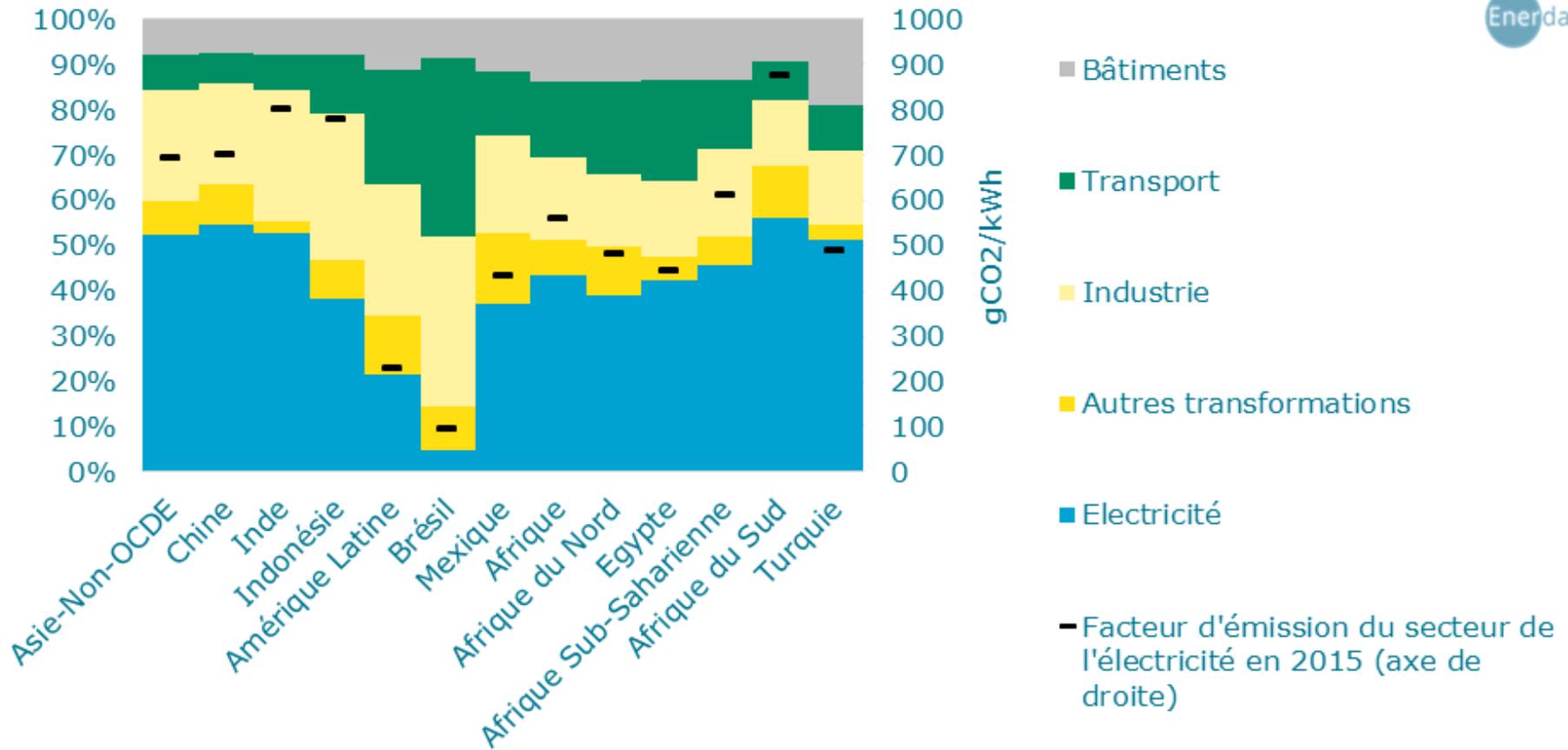


## Modèle Macro

- **Les outils de la modélisation macroéconomique** (3ME, GEMMES...) :
  - utiles pour mesurer les effets d'entraînement sur la croissance et l'emploi des trajectoires de TE
  - Utiles pour nourrir le caractère interministériel de la conception des politiques de TE

- **Les outils de modélisation sectorielle** définissent des trajectoires énergétiques en fonction des équilibres offre/demande et des politiques énergétiques et climatiques.
- **Caractéristiques:**
  - Déclinaison précise des secteurs de demande et d'offre d'énergie
  - Prix internationaux de l'énergie endogènes.
- **Données d'entrée:**
  - Ressources fossiles et renouvelables
  - Hypothèses de croissance du PIB et de la population
  - Politiques énergétiques et climatiques : objectifs de réductions d'émissions, accès à l'électricité, part d'énergies renouvelables...
- **Données de sortie :**
  - Consommation et Production (mix électrique...)
  - Emissions de GES

## Répartition des réductions d'émissions de GES par secteur en 2050 dans le cadre du scénario Energreen (Enerdata)

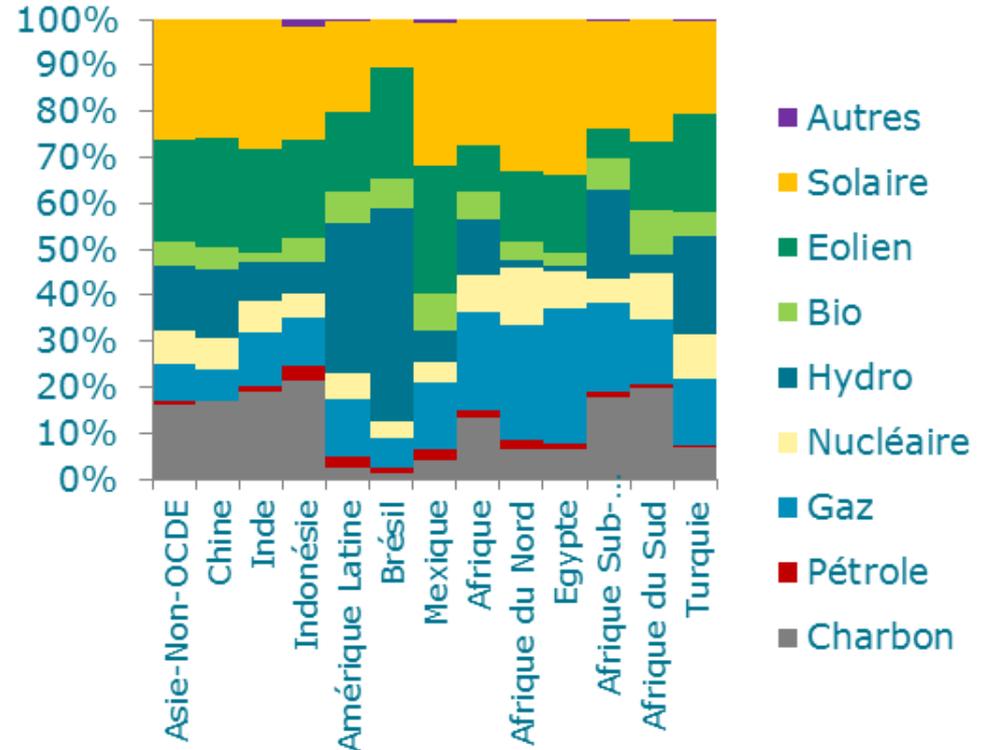
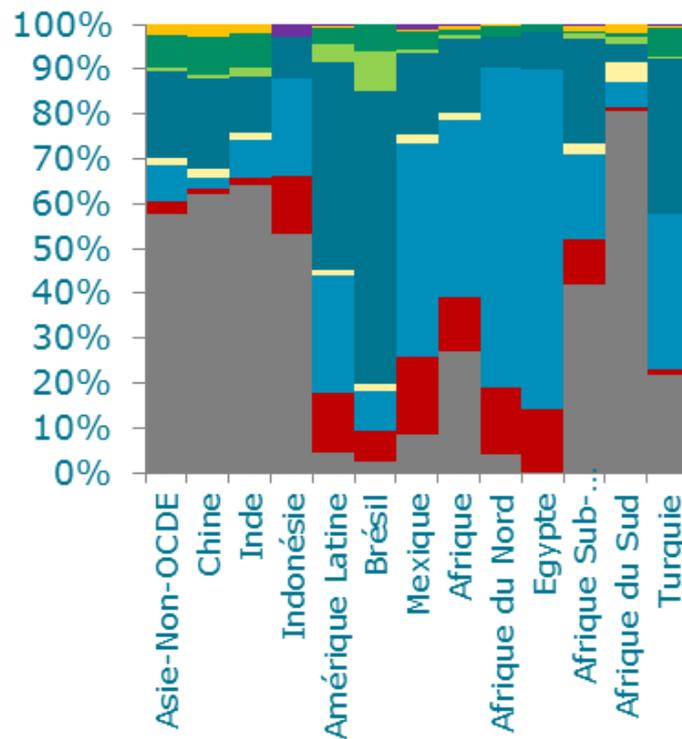


## Evolution du mix électrique dans le cadre du scénario Energreen (source : Enerdata)

2015



2050 - Ener-Green



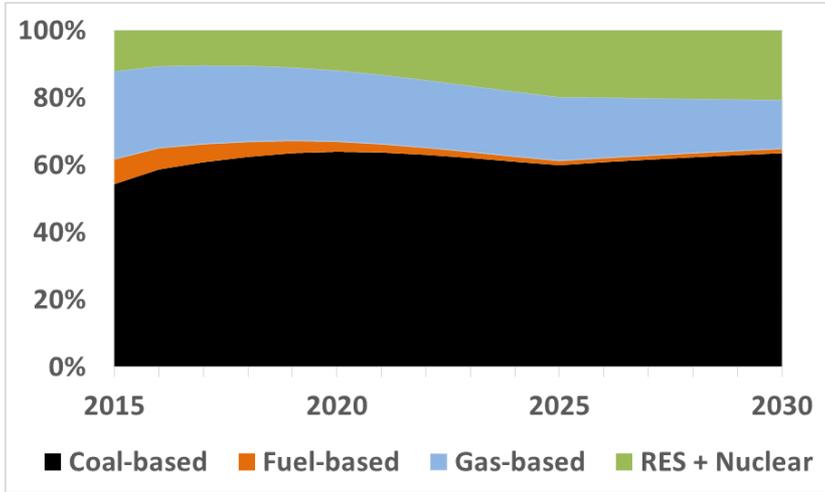
- Mesure les effets d'entraînement sur la croissance et l'emploi des trajectoires de TE
  - Peut montrer que des trajectoires de transition énergétique ambitieuses n'entraînent pas d'impact négatif significatif sur la croissance du PIB et des emplois.
- Permet de nourrir le caractère interministériel de la conception des politiques de TE
  - Outil de dialogue entre les ministères de l'énergie et de l'environnement et le ministère de l'économie et des finances
- L'AFD développe son propre modèle macroéconomique : GEMMES.

## Les outils de la modélisation macroéconomique : 3ME

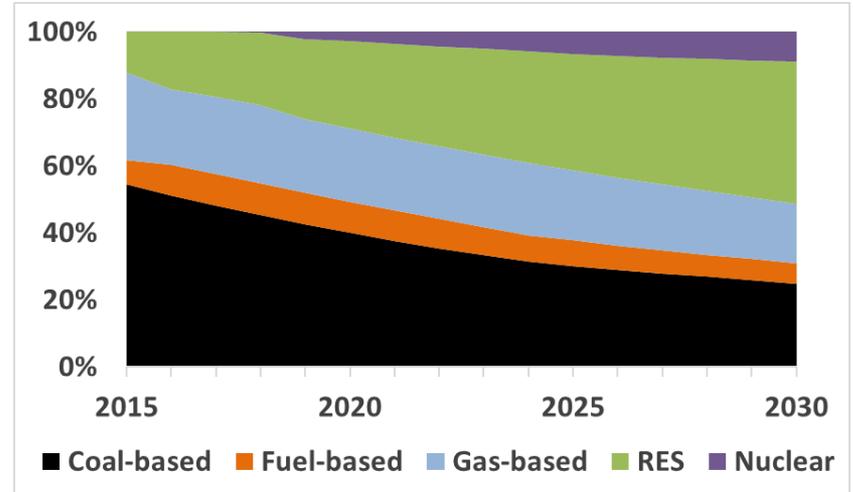
- **3ME a été créé en France par l'OFCE et l'ADEME**, et utilisé pour évaluer les impacts macroéconomiques de la loi sur la transition énergétique et la croissance verte.
- Des versions de **3ME pour le Mexique et l'Indonésie** ont été développées par l'OFCE/TNO avec le soutien de l'AFD.
- **Caractéristiques de 3ME:**
  - Modèle d'équilibre général calculable
  - Economie découpée en 44 secteurs, incluant:
    - 3 secteurs sur les transports
    - 11 secteurs sur l'énergie, dont 8 secteurs pour la production d'électricité
  - L'évolution du mix électrique est un input du modèle : ce type de modèle est complémentaire aux outils de planification ou de modélisation du secteur énergétique.

- Mix électriques modélisés :
  - **Scenario RUPTL** : plan d'investissement à 10 ans de la société nationale d'électricité (PLN)
  - **Scenario DDPP** (*Deep Decarbonisation Pathways Project*)
    - Réalisé dans 16 pays du G20 par des équipes de recherche, avec l'appui de l'IDDRI.
    - Stratégie national bas-carbone à 2050, basé sur :
      - Les caractéristiques nationales (ex: ressources disponibles)
      - Objectifs et les besoins du pays (ex: développement économique...)
    - Cohérent avec l'objectif de limiter le réchauffement à 2°C.
- **Les 2 scénarios ont été comparés à un scénario de référence.**

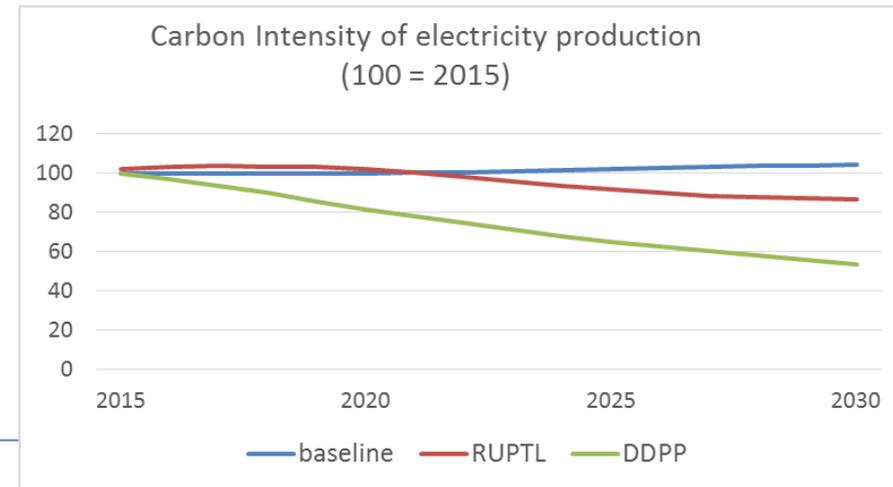
## Scenario RUPTL (en part de production)



## Scenario DDPP (en part de production)



	2015	Baseline 2030	RUPTL 2030	DDPP 2030
<b>Coal</b>	54,3%	69,1%	62,1%	24,6%
<b>Gas</b>	26,1%	14,5%	14,1%	17,9%
<b>Fuel</b>	7,4%	1,3%	1,3%	6,1%
<b>RES</b>	12,2%	13,4%	21,7%	42,4%
<b>Nuclear</b>	0,0%	1,6%	0,8%	8,9%



- *Résultats du modèle (en comparaison au scénario de référence, (a) en %, (d) en milliers)*

Macroeconomic results		RUPTL Scenario			DDPP Scenario		
		2020	2025	2030	2020	2025	2030
Real GDP	(a)	-0.01	0.03	0.07	0.27	0.53	0.62
Household consumption	(a)	-0.03	0.04	0.12	0.28	0.76	1.02
Investments	(a)	0.03	-0.02	-0.07	1.10	2.24	2.69
Exports	(a)	0.00	0.02	0.05	-0.04	-0.19	-0.34
Imports	(a)	0.00	-0.06	-0.10	0.34	0.78	1.01
Employment	(d)	-15.61	24.77	61.72	257.33	471.68	456.78
Real wage	(a)	-0.02	0.03	0.08	0.20	0.68	1.05
Price	(a)	-0.01	-0.06	-0.11	0.09	0.32	0.46

- Les 2 scénarios ont un effet limité sur la croissance à 2030
- Le scénario DDPP présente des impacts positifs en matière de croissance du PIB (+ 0.62% en 2030 ) et d'emplois (+ 456 800 en 2030) par rapport au scénario de référence, plus élevés que le scénario RUPTL

# Impacts macroéconomiques de différents mix électriques en Indonésie

- *Impacts sur l'emploi au niveau sectoriel (variation annuelle moyenne entre 2015 et 2030, par rapport au scénario de référence)*
- Baisse de l'emploi dans les secteurs fossiles...
- largement compensé dans le scénario DDPP par les secteurs renouvelables, industrie et tertiaire.

	RUPTL	DDPP
Electricity - Coal	-2.6	-25.6
Electricity - Gas	-3.2	1.5
Electricity - Fuel	-0.1	5.7
Electricity - Hydro	10.3	33.7
Electricity - Geothermal	9.1	47.2
Electricity - Solar	0.4	67.9
Electricity - Wind	3.0	0.7
Electricity - Nuclear	0.0	2.6
<b>TOTAL ELECTRICITY</b>	<b>16.8</b>	<b>133.7</b>
Industry	5.1	137.5
Transport	0.3	0.5
Tertiary	2.1	89.7
Coal	-4.0	-31.6
Fuel	-5.3	5.7
Natural gas	-2.5	1.7
<b>TOTAL</b>	<b>12.5</b>	<b>337.2</b>

## Conclusion

- La Transition Énergétique (TE) repose sur 4 piliers :
  - **Accès de tous aux services énergétiques**
  - **Efficacité énergétique de tous les secteurs**
  - **Décarbonation de l'électricité**
  - **Substitutions des énergies fossiles par des vecteurs énergétiques décarbonnés** (électricité, biomasse, biocarburants...)
- La TE est une politique publique pouvant produire un **triple dividende** (environnemental, économique, social), qui doit être conçue en s'ancrant dans les **contextes locaux** (différenciation).
- L'élaboration des trajectoires de TE requiert l'utilisation d'**outils de modélisation**.
  - La **modélisation sectorielle** permet de **définir des trajectoires de transition énergétique** efficaces et ambitieuses.
  - La **modélisation macro** peut montrer que ces trajectoires de transition énergétique ambitieuses entraînent un **impact positif sur la croissance du PIB et des emplois**.