

Project INSA - "De l'électricité 100% issue des ENR en 2050 ? L'analyse de Philippe Quirion"

Eoles model performs optimization of the investment and operation of the energy system in order to minimize the total cost while satisfying energy demand.

Goals:

- Analyse of the EOLES model of P. Quirion
- Development of a random model of the weather (ENR profiles)
-

Gitlab link of P. Quirion resources:

https://gitlab.in2p3.fr/nilam.de_oliveira-gill/eoles/-/tree/master

Information on the dependencies you must install:

https://gitlab.in2p3.fr/nilam.de_oliveira-gill/eoles/-/blob/master/README.md

Structure of the project:

- **inputs:** input data (refer [here](#)).
- **outputs:** output data (refer [here](#)).
- **data_visualization:** display of the provided data (inputs and outputs).
- **Quirion_results_analysis:** analysis of the outputs of M. Quirion.
- **model_simulation:** optimisation of the mix energetic in order to minimize the total cost while satisfying energy demand.
- **model:** .py used in model_simulation to optimize the mix without optimizing the starting variables which are fixed at the beginning of the year.
 - **Q:** the installed capacity
 - **S:** entrance flux of a storage technology
 - **VOLUME:** energy capacity of each storage technology
- **complete_model_simulation:** optimisation of the starting variables and the mix energetic in order to minimize the total cost while satisfying energy demand.
(Output: **Simulations_completes**)
- **complete_model:** .py used in model_simulation to optimize the mix and the starting variables Q, S and VOLUME.
(Output: **Simulations_opti**)

Resources of the different projects INSA:

Elisa Escanez and Sébastien Castets: https://github.com/BehrangShirizadeh/EOLES_elecRES

Theo Renouard and Zoe Philippon: https://github.com/trenouard/Mix_energetique_2050

Pour un bon résumé des paramètres et variables du modèle les tableaux du rapport d’Elisa et Sébastien m’ont bien aidé :

Index of the set	Description	Technologies
<i>tec</i>	Technologies used for electricity generation and energy storage	offshore, onshore, PV, river, lake, biogas, PHS, battery, methanation
<i>gen</i>	Technologies used for electricity generation	offshore, onshore, PV, river, lake, biogas
<i>str</i>	Technologies used for energy storage	PHS, battery, methanation
<i>vre</i>	Renewable electricity generation technologies	onshore, offshore, PV
<i>frr</i>	Dispatchable technologies for secondary reserves	lake, battery, PHS, biogas

Table 1: Sets defined for the EOLES model

Variable	Description	Unit
$G_{tec,h}$	Electricity generation by a technology at hour h	GWh_e
Q_{tec}	Installed capacity of a technology	GW_e
$STORAGE_{str,h}$	Electricity entering in a storage technology at hour h	GWh
$STORED_{str,h}$	Stored electricity in a storage technology at hour h	GWh_e
S_{str}	Charging capacity of a storage technology	GW
$VOLUME_{str}$	Energy capacity of a storage technology	GWh
$RSV_{frr,h}$	Upward frequency restoration requirement at hour h	GWe
COST	Overall investment cost over the year	b€

Table 2: Variables

Parameter	Description	Unit
$demand_h$	Hourly electricity demand profile	GW_e
$\delta_{uncertainty}^{load}, \delta_{variation}^{load}$	Uncertainty coefficient for electricity demand / Load variation factor	
$cf_{vre,h}$	Hourly capacity factor profile of variable renewable energies	
ϵ_{vre}	Additional frequency restoration requirement for renewables	
$river_h$	Hourly capacity factor profile for run-of-river	
$lake_m$	Producible energy of a lake during a month	$GW h_e$
q_{tec}^{ex}	Existing capacity for a technology	GW_e
$\eta_{str}^{in}, \eta_{str}^{out}$	Charging and discharging efficiency for a storage technology	
q^{pump}	Pumping capacity of PHS	GW_e
e_{PHS}^{max}	Maximum energy volume of a PHS	$GW h_e$
e_{biogas}^{max}	Maximum energy generation by biogas over a year	$TW h_e$
$annuity_{tec}, annuity_{str}^{en}$	Capital cost of each technology / energy volume storage	$M\text{€}/GW_e/\text{year}, M\text{€}/GW h/\text{year}$
$capex_{str}^{ch}$	Capital cost of charging power for storage technology	$M\text{€}/GW/\text{year}$
$fO\&M_{str}^{ch}, fO\&M_{tec}$	Fixed Operation and Maintenance cost of charging power for storage technologies / for a technology	$M\text{€}/GW/\text{year}, M\text{€}/GW_e/\text{year}$
$vO\&M_{tec}$	Variable Operation and Maintenance cost for a technology	$M\text{€}/GW h_e$

Table 3: Description of the EOLES model parameters

Fonction coût : coûts liés à la production et au stockage d'électricité sur une année (investissements, coûts fixes et variables d'opération et de maintenance).

$$\begin{aligned}
COST = & \left(\sum_{tec} ((Q_{tec} - q_{tec}^{ex}) \times annuity_{tec}) + \sum_{str} (VOLUME_{str} \times annuity_{str}^{en}) \right. \\
& + \sum_{tec} (Q_{tec} \times fO\&M_{tec}) + \sum_{str} (S_{str} \times (capex_{str}^{ch} + fO\&M_{str}^{ch})) \\
& \left. + \sum_{tec} \sum_h (G_{tec,h} \times vO\&M_{tec}) \right) / 1000
\end{aligned}$$

Les **contraintes** sont également détaillées dans le rapport de M. Quirion pages 8 à 11.

Inputs

VRE profiles :

vre_profiles2006new : profils des vre (hourly capacity factors) selon renewables.ninja factors

existing_capas_elec_new : capacités existantes (regroupe toutes les données sur les capacités)

capacity_ex : donnée de

- phs
- Batterie 1
- Batterie 4
- Hydrogène

fix_capas : capacités fixes (river / lake)

max_capas_elec_new: maximum des capacités
(offshore_f / offshore_g / onshore / pv_g / pv_c / river)

reserve_requirements_new : volume des réserves requises pour les sources
(les mêmes que max_capas)

eta_in : efficacité de charge et décharge (*eta_out*)

miscellaneous : diverses données

lake2006 : par mois

Cost data :

annuities_elec_new : annuité des technologies génératrices (paiement annuel) (€/kW/year)

str_annuities_elec_new : annuité des technologies de stockage (€/kW/year)

- Phs
- Batterie 1
- Batterie 4
- Hydrogène

s_capex : CAPEX (capital expenditure) (€/kW)

s_opex : OPEX (operational expenditure) (€/kW)

fO&M_elec_new : coûts fixes et maintenance (€/kW/year)

vO&M_elec_new : coûts variables et maintenance (€/MWh)

Electricity demand profiles :

demand2050_RTE : demande d'électricité heure par heure en 2050 prédite par RTE

demand2050_ademe : demande d'électricité heure par heure en 2050 prédite par l'ADEME

demand2050_negawatt : demande d'électricité heure par heure en 2050 prédite par Négawatt

Outputs

weather years : valeurs optimales des configurations des capacités de début chaque année

cost decomposition for all scenarios : coût de chaque technologie pour les différents scénarios

LCOEs : coût actualisé de l'énergie » il correspond au prix complet d'une énergie (l'électricité dans la plupart des cas) sur la durée de vie de l'équipement qui l'a produit.

robustness results: résultats robustes (sur le prix des PV, Onshore, Offshore, Méthanation, Batteries)

sensitivity results : résultats sensibles aux perturbations

scenarios complete : Excel

scenarios : coût des différentes énergies après la simulation et pourcentages prix paramètres