

# 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](https://gitlab.in2p3.fr/nilam.de_oliveira-gill/eoles/-/tree/master)

[https://github.com/BehrangShirizadeh/EOLES\\_elecRES](https://github.com/BehrangShirizadeh/EOLES_elecRES)

Information on the dependencies you must install:

[https://gitlab.in2p3.fr/nilam.de\\_oliveira-gill/eoles/-/blob/master/README.md](https://gitlab.in2p3.fr/nilam.de_oliveira-gill/eoles/-/blob/master/README.md)

## **Solver:**

Put the file cbc.exe (<https://ampl.com/products/solvers/open-source/#cbc>) in the repertory bin of Python (if you have anaconda: \anaconda3\Library\bin).

## 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.
- **opti\_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:

Theo Renouard and Zoe Philippon: [https://github.com/trenouard/Mix\\_energetique\\_2050](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 $h$	$GW_e$
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	
$\epsilon_{vre}$	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.  
(installed capacity of each power production technology in GWe and energy storage capacity of each storage technology during each optimization period)

*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