

# 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)

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)

## 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.
- **complete\_model:** .py used in model\_simulation to optimize the mix and the starting variables Q, S and VOLUME.

## Resources of the different projects INSA:

Elisa Escanez and Sébastien Castets: [https://github.com/BehrangShirizadeh/EOLES\\_elecRES](https://github.com/BehrangShirizadeh/EOLES_elecRES)

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

*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