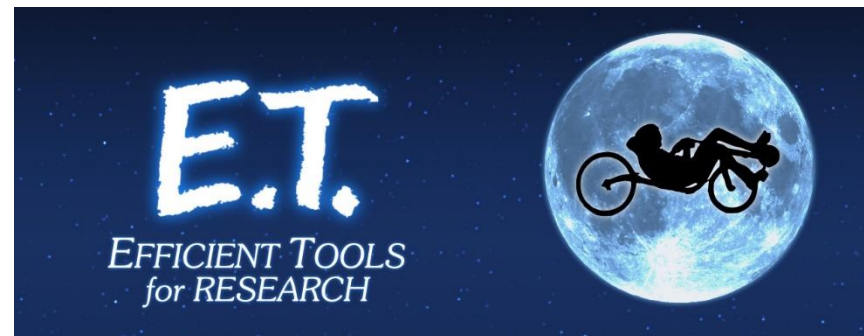


Dimensionner un microréseau « en 3 clics » avec HOMER

Pierre Haessig, Nabil Sadou (IETR, AUT)

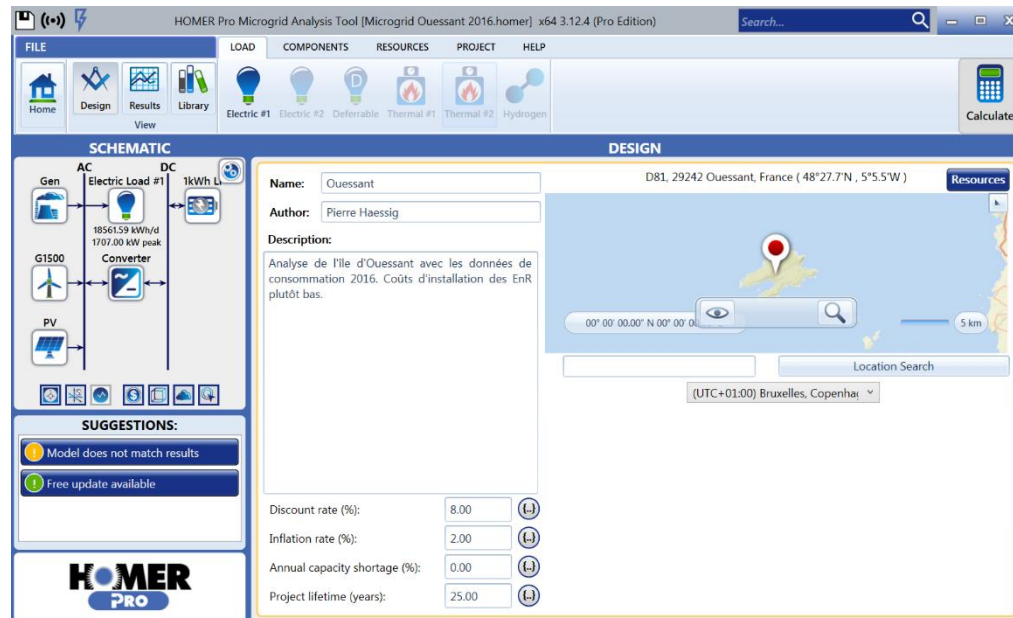
CentraleSupélec, Rennes, 21 juin 2019



A seminar in the “AUT Efficient Tools Seminar” series

Plan

- Définition du problème « dimensionner un microréseau »
- Démonstration d'HOMER
 - Cas d'application : île d'Ouessant



Ouessant vu par Jean-Christophe Foureau, www.ot-ouessant.fr

Définition d'un micro-réseau

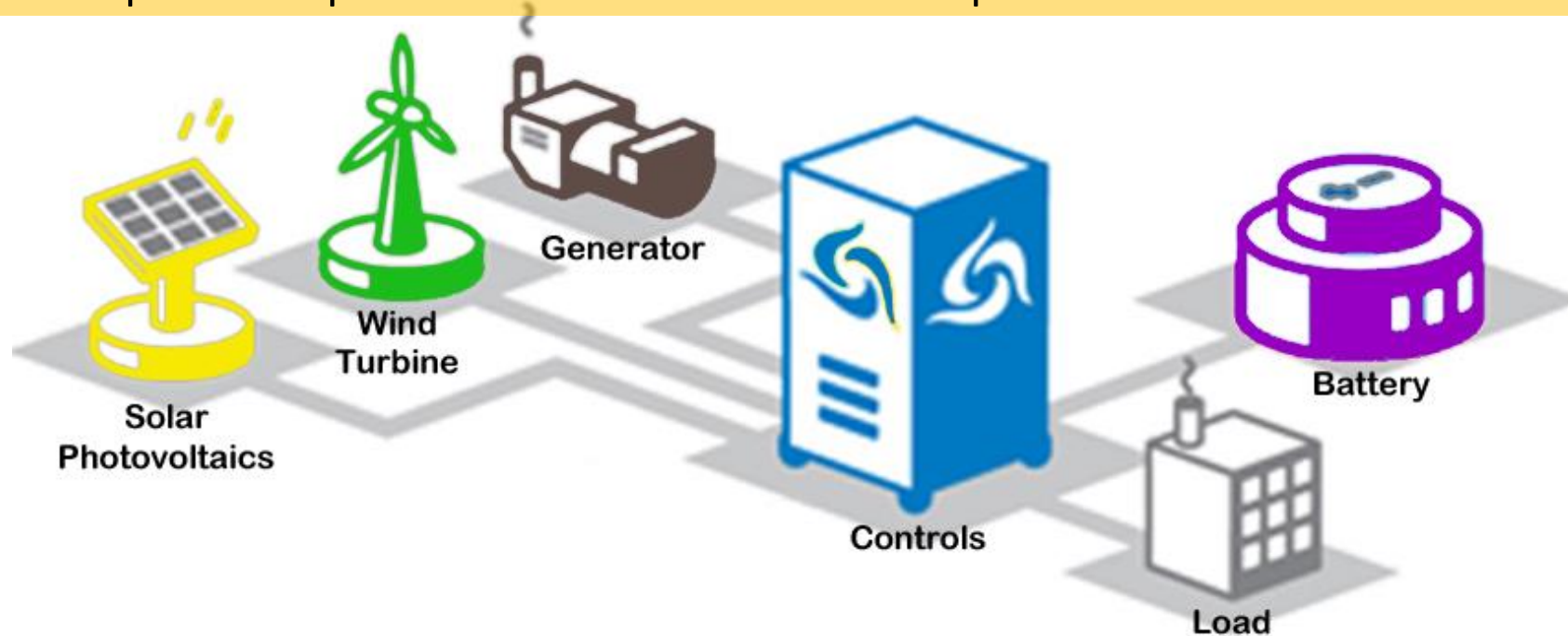
Un micro-réseau est un réseau, généralement multi-sources :

- **autonome**

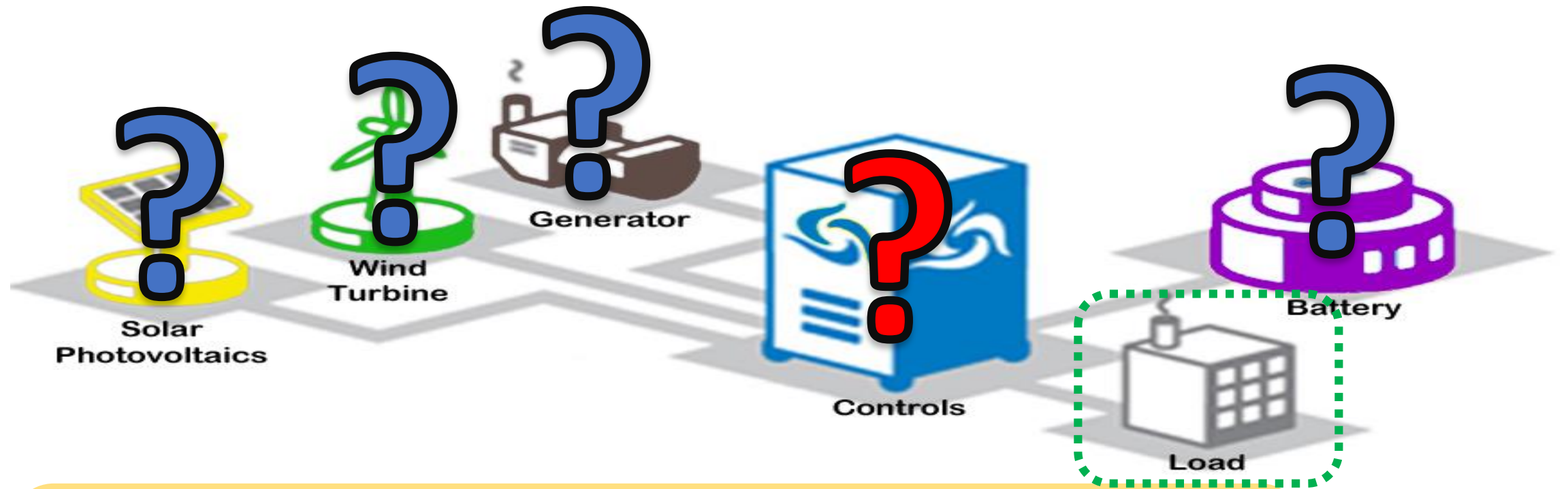
ou

- **raccordé** à un « grand réseau »

- qui se comporte comme un seul acteur du point de vue du réseau



Dimensionnement d'un micro-réseau



Dimensionnement : « quels composants pour alimenter la **charge** ? »

Paramètres à dimensionner :

- Taille des composants (capacité, puissance...) ?
- Algorithme de dispatching ?

Le problème de dimensionnement

Données d'entrée

- Données météo
- Données de consommation
- Paramètres techniques : rendements, durées de vie, facteurs de coûts,...

Objectifs

Minimiser le coût global

Maximiser la qualité de service

Minimiser l'impact environnemental

Difficultés

- Horizon long (25 ans) vs pas de temps court ($\leq 1h$)
 - Nécessité d'une simulation temporelle itérative (dynamique)
- Incertitudes sur les données d'entrée (court et long terme)

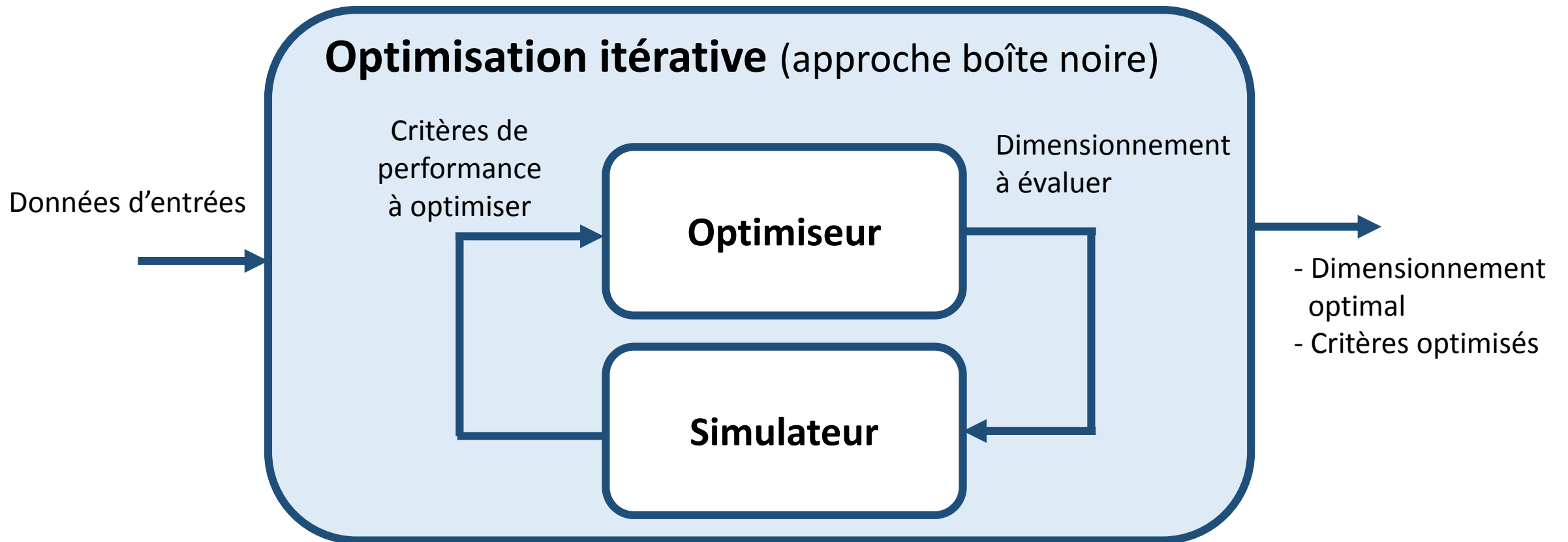
Définition du dimensionnement optimal

Dimensionner le micro-réseau optimal

=

Trouver le dimensionnement
qui minimise un ou des *objectifs*
en répondant à des *contraintes*

Principe du dimensionnement



État de l'art : *un problème réglé depuis longtemps ?*

Outils de dimensionnement des micro-réseaux :
(*synonymes : systèmes isolés/hybrides*)

- HOMER Pro (*"Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources"*)
 - Développé au NREL (~1995)
 - Commercialisé par HOMER Energy LLC (2009) www.homerenergy.com
- Hybrid2 www.umass.edu/windenergy/research/topics/tools/software/hybrid2
 - University of Massachusetts Amherst (~1990 – 2006)
W. Stein, J. F. Manwell, J. G. McGowan and W. Q. Jeffries, "Further developments with the University of Massachusetts wind/diesel system simulator", Proceedings of AWEA Windpower 90 (1990)
 - *développement abandonné*
- [Thèse](#) O. Gergaud (Système PV-éolien-stockage) à l'ENS Rennes, 2002
- ... ?



Système expérimental éolien-photovoltaïque (1,5 kW et 2 kW) couplé au réseau et associé à 15 kWh de batteries.

Le logiciel HOMER

3 fonctionnalités

Simulateur

- Simulation sur un an, extrapolée sur 25 ans

Résultats :

- Énergétiques
- Économiques

Optimiseur (2016)

- Boîte noire non documentée

Analyse de sensibilité

- Simuler en faisant varier un paramètre (ex : prix du fuel)



Démo HOMER Pro

sur le cas de l'île d'Ouessant



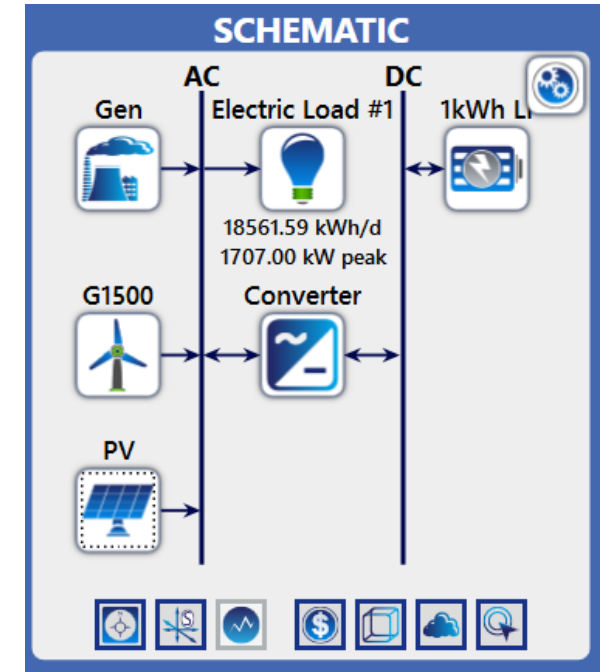
Ouessant vu par Jean-Christophe Foureau, www.ot-ouessant.fr

Cas d'étude : micro-réseau Ouessant

Composants :

- Productions renouvelables : Éolien, PV
- Production thermique : Générateur Diesel
- Stockage : Batterie

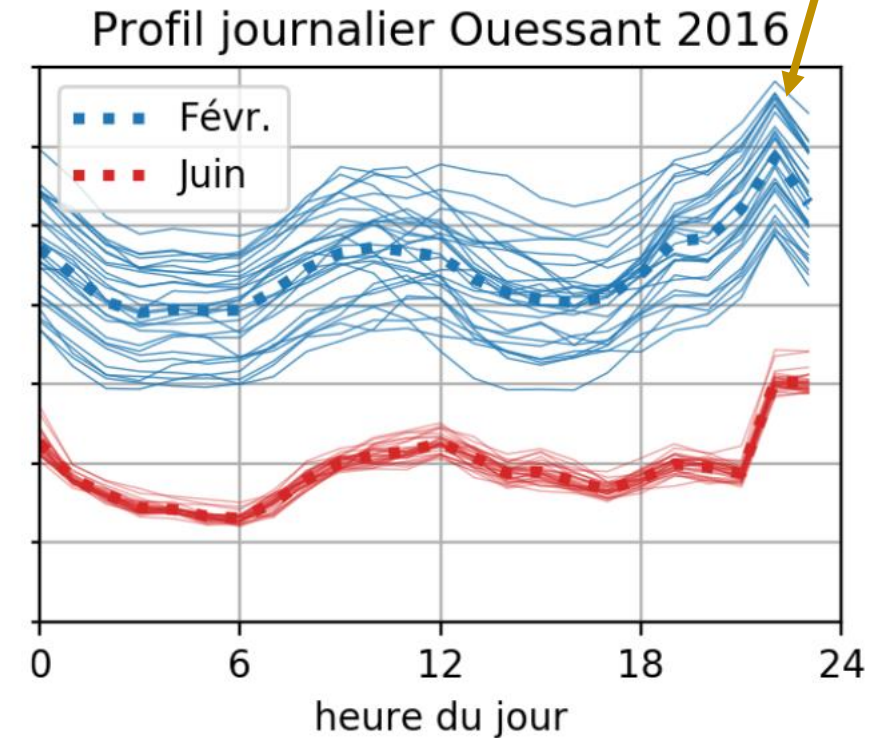
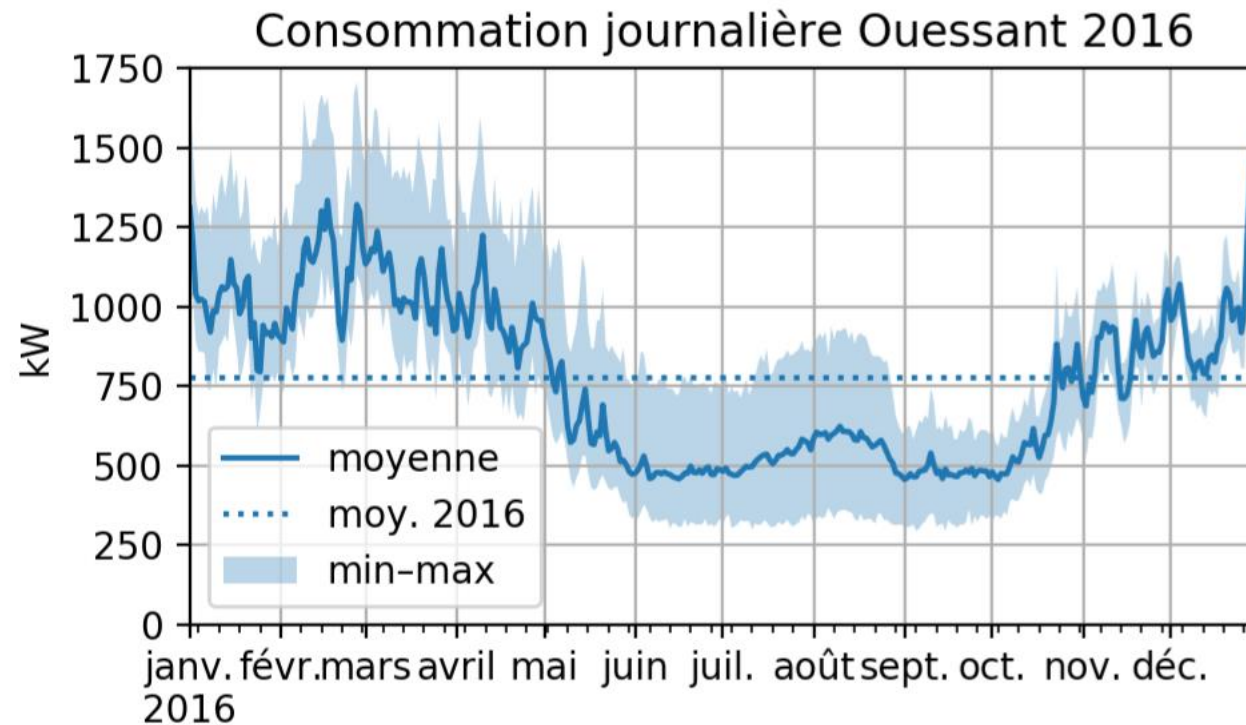
et bien sûr la **Charge**, supposée non déplaçable



*Architecture
du micro-réseau
sous HOMER*

L'île d'Ouessant : consommation

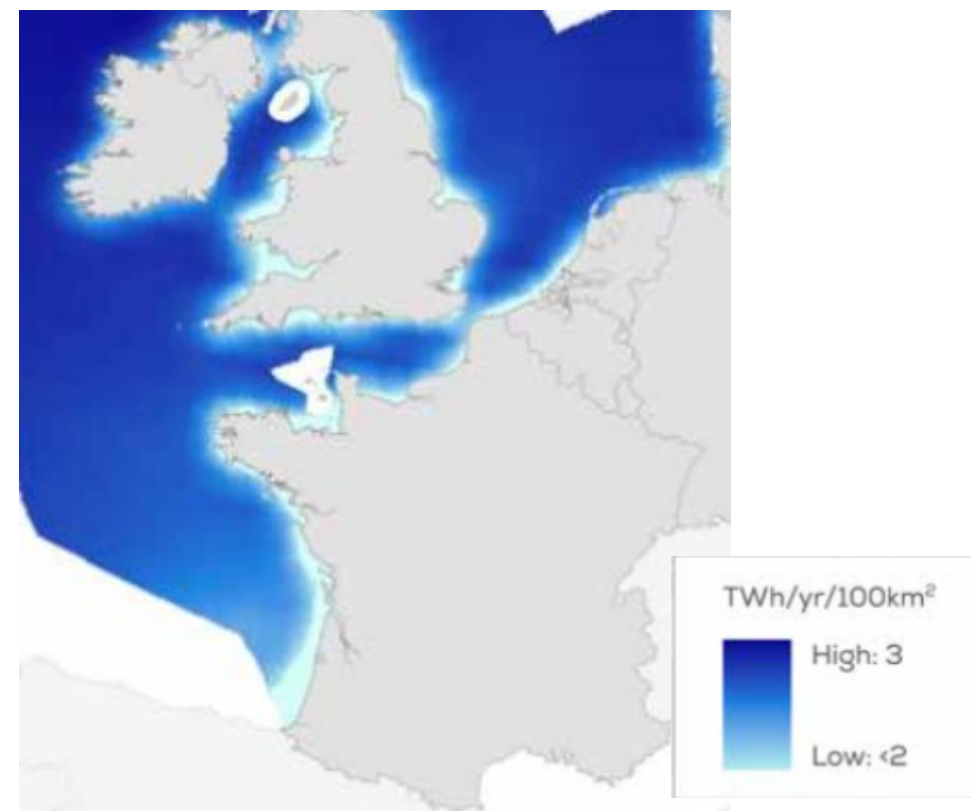
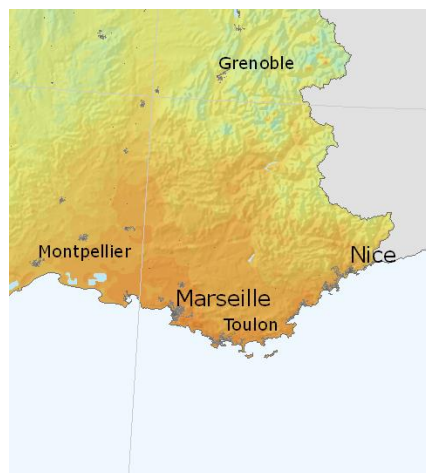
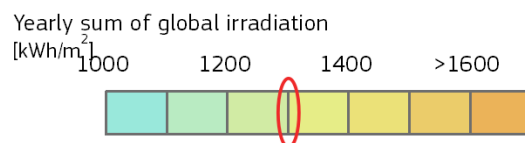
Ballons d'eau chaude sanitaire ?



Consommation électricité annuelle : 6 500 MWh (842 hab.)
→ moyenne : 750 kW, max : 2000 kW

L'île d'Ouessant : ressources renouvelables

Potentiel : solaire honorable, éolien très bon



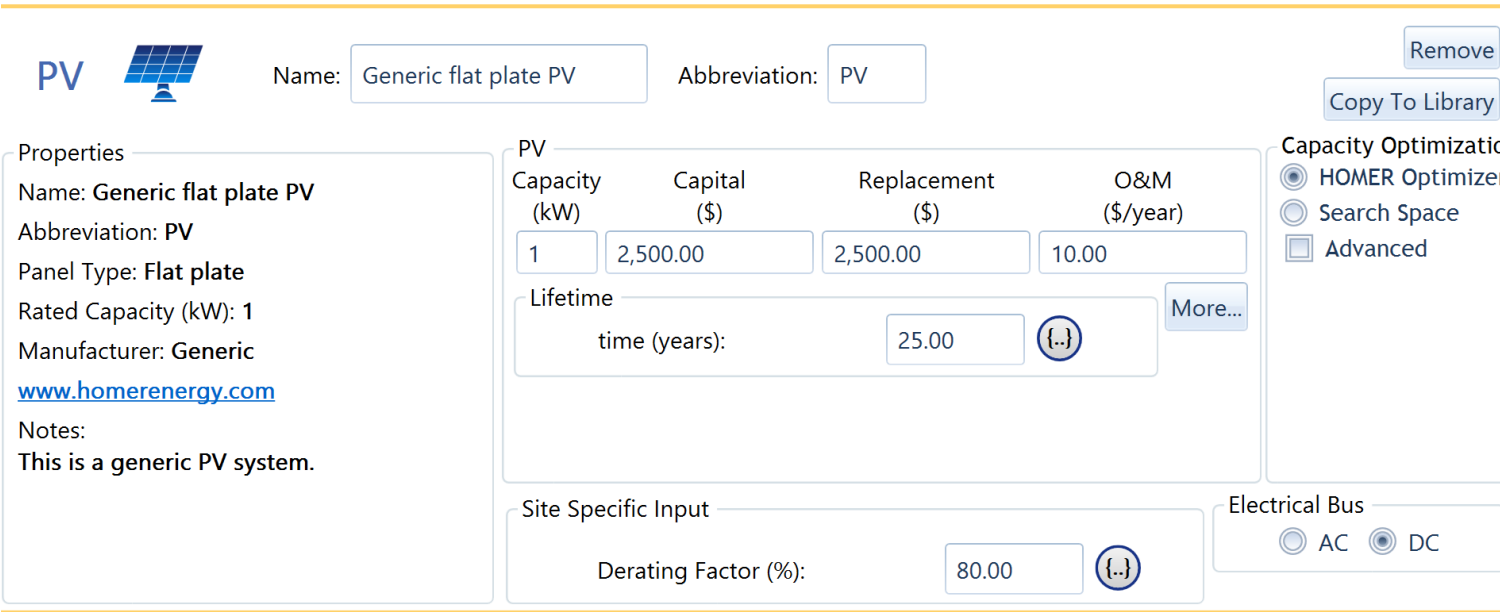
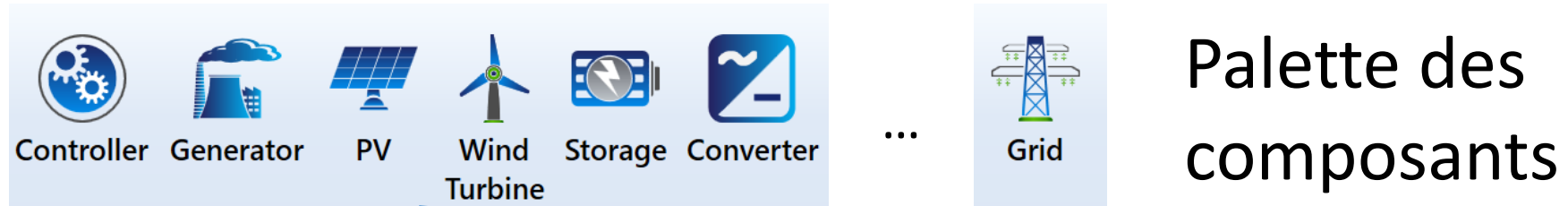
PVGIS solar resource maps: re.jrc.ec.europa.eu/pvgis.html

Wind Europe 2017 "Unleashing Europe's offshore wind potential", Figure 7

Plan de la démo

- 1. Conception** du micro-réseau (définition des composants)
 - Réglage des paramètres (coûts, durées de vie...)
 - Données d'entrées : météo, consommation (base HOMER ou fichier)
- 2. Optimisation**
 - Définition du critère économique et des contraintes techniques (taux d'actualisation, délestage, taux d'EnR)
 - Variables continues ou discrètes (choix dans un catalogue)
- 3. Analyse** des résultats
 - Graphiques variés : Cost summary, Cash Flows, Electrical (mix), ...
- 4. Analyse de sensibilité**
 - Effet du prix du carburant Diesel

HOMER : Composants du micro-réseau



Régler les paramètres d'un composant

PV Name: Generic flat plate PV Abbreviation: PV Remove Copy To Library

Properties
Name: Generic flat plate PV
Abbreviation: PV
Panel Type: Flat plate
Rated Capacity (kW): 1
Manufacturer: Generic
www.homerenergy.com
Notes:
This is a generic PV system.

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	2,500.00	2,500.00	10.00

Lifetime time (years): 25.00 More...

Site Specific Input
Derating Factor (%): 80.00

Electrical Bus
 AC DC

Detailed description: A detailed configuration window for a PV component. It includes a 'Name' field (Generic flat plate PV), an 'Abbreviation' field (PV), and a 'Remove' button. Below is a 'Properties' section with various fields. A table shows capacity, capital, replacement, and O&M costs. There are also fields for 'Lifetime time (years)' and 'Derating Factor (%)'. At the bottom, there are radio buttons for 'Electrical Bus' (AC or DC).

Réglages des paramètres composant

Hypothèse principales coûts et durée de vie

Un peu d'avance sur les soldes ?

Composant	Puissance unitaire	Coût installation	Durée de vie
Générateur Diesel	-	0,5 €/W	15 000 h allumé
Éolienne	1 500 kW	2 €/W	25 ans
PV	-	1 €/W _c	25 ans
Batterie + onduleur	-	0,2 €/Wh + 0,3 €/W	15 ans ou 3000 cycles

et carburant Diesel : 1 €/litre → coût marginal générateur : 0,264 €/kWh

NB : marché de gros 0,050 €/kWh (moyenne [France 2018](#))

Résultats : interface HOMER

Durée du calcul
d'optimisation :
qq minutes
(9000 config.
explorée)

CALCULATION REPORT

7,401 solutions were simulated:
5,933 were feasible.
1,468 were infeasible due to the capacity shortage constraint.

1,281 were omitted:
0 due to infeasibility.
580 for lacking a converter.
451 for having an unnecessary converter.
222 for no sources of power generation.

RESULTS

Export... Export All... **Sensitivity Cases** Left Click on a sensitivity case to see its Optimization Results. Compare Economics Column Choices...

Architecture							Cost				System	
PV (kW)	G1500	Gen (kW)	1kWh LI	Converter (kW)	Dispatch	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	
51.7	2	1,900	8,927	1,447	LF	\$14.6M	\$0.167	\$417,278	\$9.22M	92.2	147,891	

Export... **Optimization Results** Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results. Categorized Overall

Architecture							Cost				System	
PV (kW)	G1500	Gen (kW)	1kWh LI	Converter (kW)	Dispatch	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total (L/y)	
51.7	2	1,900	8,927	1,447	LF	\$14.6M	\$0.167	\$417,278	\$9.22M	92.2	147,891	
	2	1,900	8,859	1,516	LF	\$14.6M	\$0.167	\$420,994	\$9.18M	92.0	151,000	
	3		29,512	2,322	CC	\$25.7M	\$0.294	\$586,264	\$18.1M	100	0	
	3	1,900			CC	\$26.2M	\$0.299	\$1.25M	\$9.05M	64.1	694,000	
	3	1,900			CC	\$26.2M	\$0.299	\$1.25M	\$10.0M	64.2	690,800	

Simulation Results

System Architecture: Autosize Genset (1,900 kW) HOMER Load Following
Generic flat plate PV (51.7 kW) Generic 1kWh Li-Ion (8,927 strings)
Generic 1.5 MW (2.00) System Converter (1,447 kW)

Total NPC: \$14,615,700.00
Levelized COE: \$0.1669
Operating Cost: \$417,278.10

Generic 1.5 MW System Converter Emissions

Cost Summary Cash Flow Compare Economics Electrical Fuel Summary Autosize Genset Renewable Penetration Generic 1kWh Li-Ion Generic flat plate PV

Cost Type: Net Present Annualized

Categorize: By Component By Cost Type

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Autosize Genset	\$950,000.00	\$330,491.17	\$598,337.18	\$1,911,858.11	(\$147,168.37)	\$3,643,518.09
Generic 1.5 MW	\$6,000,000.00	\$0.00	\$775,650.99	\$0.00	\$0.00	\$6,775,650.99
Generic 1kWh Li-Ion	\$1,785,400.00	\$757,498.50	\$1,154,039.40	\$0.00	(\$142,568.86)	\$3,554,369.04
Generic flat plate PV	\$51,748.46	\$0.00	\$6,689.79	\$0.00	\$0.00	\$58,438.25
System Converter	\$434,181.32	\$184,211.77	\$0.00	\$0.00	(\$34,670.51)	\$583,722.57
System	\$9,221,329.77	\$1,272,201.44	\$2,534,717.36	\$1,911,858.11	(\$324,407.75)	\$14,615,698.94

Simulation Report Time Series Plot Other...

Tous les dimensionnements évalués par HOMER

Analyse détaillée d'un dimensionnement

Résultats de dimensionnement à Ouessant

Net Present Cost	Cost of Energy	Taux EnR
14,6 M€	0,167 €/kWh	92 %

Composant	Puissance unitaire	Énergie produite /an	Durée de vie
Générateur Diesel	1 900 kW	530 kWh (812 h ON)	18,5 ans
Éolienne	2 × 1 500 kW	12 370 kWh (C.F. 47 %)	
PV	52 kW _c	58 kWh	
Batterie + onduleur	1450 kW, 8930 kWh	-120 kWh pertes	15 ans
Total	~5 000 kW + batterie	12 960 kWh → surplus 5 890 kWh (45 %)	

Et stratégie de dispatch *Load Following* (LF), typique d'une faible utilisation du générateur Diesel

Limites d'Homer

- Boîte noire, non scriptable (interface Python, Matlab absente)
- Critères/contraintes d'optimisation limités
 - e.g. critères de qualité de service : durée maximale de coupure...
- Règles de dispatch figées (quoique)
- Prise en compte de l'incertain dans le dimensionnement :
 - Dimensionnement "Wait-and-see" : OK (analyse de sensibilité)
 - Dimensionnement "Here-and-now" : absent
 - Multi-stage stochastic program?

Annexe

Stratégies de dispatching

Dispatch : répartition de la consommation nette (conso – EnR) entre les ressources « contrôlables » (générateurs Diesel, batteries)

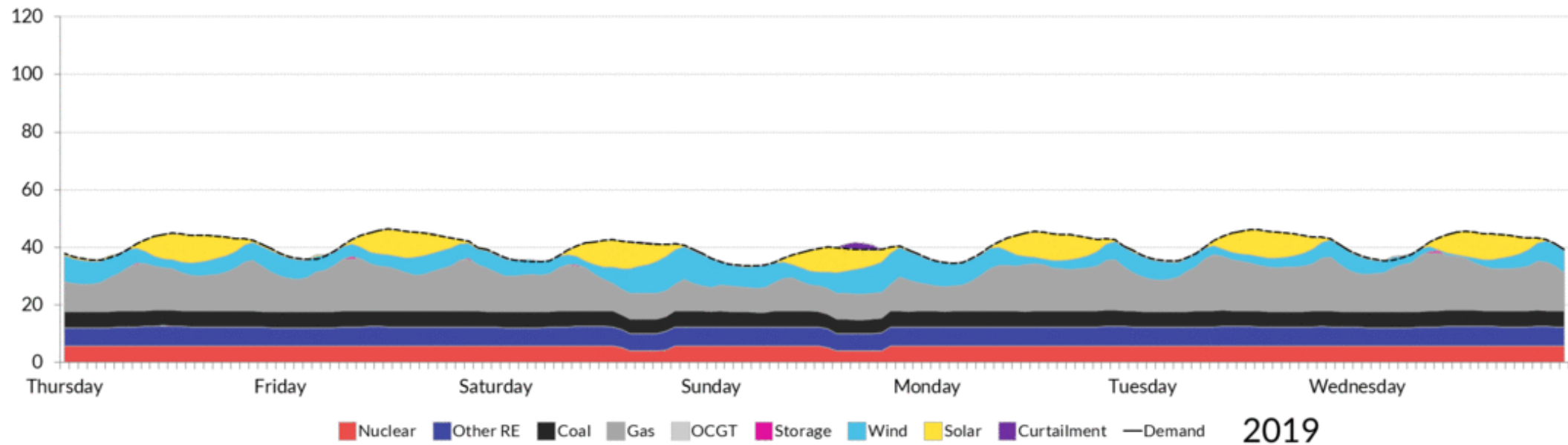
Deux

- **Load Following** : N'utilise le diesel que lorsque c'est nécessaire
- **Cycle Charging** : Privilégie une utilisation du diesel à puissance maximale qui charge les batteries

À propos de l'énergie en surplus *version anim*

“Back-up and curtailment are a feature, not a bug!”

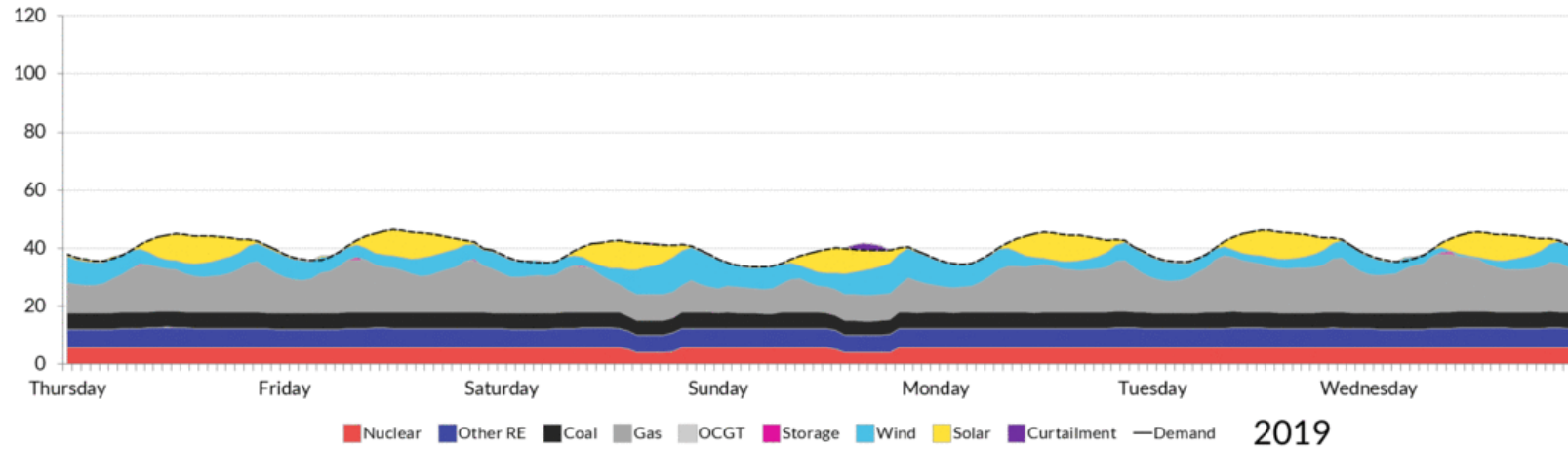
(Présentation du BNEF New Energy Outlook 2018, à 43:00 <https://youtu.be/8uDhm9a0PeQ?t=2580>)



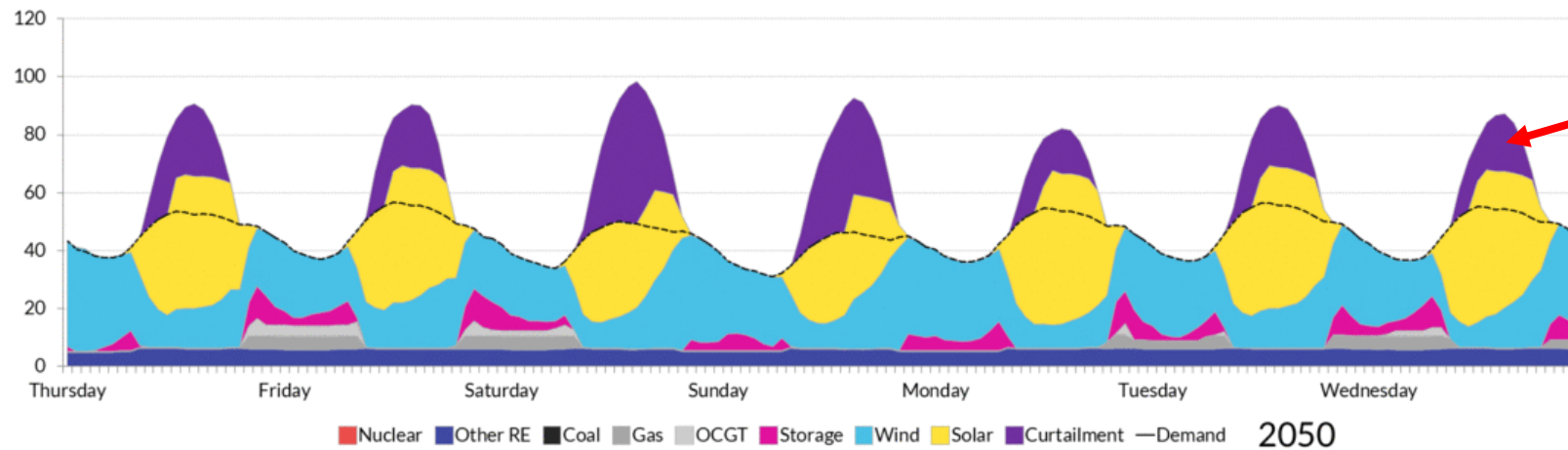
Animation: *“Iberia intraday generation mix, summertime, 2019 to 2050 (GW)”*

(BNEF New Energy Outlook 2019, Key Findings about.bnef.com/new-energy-outlook/)

À propos de l'énergie en surplus *sans animation*



“Back-up and curtailment are a feature, not a bug!”



“Iberia intraday generation mix, summertime, 2019 to 2050 (GW)”

Fichiers de résultats exportés d'HOMER

- Liste des dimensionnements explorés et indices de performance
 - `Ouessant_results.csv` : uniquement l'optimum de chaque catégorie (11)
 - `Ouessant_results_all.csv` : tous (2000)
- `Ouessant_results_time_series.csv` : séries temporelles de la simulation énergétique (1 an, pas 1h) du dimensionnement optimal
- “System simulation report” (`.docx`, `.pdf`) généré automatiquement