

# Projet personnel - TEECO

## Partie 1 : Le mix électrique français en 2019

### Question 1 : L'origine des données

Toutes les données nécessaires sont disponibles gratuitement en ligne. Voici quelques sites utiles :

<https://opendata.reseaux-energies.fr/pages/accueil/>

<https://bilan-electrique-2019.rte-france.com/>

<https://transparency.entsoe.eu/>

Qui fournit les données disponibles sur ces sites ? Pourquoi ?

La loi pour une république numérique du 7 octobre 2016 (ou loi Lemaire) prévoit entre autre l'accès aux données publiques. L'Etat, les collectivités, les personnes de droit public ou de droit privés chargées d'une mission de service public doivent fournir des données. De nombreuses bases de données sont ainsi accessibles, comme le registre Sirene des entreprises, mais aussi les données liées à l'énergie.

De nombreux acteurs de l'énergie public ou privés ont mis à disposition des données (hors données personnelles). EDF a mis en ligne les données propres à ses infrastructures, sa production et la consommation en Corse et en outre-mer. Enedis et RTE qui gèrent le réseau de distribution mettent en ligne les quantités d'électricité consommées et produites sur toute la France. GRTgaz et Teréga ont créé la plateforme opendata réseaux qui regroupe des acteurs privés afin d'allier données énergétiques et données climatiques. Un accès et une mutualisation de ces données permet une meilleure compréhension du système et de meilleures prises de décisions, notamment grâce à des analyses intersectorielles.

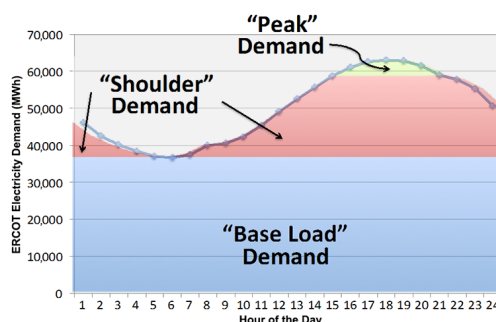
**Question 2 :** Pour l'année 2019 uniquement, présenter les indicateurs clés permettant de comprendre le mix électrique français (côté demande et côté offre).

RTE réalise un bilan à la fin de chaque année pour faire un tour d'horizon de la production et de la consommation d'électricité dans le pays.

La synthèse s'articule autour de 5 grands axes :

Axe d'analyse	Indicateurs clés	Valeurs pour 2019
1. Production d'électricité	- Production totale d'électricité [TWh] et évolution par rapport à l'année précédente [%] - Part de chaque sources de production (nucléaire, hydraulique, éolien ...) [TWh]	- 537.7 TWh produit (-2%)  Nucléaire(70.2%) Renouvelables(21.4%)
2. Consommation	- Consommation totale d'électricité [TWh] et évolution par rapport à l'année précédente [%]	- 473TWh consommé (-0.5%)
3. Echanges d'électricité transfrontalier	- Montants des imports et exports d'électricité [TWh] et évolution par rapport à l'année précédente.	- Exports : 84 TWh (-2.7%) - Imports : 28.3 TWh (+8.4%)
4. Structure du réseau	- Lignes en exploitation [km]	- 105 942 km
5. Emission du CO2	- Emissions de CO2 du mix [Mt] et évolution par rapport à l'année précédente.	- 19Mt (-6%)

**Question 3 :** Pour les moyens dispatchables, reconstruire un module simple qui calcule le dispatch heure par heure. Pour cela, on utilisera en entrée les capacités installées de chaque filière et la courbe de demande nette. La demande nette est définie comme la consommation réelle à laquelle on soustrait la production des filières fatales et les imports/exports.



Grâce à un module python (cf annexe), nous pouvons déterminer le dispatch avec la courbe de demande et les moyens de production :

Construire un script python (1h-1h30)

## Partie 2 : Economie du stockage

Un actif de stockage se caractérise notamment par :

- Une puissance installée en MW :  $P_{max}$
- Une capacité de stock en MWh (quantité d'énergie maximale que l'on peut stocker) :  $E_{max}$
- Un rendement en % qui traduit les pertes qui interviennent lors du stockage/déstockage de l'énergie

### 2.1 Stockage journalier simplifié

On considère une capacité de stockage de 1MW de puissance, et de stock 1MWh. On suppose que chaque jour la capacité de stockage réalise une charge puis une décharge (dans cet ordre). Pour simplifier, on considérera ici l'évaluation sur un seul mois : le mois de janvier 2020 (prix France). Etablir le fonctionnement de ce stockage, et estimer le bénéfice réalisé. Proposer une évaluation économique (simplifiée) de la rentabilité du stockage.

#### Fonctionnement du système de stockage :

Le système de stockage a pour objectif de faire du profit en se chargeant quand le prix est faible (généralement la nuit) et en se déchargeant lorsque le prix est le plus élevé. Connaissant les caractéristiques du système de stockage :

#### Caractéristiques du système de stockage

- $Energie = E_{max}$  [MWh]  $\Rightarrow E_{max} = 1MWh$ 
  - Cela correspond au stock d'énergie dont dispose l'unité de stockage, et donc l'énergie que peut absorber l'unité lors de la charge.
- $Puissance = P_{max}$  [MW]  $\Rightarrow P_{max} = 1MW$ .
  - En fonction de la puissance on connaît le temps qu'il faut pour charger l'unité, et la décharger.  $E = P \cdot \delta t$ . On charge donc l'unité de stockage en heure.
- $Rendement = \rho$ . En fonction du rendement l'unité de stockage décharge sur le réseau  $E_{decharge} = \rho * E_{max}$

#### Economie du système:

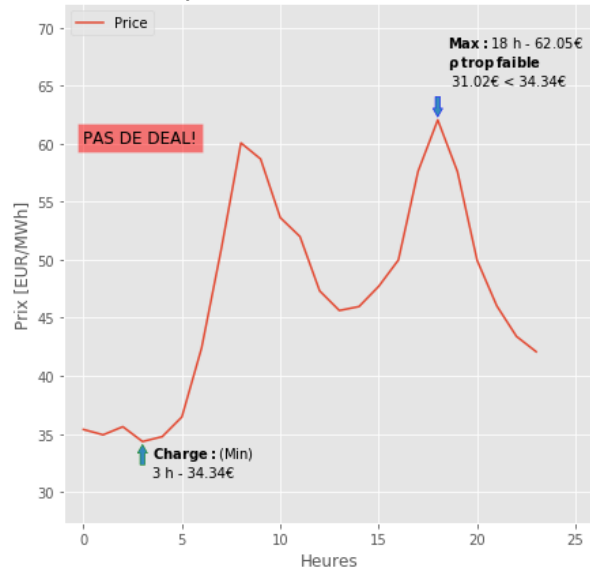
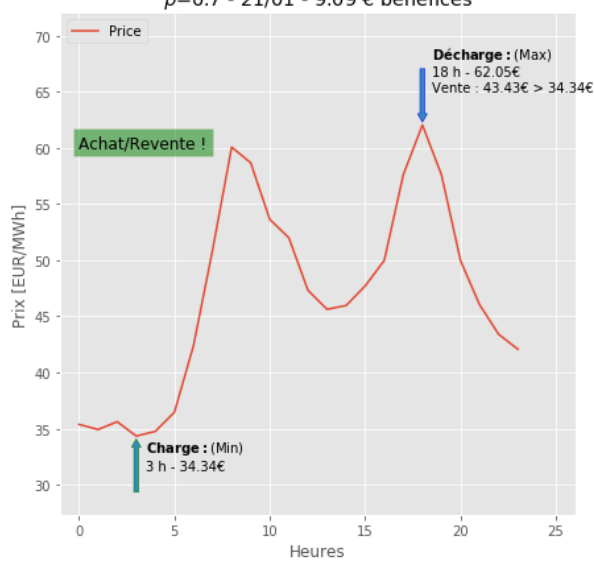
Avec une charge par jour et une décharge par jour, il faut donc que le système se charge lorsque le prix est le plus bas, et se décharge lorsque le prix est le plus élevé.

**Rentabilité du système :** Pour que le système puisse réaliser des profits sur la journée considérée, le rendement  $\rho$  joue un rôle crucial.

L'argent perçue à la revente étant :  $E_{decharge} \cdot Prix_{revente} = \rho \cdot E_{max} \cdot Prix_{revente}$  il faut que :

$$\Rightarrow \rho \cdot E_{max} \cdot Prix_{revente} > E_{max} \cdot Prix_{achat} \text{ soit } \rho > \frac{Prix_{achat}}{Prix_{revente}}$$

Pour expliquer ce point de vue voici deux graphiques, et le profit réalisé en fonction du rendement:



Le 21/01 en fonction du rendement, il n'est pas forcément rentable d'opérer à une charge et à une décharge d'électricité :

- Avec un  $\rho = 0.5$ , le système de stockage n'est pas rentable, car il ne peut pas se charger et se décharger en réalisant un profit. Il faut donc envisager un rendement plus important avoir d'avoir une rentabilité.

## Bilan pour plusieurs rendement sur un mois

Nous pouvons désormais simuler les profits opérés sur un mois avec plusieurs valeurs de rendement, nous obtenons le tableau suivant :

### Profits journaliers (€) en fonction du rendement

Pho	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27	J28	J29	J30	J31	Total
0.5	0	0	0	0	0	0	0	7.6	0	0	0	0	1.4	11	11.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	0	1	0	4.9	42
0.6	0	0	4.6	0.3	0	2.4	1.6	13.2	0	3.5	0	4	6.7	15	16	1.7	1.9	0	0	4.1	2.9	5.4	4.9	3.7	0	0	9.4	2	5.5	1.3	9	119
0.7	2.3	4.3	9.1	4.7	2.4	7.3	6.7	18.8	4.5	8.5	2.8	8	12	18.9	20.5	7	6.5	3.7	3.7	10	9.1	11.9	11.8	10.3	2.2	2.4	14.5	6.5	10	5.8	13	259
0.8	6.9	9	13.6	9.2	7	12.2	11.8	24.4	9.2	13.5	7.3	12.1	17.3	22.8	24.9	12.2	11.1	8	8.1	16	15.3	18.4	18.7	17	7.2	6.8	19.7	11	14.5	10.3	17.1	412

# Annexe :

## Partie 1 : Module python pour le calcul du dispatch

```
hours = [i for i in range(24)]
demande = [50,45,40,40,40,40,40,40,40,40,45,50,55,60,60,60,70,70,70,65,60,57,53,50,50]
capacity = [30,20,10,5]
```

```
def dispatch(demande, capacity):
    capacity.sort(reverse=True)
    # Il faut d'abord créer le dispatch, pour cela on utilise une matrice afin de savoir quelle unité sont utilisées à
    quelle heure
    mat = np.zeros((len(capacity)+1,24))
    capacities = np.zeros((len(capacity)+1,24))
    for (i,d) in enumerate(demande) :
        # Pour chaque demande horaire, nous devons calculer le dispatch adéquat
        r = d
        j = 0
        while r!=0 and j<len(capacity) :
            if capacity[j] < r:
```

```

        r = r-capacity[j]
        mat[j][i] = 1
    else :
        # La capacité est supérieure à ce dont nous avons besoin on n'en utilisera qu'une partie
        r = 0
        mat[j][i] = 1
        # signifie que nous allons exporter l'énergie résiduelle
        mat[len(capacity)][i] = -1

    j+=1
if r!=0:
    mat[len(capacity)][i] = 1
#Ensuite on crée les vecteurs qui vont nous permettre d'afficher le dispatch
for i in range(len(hours)):
    #### On parcourt chaque heure
    maxcap_h = 0 #Permet de savoir quelle est le niveau minimum de production pour chaque heure utile pour tracer
    for j in range(len(capacity)+1):
        if j!=len(capacity):
            if mat[j][i] !=0:
                capacities[j][i] = sum(capacity[:j+1]) #On définit la capacité
                maxcap_h = capacities[j][i]
            else :
                capacities[j][i] = maxcap_h

        else :
            if mat[j][i]!=0:
                # Les unités de production ne sont pas suffisantes, ou trop importantes, il faut importer // exporter
                capacities[j][i] = (demande[i]-sum(capacity))
plot_dispatch(demande,capacity,capacities,mat)
return(mat,capacities)

```