

Bernard Tardieu

Hydroélectricité Et Stockage d'électricité



Le principal stockage d'électricité est l'eau stockée dans les lacs associés à des usines hydroélectriques.

A la demande, l'eau est turbinée en profitant de la hauteur de chute d'eau entre le réservoir et l'aval. Elle produit de l'électricité.

La quantité d'énergie stockée dépend du volume d'eau mobilisable V et de la différence de hauteur H .

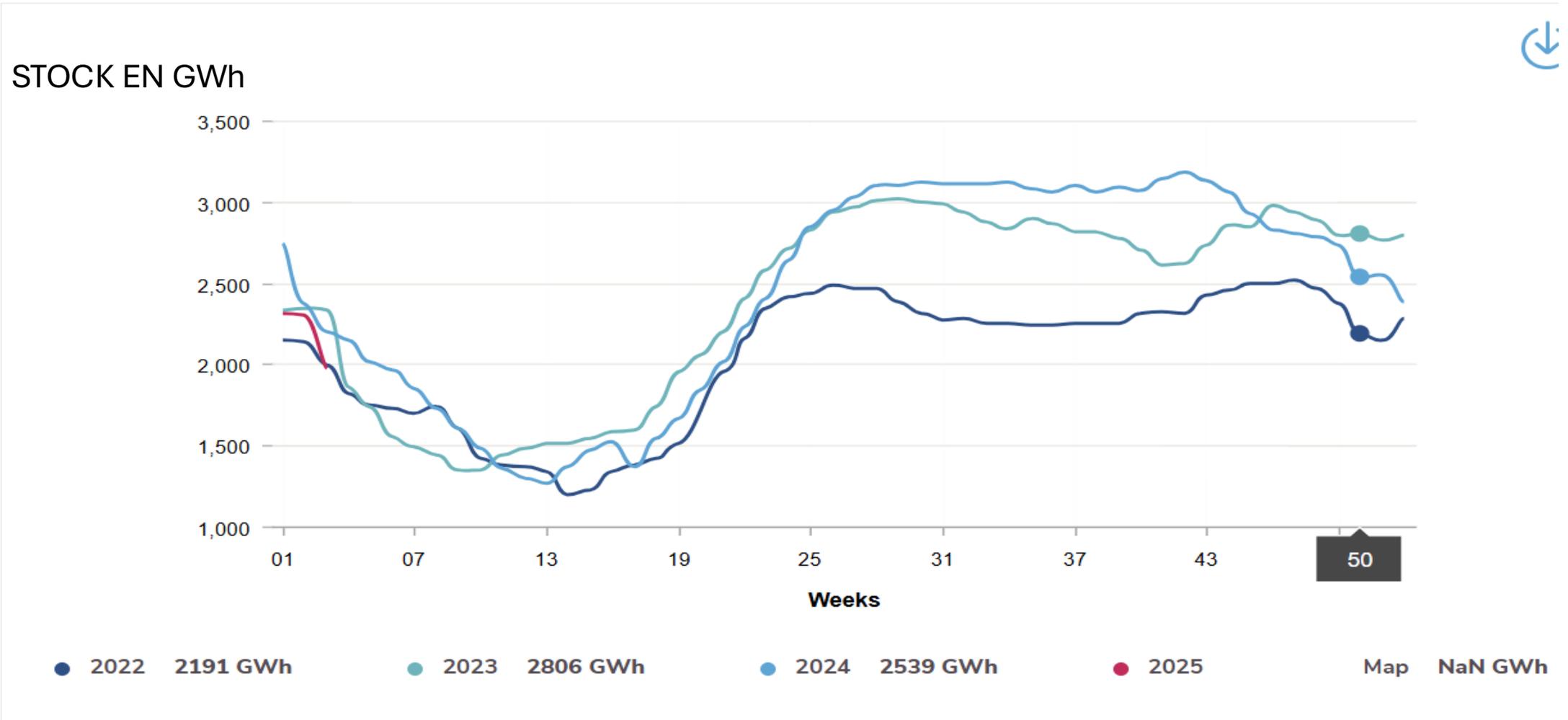
$$E = 9,81 \text{ m/s}^2 \times V \times H \times \text{rendement de } 80\% \text{ en KWh}$$

Ces lacs sont remplis gratuitement chaque année par les apports naturels d'eau de fonte de neige et de glace

C'est le principal acteur de la flexibilité du système et de la stabilité des réseaux

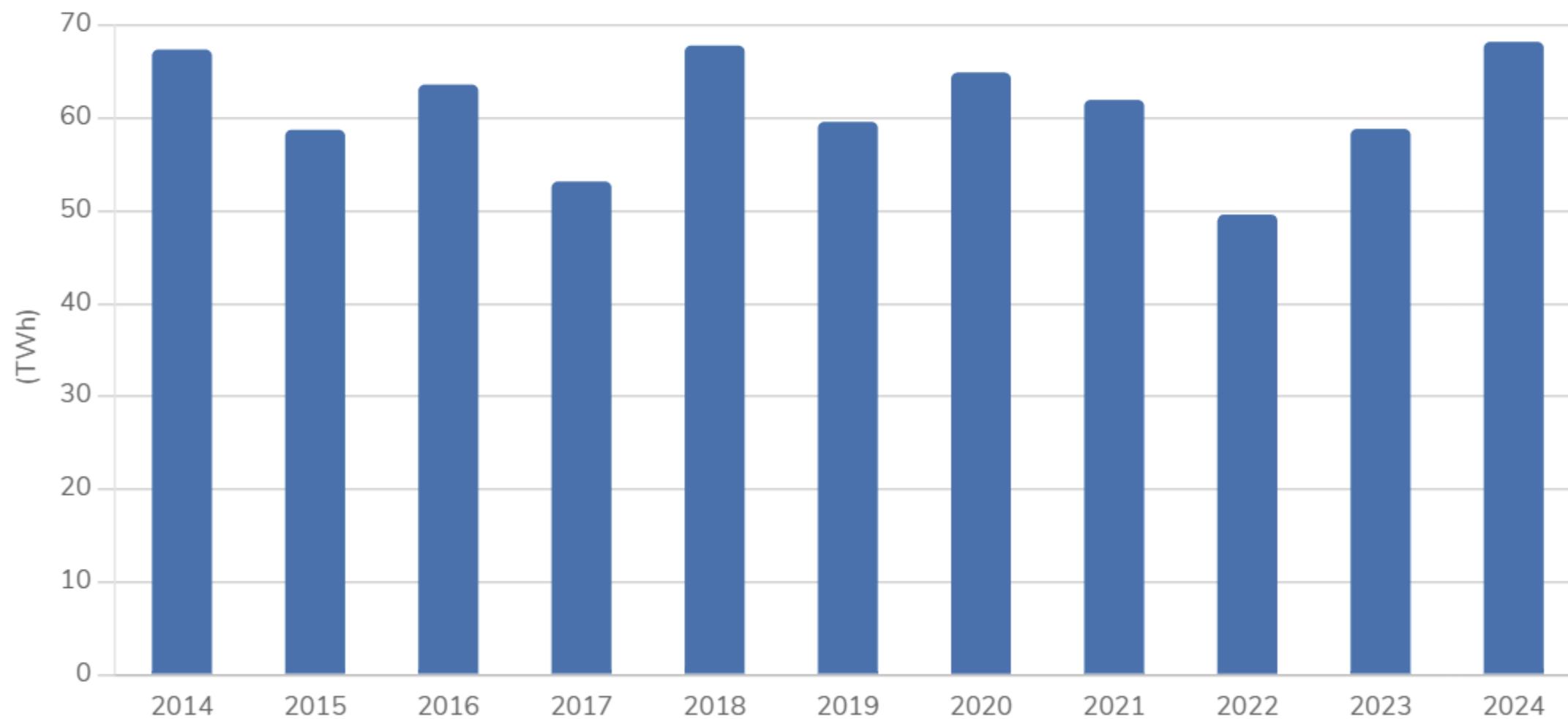
Les usines au fil de l'eau (Rhône et Rhin en particulier) ont une capacité de stockage de faible durée pour le marché du jour d'après.

Le stock d'énergie hydroélectrique du **grand lac France** varie au cours de l'année



STOCK MAXI 3591 GWh Information chaque mercredi à 12 h30

Évolution de la production d'électricité hydraulique



Dernière mise à jour le : 21 janvier 2025 à 11:12

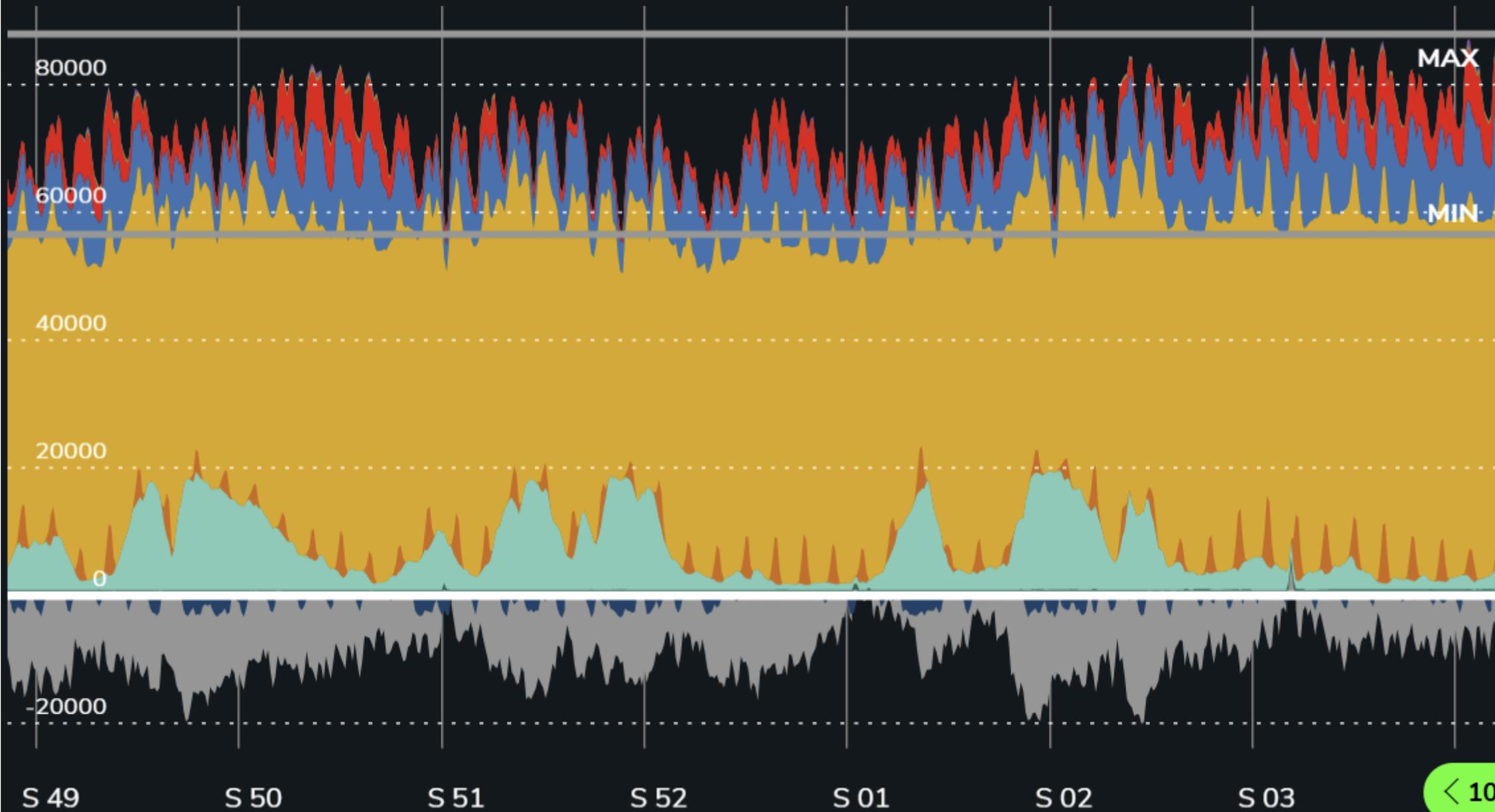
Eolien	50,8 TWh	21,8 GW	2330 h
Solaire	21,6 TWh	19 GW	1137 h
Hydro	58,8 TWh	25,7 GW -20,7 GW	2840 h
Gaz	30 TWh	3 GW	1000 h
Nucléaire	320,4 TWh	61,4 GW	5219 h

Puissance installée hors gaz 127,9 GW > Demande de pointe hiver 2025 82 GW, été 30 à 40 GW

La puissance installée est très supérieure à la demande >> occurrences d'excès de production et donc de nécessité de contrôler la production d'électricité.

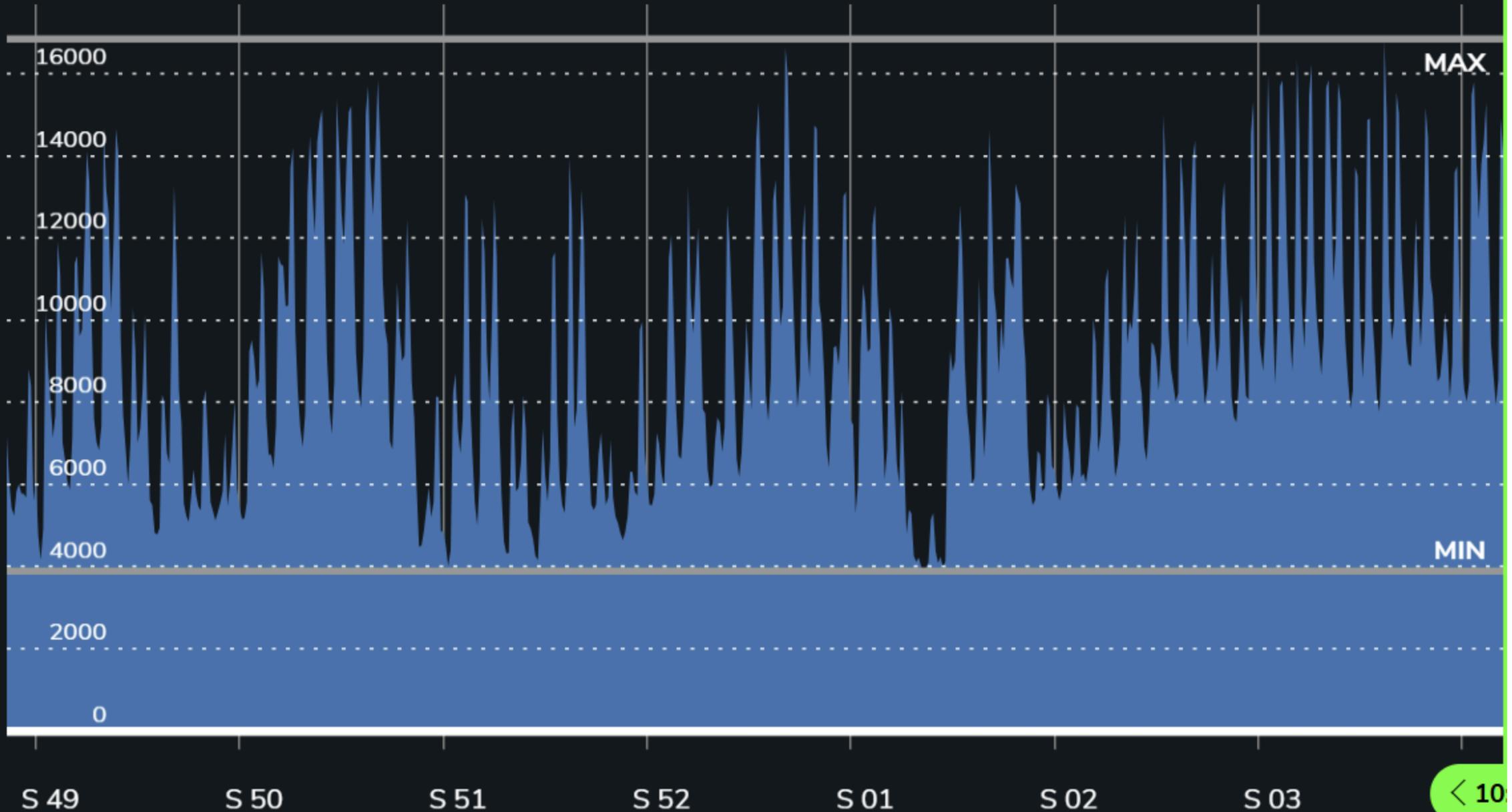
En l'absence de vent sans soleil- période anticyclonique hivernale Il faut produire environ 20 GW en plus du nucléaire. L'hydro est très sollicité pour la pointe avec un plafond constaté vers 14 GW.

Données temps réel



Données temps réel

HYDRAULIQUE



L'hydroélectricité assure aussi un service au réseau, en fréquence et en tension

L'hydroélectricité apporte une grande souplesse et une grande inertie.

16 GW mobilisable en moins de 13 minutes dont 5 GW STEP.

Le temps de démarrage dépend de l'état de la turbine et du chemin d'eau (secondes).

Les STEP, stations de transfert d'eau par pompage, depuis 1970 (croissance du nucléaire),

associent turbinage et pompage entre deux réservoirs à des cotes différentes.

Elles améliorent le service au réseau en économisant l'eau du grand lac France.

Elles consomment de l'électricité.

Leur modèle économique est associé à la variation du prix de l'électricité et des frais de réseau.

12 heures 6 jours =72 heures

20 GW

1440 GWh

Stock grand réservoir 2200 GWh

à 3591 GWh

LES STEP EN France: les constantes de temps

	Montézic (MSI 1982)	Revin (MSI 1976)	G. Maison (MSI 1985)	S.Bissorte (MSI 1987)	La Coche (MSI 1977)	Le Cheylas (MSI 1979)	Total
Puissance en turbine	910 MW	720 MW	1790 MW	730 MW	330 MW	460 MW	4940 MW
Puissance en pompe	870 MW	720 MW	1160 MW	630 MW	310 MW	480 MW	4170 MW
Nombre de pompes	4	4	8	4	2	2	
Constante de temps	40 h	5 h	30 h	5 h	3 h	6 h	
Productible gravitaire	STEP pure	STEP pure	216 GWh	250 GWh	426 GWh	670 GWh	

Tableau 1 : Caractéristiques générales des STEP EDF en France (X. URSAT et al., 2011) (MSI : Mise en Service Industrielle)

REVIN 4 x 200 MW
Chute 245 mètres
Démarrage en 2 minutes

Whitaker 7 Mm3

Marquisades 7 Mm3

2006 : 7000 démarrages



Grand Maison

GRAND MAISON -LE VERNEY

1070 MW + 620 MW Pelton

137 Mm3

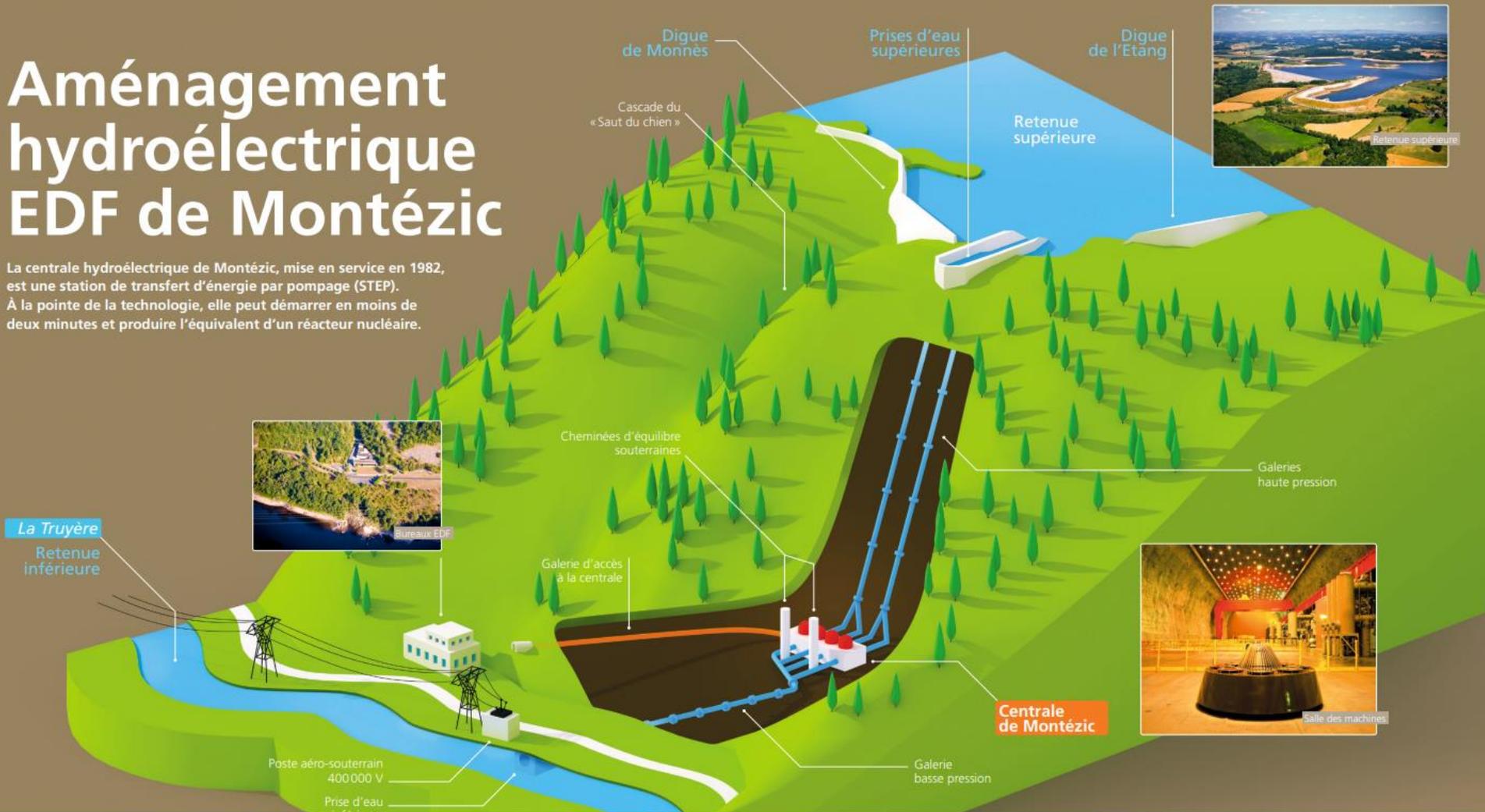
Chute 922 mètres

Conçut et construit dans les an
70 - 80 comme complément au
parc nucléaire (nuit et WE)

Le Verney

Aménagement hydroélectrique EDF de Montézic

La centrale hydroélectrique de Montézic, mise en service en 1982, est une station de transfert d'énergie par pompage (STEP). À la pointe de la technologie, elle peut démarrer en moins de deux minutes et produire l'équivalent d'un réacteur nucléaire.



- CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES**
- Digue de Monnès**
 - > Hauteur : 57 mètres
 - > Longueur : 820 mètres
 - Digue de l'Étang**
 - > Hauteur : 30 mètres
 - > Longueur : 680 mètres
 - Centrale de Montézic**
 - > Puissance : 950 MW
 - > Production : elle correspond à la consommation résidentielle annuelle de plus de deux fois le département de l'Aveyron (620 000 habitants)

- LE SAVIEZ-VOUS ?**
- La centrale hydroélectrique de Montézic est la deuxième plus puissante de France après celle de Grand' Maison en Isère (1 800 MW).

Réalisé en 1982

Réservoir de Couesque sur la Truyère 56 Mm3 Plateau 30 Mm3 Dénivelé 400 mètres Distance 1200 mètres

Suréquipement de 912 MW + 466 MW



1966

24 groupes bulbes de 10 MW
240 MW

H = 13 m

Debit max turbiné 6600 m³/s

Volume retenue 184 Mm³

Les groupes sont utilisés
Dans les deux sens
Pour caler la période de
production en fonction
De la demande

Dans de nombreux pays, y compris en Europe, des projets en cours d'exécution ont pour objet **l'augmentation du volume stocké dans les retenues existantes et de la capacité des STEP** pour fournir de l'électricité durant les périodes pauvres en vent et en soleil et à assurer la stabilité en fréquence et en tension toute l'année.

- Les investissements sont conditionnés par le retour économique attendu.

HYDROELECTRICITE EN EUROPE –hors STEP-

Espagne 18,5 GW

Portugal 7,3 GW

Suisse 17,7 GW surélévation Emosson et nouveau barrage

Norvège 34 GW

LES STEP EN EUROPE

Total de la puissance installée en STEP 55 GW pour une durée d'environ 5 heures

Soit environ 275 MWh.

Projection UE 30 TWh 2050 160 Milliards d'€

Italie 7891 MW

Allemagne 6164 MW

Espagne 6164 MW

Portugal 3700 MW (alto Tamega 20 GWh)

France 5080 MW

Autriche 5596 MW

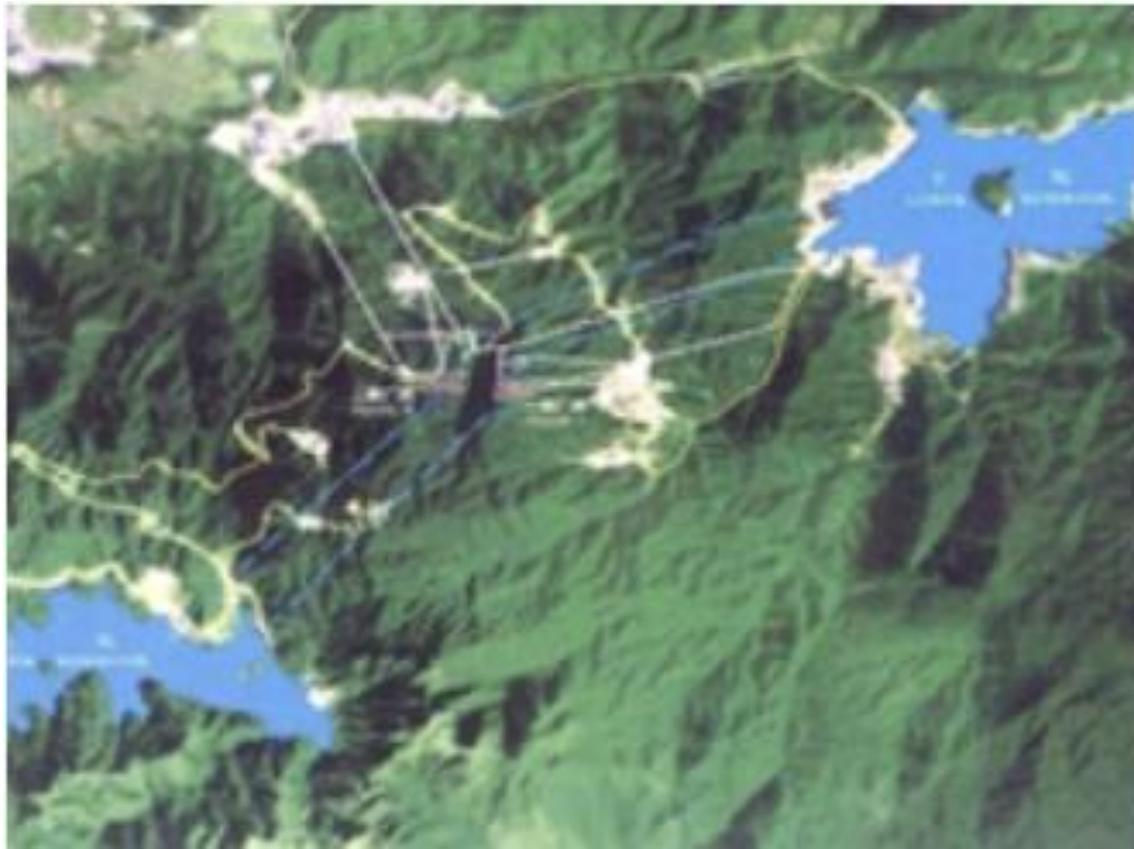
Norvège 1369 MW (la richesse hydro est le stock considérable de ses retenues).

Suisse 4419 MW (Nant de Drance)

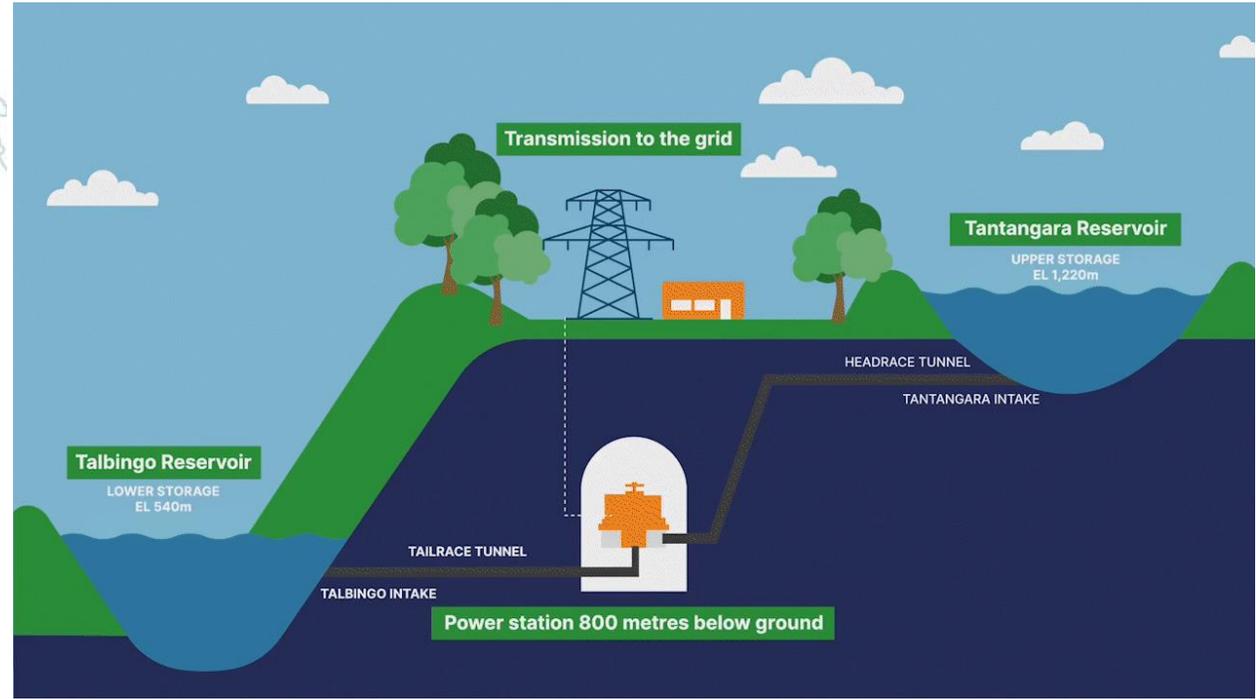
- Augmenter le stockage d'électricité pour augmenter les durées d'intervention à la demande du réseau: les périodes hivernales sans vent
- Muscler les services au réseau de plus en plus sollicité.

Dans le monde, les plus grandes STEP sont

USA (virginie) BATH COUNTY 3003 MW (380 m) >>>>
CHINE HUIZHOU 2448 MW
CHINE GUANG ZHOU 2400 MW
AUSTRALIE SNOWY 2.0 2200 MW (750 m en construction)
tunnel diamètre 11 m. turbines 50% vitesse variable



Huizhou 2008 Alstom vitesse variable 8 x 306 MW



SNOWY 2.0 New South Wales Australie
 charge 700 mètres
 2200 MW 50% vitesse variable 350 000 MWh
 Tunnel longueur 27 km, diamètre 11 mètres Tunnel
 Boring Machine Voussoirs 0,45 m
 Investissement 7 Milliards €
 7 jours turbinage 350 GWh



Modèle économique de l'Hydro : en compétition avec d'autres solutions technologiques et économiques:
l'effacement industriel et domestique, les turbines à gaz sans GHG, les batteries stationnaires, avec des incertitudes TURPE pour pompage et ACCISE.

Caractère spéculatif pour des projets dont le CAPEX est élevé et le risque géologique non nul : Parier à la fois sur les durées d'appel annuelles et sur l'ampleur des variations de prix de gros chaque année et donc sur la météo hivernale.

Aspect assurantiel contre le black out pas vraiment pris en compte.

Rôle de l'Europe, des états connectés au réseau et de l'évolution du réseau (connexions, DC)

MERCI