



Etat des lieux et perspectives de l'hydroélectricité en France

13 Janvier 2020 – Rueil Malmaison

Fondation Tuck – Think Tank IDées

Présentation du SER



Le SER est un syndicat professionnel qui rassemble les acteurs de l'ensemble des filières énergétiques renouvelables françaises :

- Biomasse
- Bois-énergie
- Biocarburants
- Biogaz
- Eolien (terrestre et marin)
- EMR
- Géothermie
- PAC
- Hydroélectricité
- Solaire photovoltaïque
- Solaire thermique et thermodynamique

Etat des lieux et perspectives de l'hydroélectricité en France

- 1. Panorama général de l'hydroélectricité**
- 2. Etat des lieux du parc et de son rôle dans le mix électrique français**
- 3. Enjeux actuels et futurs pour l'hydroélectricité**

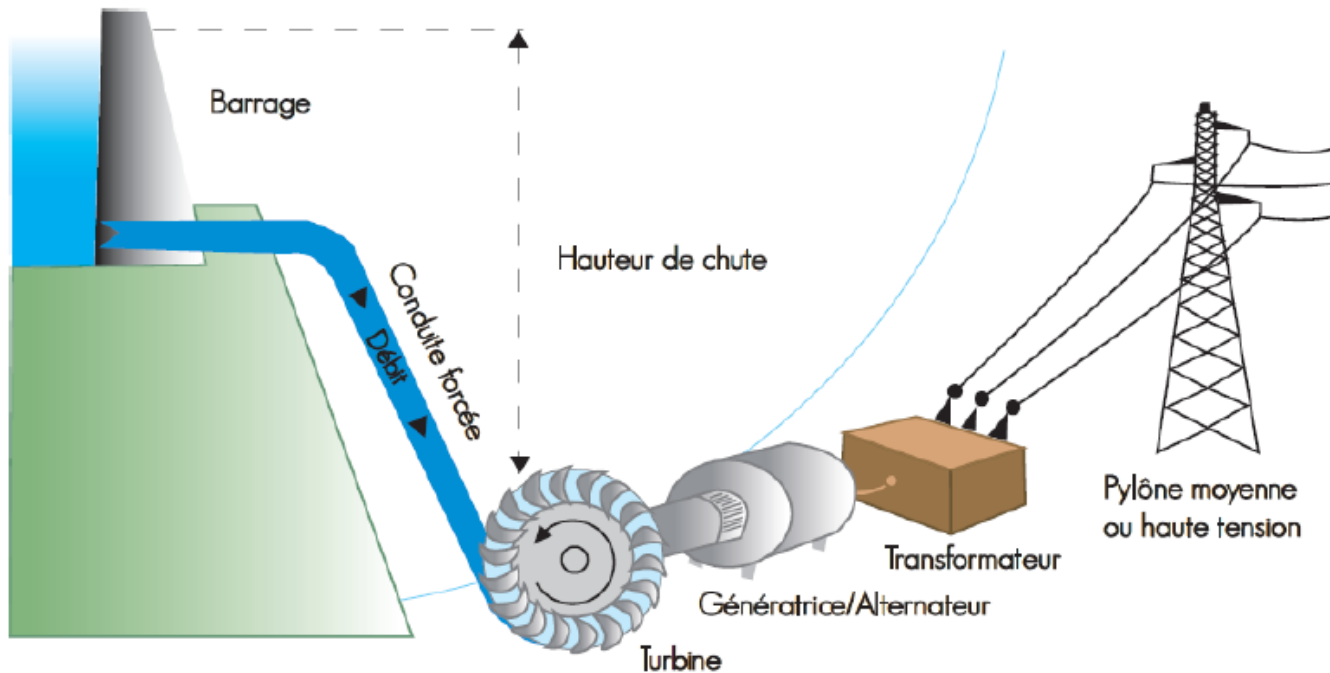
Généralités sur l'hydroélectricité

Principe de l'hydroélectricité, une énergie que nécessite à la fois débit et chute.

La puissance d'une centrale hydroélectrique peut se calculer par la formule suivante :

$$P = r \times g \times Q \times H$$

P : puissance produite mesurée (kW) - r : rendement de la centrale (compris entre 0.6 et 0.9) - g : constante d'accélération de la gravité ($\approx 9.8 \text{ m/s}^2$) - Q : débit moyen mesuré (m^3/s) - H : hauteur de chute (m)

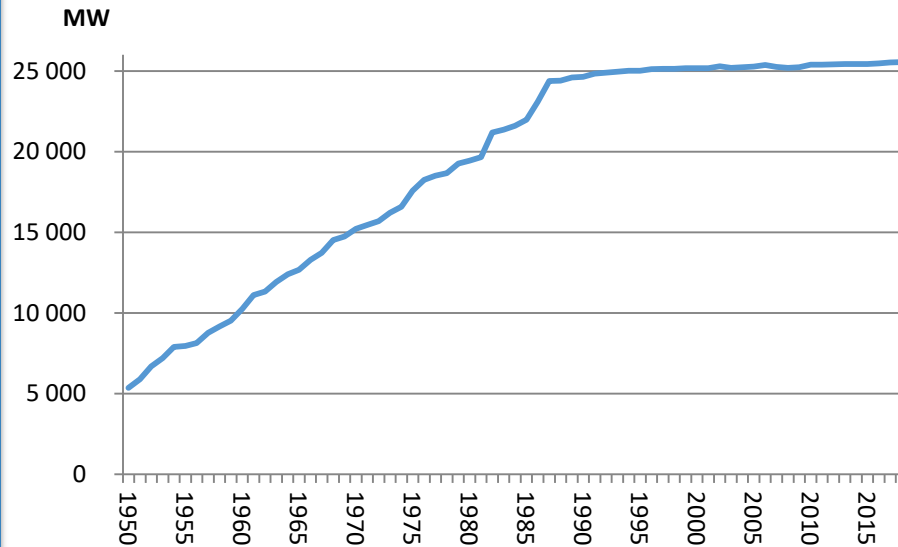


Généralités sur l'hydroélectricité – Brève histoire de la houille blanche

Date	Lieu	Invention/développement
-300 av. JC	Moyen-Orient	Roue à axe vertical
-100 av. JC	Empire romain	Roue hydraulique à axe horizontal
1827	France	Fourneyron crée les 1ères turbines industrielles
1840'	Etats-Unis	Invention de la turbine Francis
1842	France	F. Zola construit un barrage haut de 42m
1861	France	A. Bergès équipe une chute d'eau de 200m
1880'	Etats-Unis	Invention de la turbine Pelton
1877	France	Alternateur (de Gramme)
1883	France	A. Bergès équipe une chute d'eau de 500m
1912	Autriche	Invention de la turbine Kaplan
1919	France	Barrage à voûte de la Sélune
1921	France	Chavanon, premier barrage-réservoir
1926	France	Eguzon, l'un des premiers grands barrages-poids
1959	France	Catastrophe de Malpasset
1966	France	Usine marémotrice de la Rance
1976	France	La grande STEP de Revin est mise en service

Généralités sur l'hydroélectricité – développement du parc hydroélectrique français

Evolution de la puissance du parc hydraulique installé depuis 1950



L'âge moyen du parc est d'environ 65 ans.

Une technologie mature

Les installations hydroélectriques présentent la particularité de **ne pas avoir de durée de vie limitée** dès lors qu'elles font l'objet d'entretien.

Durée de vie estimée des matériels :

- Contrôle commande : 20 ans
- Turbine, alternateur : 40 ans
- Génie civil : >100 ans

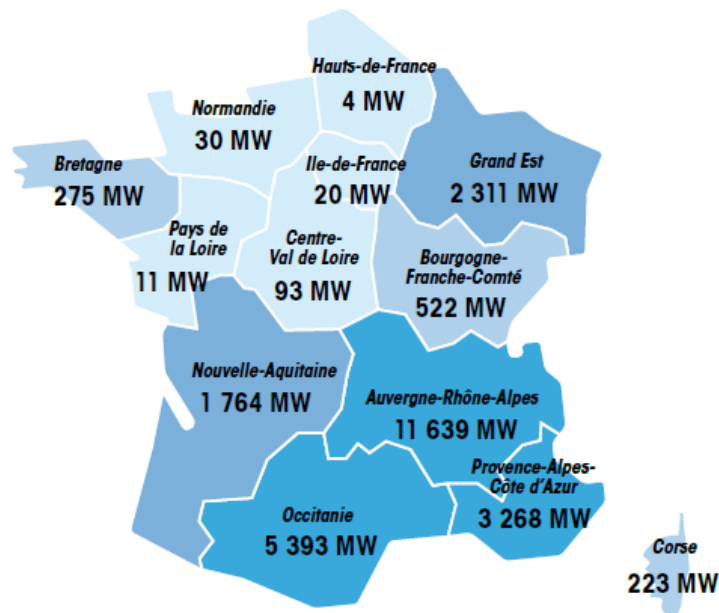
Au 30 septembre 2019, le parc hydroélectrique français atteint les **25 554 MW installés**, produisant en moyenne **68 TWh**, soit environ **15% de l'électricité consommée sur le territoire**.

Il s'agit de la **première source d'électricité renouvelable** en France (et dans le monde).

Le parc hydroélectrique français

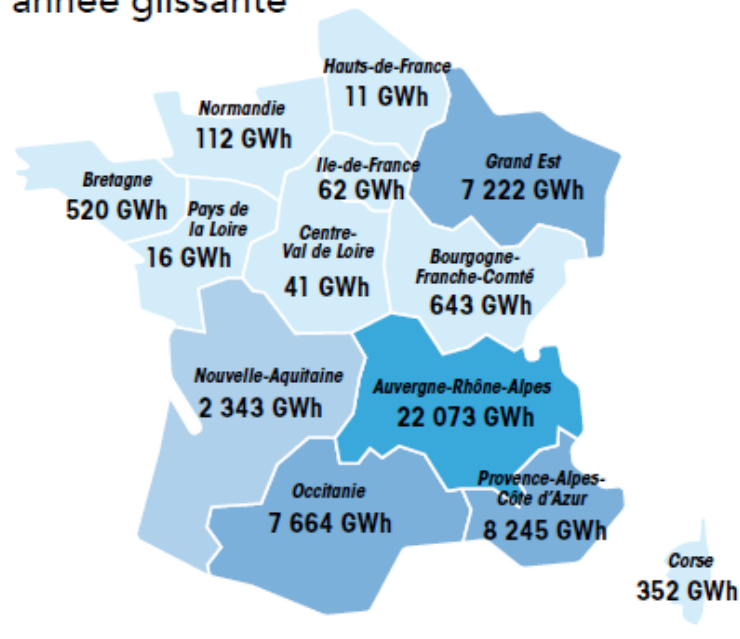
On compte en France sur **plus de 2600 installations hydroélectriques** raccordées au réseau, inégalement réparties sur le territoire en fonction de la ressource

Puissance hydraulique raccordée par région au 30 septembre 2019



- $\geq 3\,000$ MW
- 1 000 à 3 000 MW
- 100 à 1 000 MW
- < 100 MW

Production hydraulique par région, en année glissante

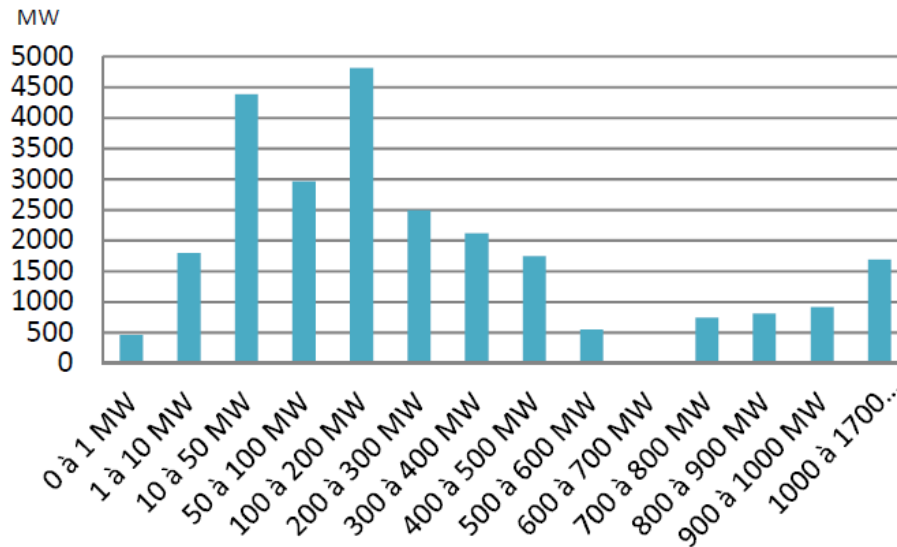


- $\geq 20\,000$ GWh
- 5 000 à 20 000 GWh
- 1 000 à 5 000 GWh
- $< 1\,000$ GWh

Source : panorama de l'électricité renouvelable – SER - RTE

Généralités sur l'hydroélectricité – Structure du parc

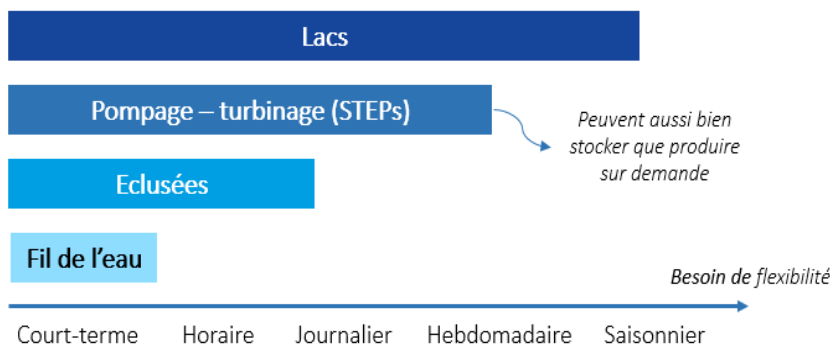
Répartition des installations par segments de puissance



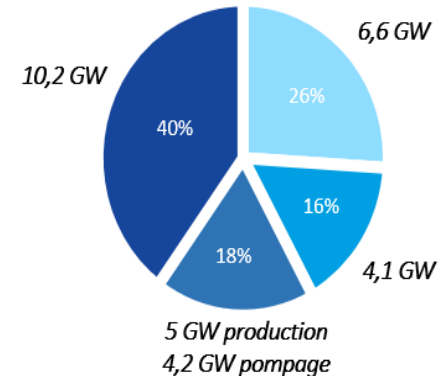
Ces installations ont des caractéristiques très différentes les unes des autres

Des installations détenues par quelques très gros acteurs, et une multitude de petits...

Actif hydroélectrique



Capacité hydroélectrique totale en France: 25,5 GW



Généralités sur l'hydroélectricité - Différents types de centrales

Les centrales de lac



Barrage de Vouglans

Les centrales d'éclusée



Centrale du Saillant

Centrale de Poses



Les centrales au fil de l'eau

STEP de Revin

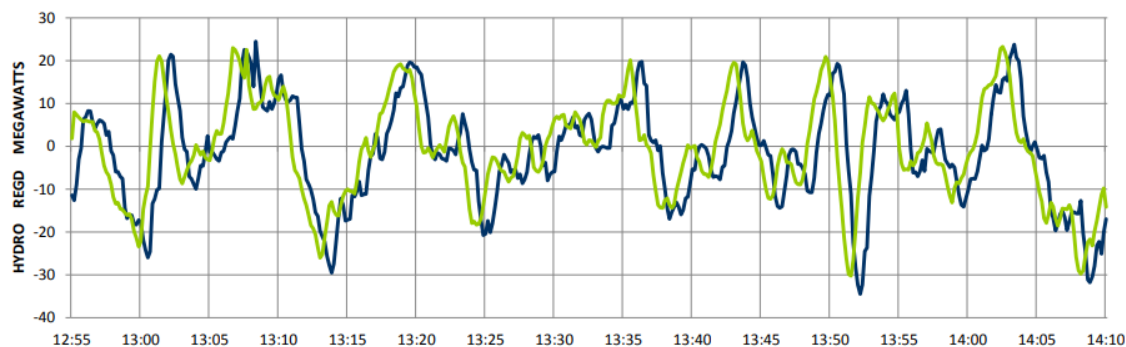


Les stations de transfert d'énergie par pompage

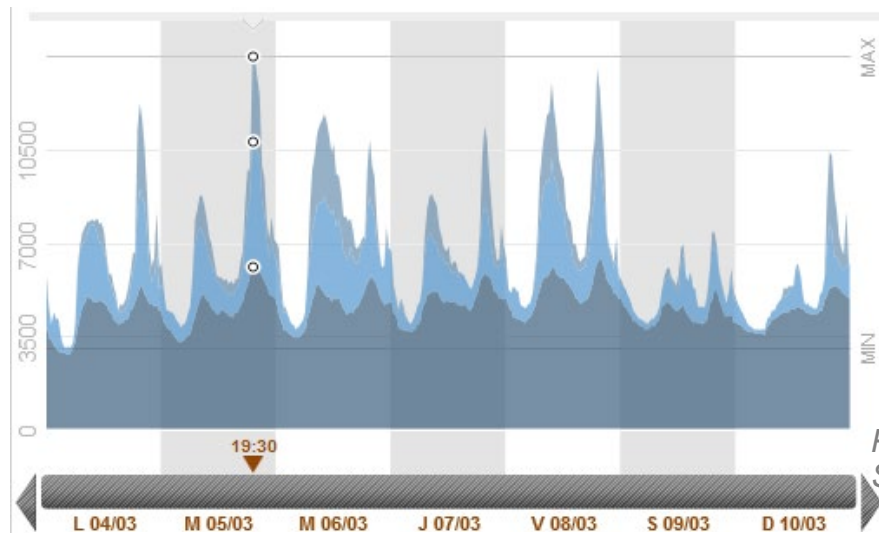
Les atouts de l'hydroélectricité

Une production flexible, indispensable au système électrique

- La filière représente 99% des moyens de stockage en service
- Vitesse de modulation et de réaction très rapide



Réponse à un signal de commande d'une centrale hydroélectrique (source : PJM)



- Service d'ajustement production / consommation aux différents pas de temps
- Services de réglage de fréquence ou de tension
- Service de rétablissement du réseau

Production hydroélectrique dans la semaine du 04/03/2019
Source : Eco2mix – RTE

13963_{MW}
HYDRAULIQUE

3163_{MW}
STEP TURBINAGE

4701_{MW}
LACS

6099_{MW}
FIL DE L'EAU / ECLUSÉE

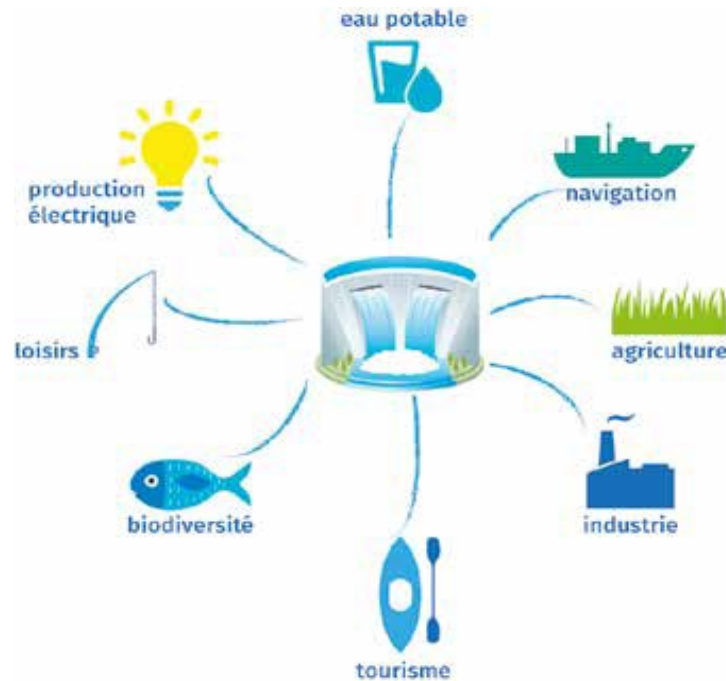
L'eau, une richesse publique

- La loi du 16 octobre 1919 stipule que « nul ne peut disposer de l'énergie des marées, des lacs et des cours d'eau (...) sans une autorisation ou une concession de l'Etat »
 - Autorisation : installations de moins de 4,5 MW
A l'échéance du contrat : procédure de renouvellement d'autorisation
 - Concession : installations de plus de 4,5 MW
A l'échéance du contrat : remise en concurrence



Sujet très politique

Les atouts de hydroélectricité – un métier d'aménageur



Une centrale hydroélectrique n'est pas qu'un site industriel, elle est en étroite synergie avec son territoire. Elle intervient dans son aménagement et le partage des usages de l'eau en assumant des rôles multiples

Les ouvrages hydrauliques sont autant d'outils stratégiques pour gérer la ressource en eau, et permettre qu'elle réponde aux nombreux usages qui en sont fait.

Concilier transition énergétique et écologique

La loi Pêche de 1984, puis la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 (qui transpose la Directive européenne Cadre sur l'Eau) ont introduit des mesures de préservation de l'environnement :

- Mise en place d'un **débit minimum biologique** (min 5 à 10% du débit moyen)
- **Classement des cours d'eau** en fonction des enjeux de continuité piscicole et sédimentaire – mise en conformité des ouvrages.

Qui ont généré des investissements (passes à poissons...) et pertes de production (**-3 TWh/an avec le relèvement des débits réservés**) pour un **coût estimé à 1 milliard d'euros sur dix ans pour la filière.**



Rivière de contournement du barrage de Jons



Une passe à bassins successifs

Quel avenir pour le parc hydroélectrique ?

Le potentiel de développement de l'hydroélectricité existe !

Potentiel			Total	Dont hors liste 1
Centrales nouvelles	Concessions (sites vierges)	>10MW	Env. 2 090 MW	Env. 370 MW
		<10MW		Env. 120 MW
	Autorisations	Sites vierges	Env. 750 MW	Env. 170 MW
		Sites existants (barrages non équipés), hors moulins	Entre 260 et 470 MW	
		Sites existants (barrages non équipés), moulins	Env. 350 MW	
Suréquipement et modernisation de centrales concédées existantes à horizon 2028			Env. 400 MW	

Tableau 23 : Potentiel de capacités hydroélectrique (MW)

Quel avenir pour le parc hydroélectrique ?

Les objectifs fixés par l'Etat sont les suivants :

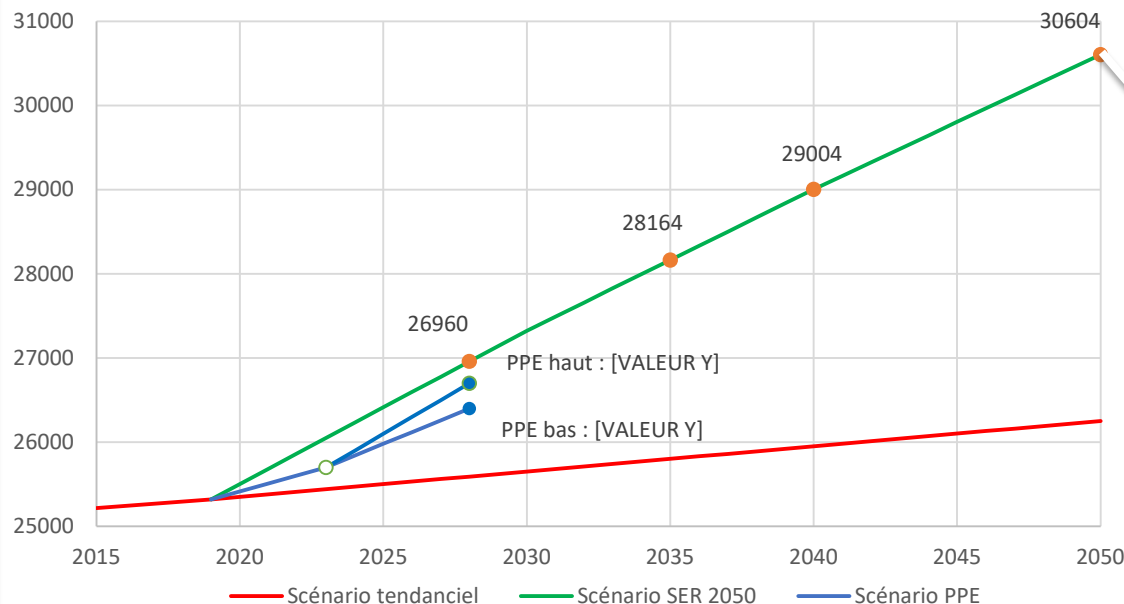
Objectif d'augmentation des capacités installées de production d'hydroélectricité et mesures pour les atteindre

L'objectif est d'augmenter le parc de l'ordre de 200 MW d'ici 2023 et de 900 à 1 200 MW d'ici 2028, qui devrait permettre une production supplémentaire de l'ordre de 3 à 4 TWh dont environ 60% par l'optimisation d'aménagements existants.

2016	2023	2028 Scénario A	2028 Scénario B
25,5GW	25,7GW	26,4GW	26,7GW

Pas forcément partagés par la profession...

Scénario 2050 SER



D'ici 2050 :

- 1,6 GW de centrales nouvelles
- 2 GW de STEP
- 0,4 GW de moulins
- 1,3 GW de rénovation

Une filière sous contraintes - Quels freins à l'hydroélectricité ?

Cours d'eau classés au titre de la continuité écologique en Aquitaine Limousin Poitou-Charentes



- Législations et réglementation environnementale
 - Classement des cours d'eau
 - Relations avec l'administration (inflation des demandes)
 - Recours systématiques contre les projets
 - Difficultés dans le renouvellement d'autorisations /maintien de la flexibilité

Une filière sous contraintes - Quels freins à l'hydroélectricité ?

- Une fiscalité très lourde
 - La fiscalité locale (taxe foncière, contribution économique territoriale, IFER, redevances...) représente aujourd'hui près du quart du prix de vente de l'électricité sur le marché. Avec une moyenne de **10 euros du MWh**, cette pression fiscale est non seulement un frein aux investissements mais met même en péril la couverture des coûts des installations existantes.
 - En France, l'hydroélectricité reverse environ **600 millions d'€ par an** de fiscalité locale.

Les enjeux d'avenir de l'hydroélectricité

- Contexte de la transition énergétique



COP21·CMP11
PARIS 2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

Maintenir l'augmentation de la température mondiale « nettement en dessous » de 2°C d'ici à 2100



Paquet Energie-Climat

27% d'EnR dans la consommation finale à 2030



STRATÉGIE FRANÇAISE POUR L'ÉNERGIE ET LE CLIMAT

**PPE : 32% d'EnR dans la consommation finale à 2030
SNBC : Neutralité carbone à 2050**

Les enjeux d'avenir de l'hydroélectricité

- Contexte de la transition énergétique (française)

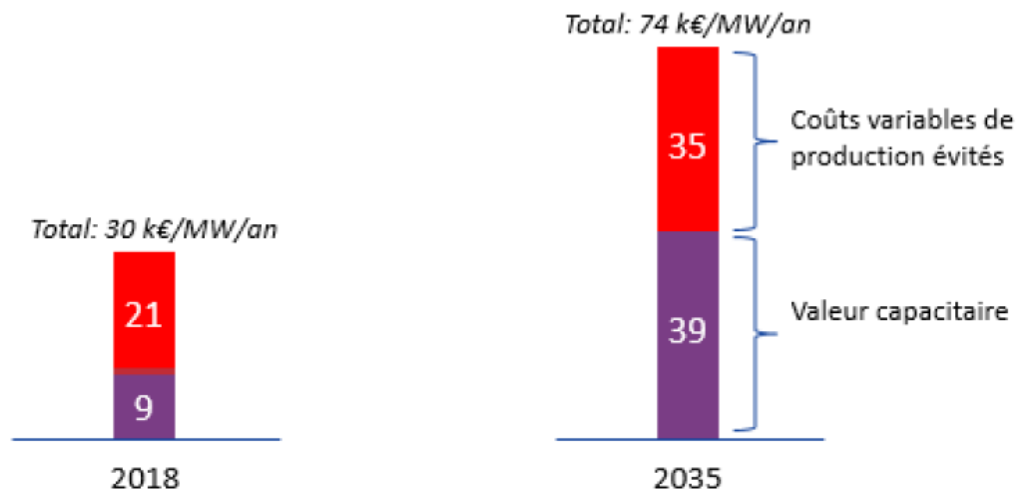
Filière	2017	2023	2028	
Eolien terrestre	13,5 GW	24,6 GW	33,1 à 35,6 GW	X 2,5
Eolien en mer	0	2,4 GW	4,7 à 5,2 GW	
Photovoltaïque	7,7 GW	20,6 GW	35,6 à 44,5 GW	X 5 à 6

Objectifs projet de PPE (2019)

Les enjeux d'avenir de l'hydroélectricité

- **Contexte de la transition énergétique**
- La production hydroélectrique n'émet pas de gaz à effets de serre et ne génère pas de déchets
- Elle se substitue à d'autres moyens d'ajustement fossiles (TAC, charbon...)
- L'hydroélectricité jouera un **rôle central pour répondre aux besoins accrus de flexibilité** liés à l'augmentation de la part des énergies renouvelables variables dans le système électrique.
 - Besoin de réactivité et de réserves

Comparaison de la valeur des éclusées pour le système électrique, entre la situation actuelle et la situation 2035 (en k€/MW/an)



Paradoxe :
Une flexibilité qui a de la valeur pour le système électrique, mais pas pour le producteur

Les enjeux d'avenir de l'hydroélectricité



Développer le parc hydro (AO nationaux pour de nouvelles installations)



Rénover les installations existantes (âge moyen du parc : 65 ans)

- Mise en conformité des ouvrages
- Automatiser les ouvrages



Accroître la flexibilité du parc (création de nouvelles STEP et développement d'un modèle économique de rémunération de la flexibilité, développement de modèles de couplage EnR)

Les enjeux d'avenir de l'hydroélectricité

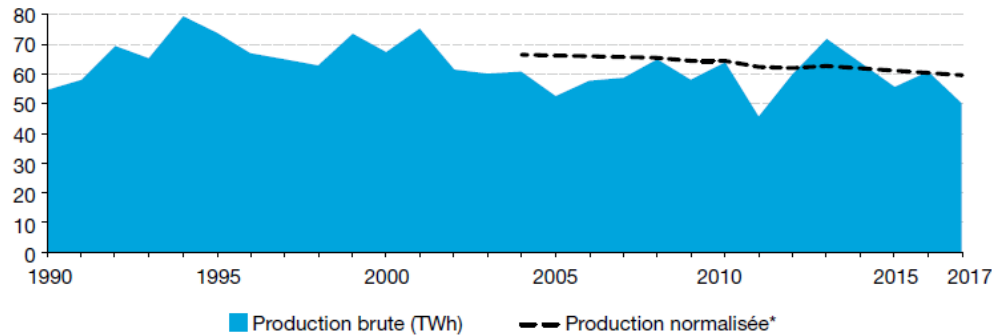
• Contexte du changement climatique :

Un parc sensible aux effets du changement climatique déjà présents :

- Fortes variations interannuelles, fonctions de la pluviométrie
- Baisse des précipitations neigeuses constatée

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION HYDRAULIQUE BRUTE RENOUVELABLE

En TWh




* Voir Définitions et méthodes.

Source : SDES, enquête sur la production d'électricité

Et à l'avenir :

- Une plus forte occurrence de phénomènes météorologiques extrêmes
- Une re-répartition spatiale de la pluviométrie
- Beaucoup d'incertitudes...

Les enjeux d'avenir de l'hydroélectricité

- **Contexte du changement climatique :**
 - En raison de la baisse des précipitations et de sa plus grande rareté, l'eau devient une ressource précieuse. Il est donc important de pouvoir la stocker.
 - En offrant des capacités de stockage de l'eau douce, l'hydroélectricité constitue un outil majeur de gestion de l'eau face à l'augmentation du stress hydrique, à la décroissance des stocks neigeux et glaciaires, et à la réduction des quantités d'eau disponibles.
-  La préservation des barrages et la construction de nouveaux ouvrages s'inscrit donc bien dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques.



Merci de votre attention

Contact :
Louis Lallemand
Responsable hydroélectricité et territoires
louis.lallemand@enr.fr, 01 48 78 56 09

13 Janvier 2020 – Rueil Malmaison
Fondation Tuck – Think Tank IDées