

## 15. L'énergie hydraulique

### 15.1 – Mise en œuvre

Michel Sabourin, ing.

*Département de génie mécanique*

Patrick Turcotte, ing.

*Département de génie mécanique*

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Département de génie mécanique*

# Introduction et objectifs

- Faire connaître la ressource hydraulique, son potentiel et sa place dans le bilan énergétique mondial
- Évaluer et comparer, dans une perspective de développement durable, cette source d'énergie avec les autres disponibles
- Décrire les caractéristiques du développement d'un projet hydroélectrique

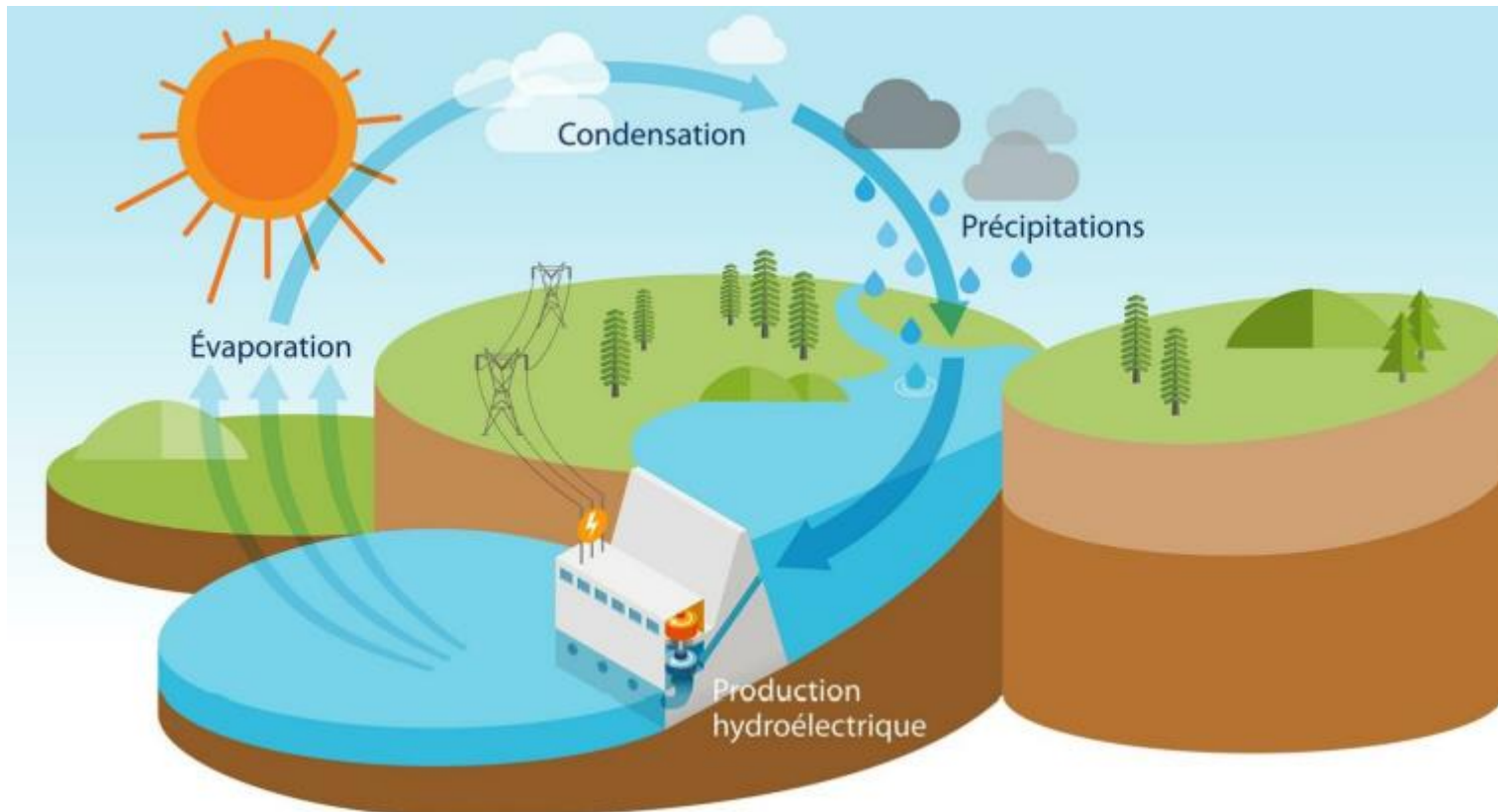
# Historique

- Source d'énergie accessible, même sans grands moyens technologiques
  - Moulins (roues à aubes)
- Exploitation remontant à l'Antiquité
  - Moulins de Barbegal (France): complexe Romain de 16 roues au II<sup>ème</sup> siècle
  - 18m, 240-100 l/s: environ 50 kW max
- Fonctions premières: moudre du grain

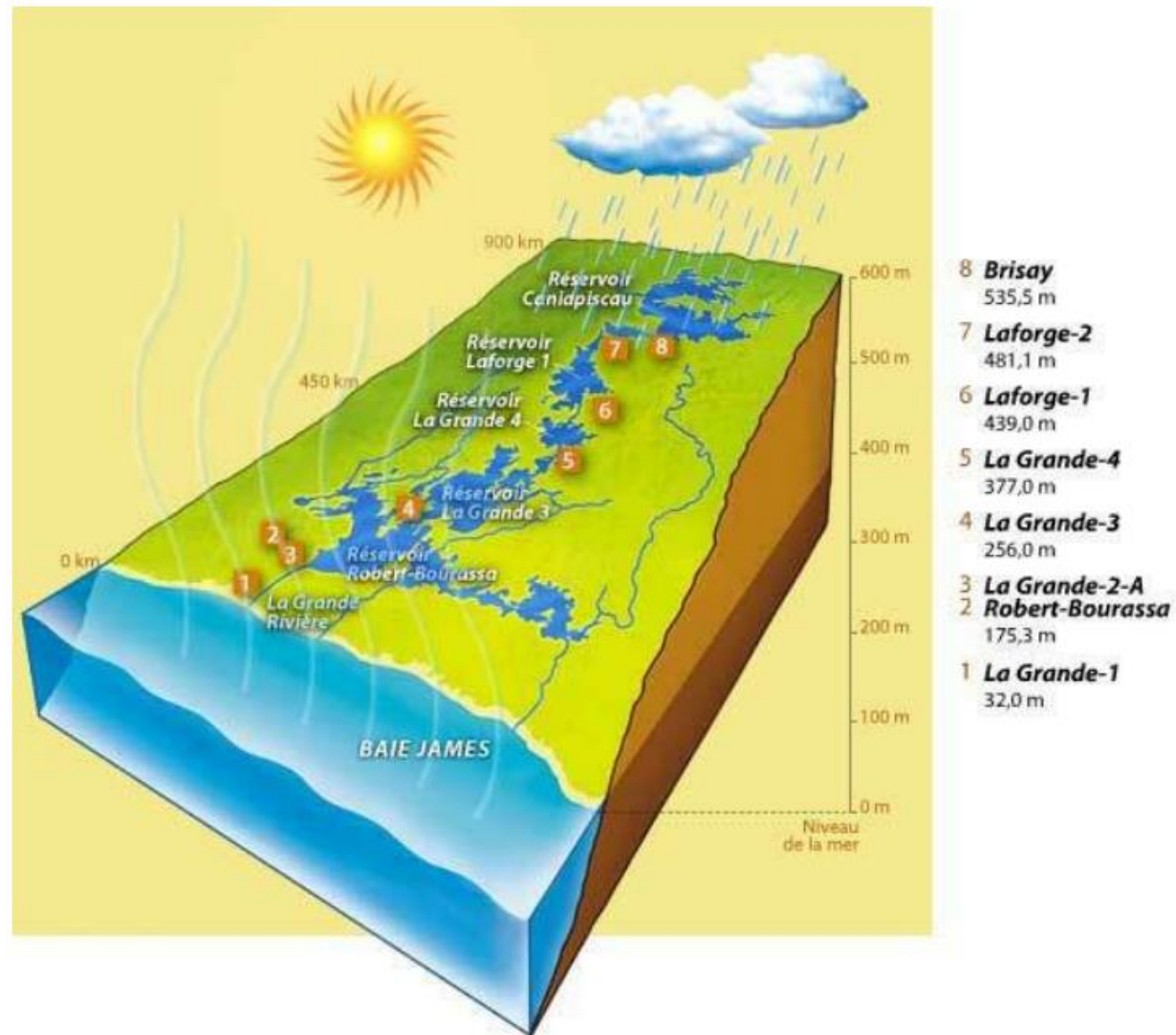


# Une source d'énergie renouvelable

- Accumulation d'énergie solaire en énergie potentielle par évaporation et condensation, puis cinétique (mécanique)



# Une source d'énergie renouvelable



Réseau hydrologique de La Grande Rivière

# Une source d'énergie renouvelable

- Si on ne la convertit pas en électricité, cette énergie se retrouve convertie en chaleur
- C'est une source d'énergie alimentée par le rayonnement solaire et renouvelable tant que le cycle de l'eau est maintenu
- C'est une source d'énergie dont l'exploitation ne libère pas de GES ou d'autre pollution; cependant, la construction des installations en génère généralement des quantités substantielles (méthane, CO<sub>2</sub>, etc.)

# Une source d'énergie renouvelable

- L'hydroélectricité est une source d'énergie hautement prévisible et constante, surtout avec un réservoir
- La production est très réactive et peut aisément s'adapter à la demande en ajustant le débit d'eau et/ou le nombre de turbines en fonction
- C'est une technologie fiable et très mature
- Cependant, elle est extrêmement dépendante de l'environnement géographique



# Une source d'énergie fiable et flexible

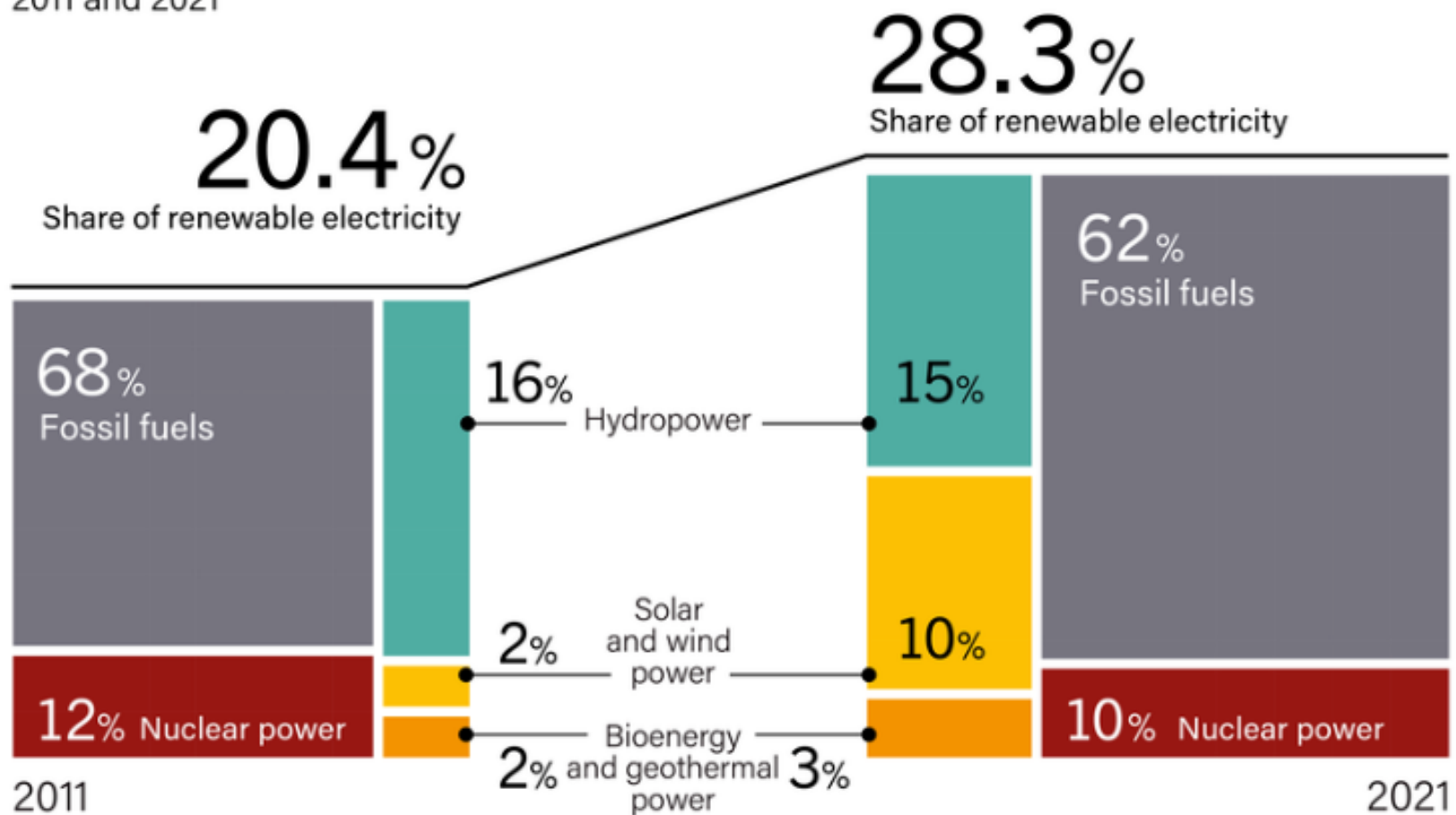
- Sans réservoir (fil de l'eau):
  - Généralement disponible
  - Prévisible
  - Disponible et ajustable rapidement
- Avec réservoir
  - Disponible au besoin
  - Hautement prévisible
  - Disponible et ajustable rapidement
  - Permet de conserver les stocks lorsque d'autres sources moins coûteuses sont disponibles
  - Permet même le stockage (pompage-turbinage)





# Hydroélectricité en chiffres











Share of Renewable Energy in Electricity Generation,  
2011 and 2021



Source: Global Status Report 2022, REN21














# Hydroélectricité en chiffres

Ten of the largest hydroelectric producers as at 2020.<sup>[56]</sup>

Country	Annual hydroelectric production (TWh)	Installed capacity (GW)	Capacity factor	% of world's production	% in domestic electricity generation
 China	1232	352	0.37	28.5%	17.2%
 Brazil	389	105	0.56	9.0%	64.7%
 Canada	386	81	0.59	8.9%	59.0%
 United States	317	103	0.42	7.3%	7.1%
 Russia	193	51	0.42	4.5%	17.3%
 India	151	49	0.43	3.5%	9.6%
 Norway	140	33	0.49	3.2%	95.0%
 Japan	88	50	0.37	2.0%	8.4%
 Vietnam	84	18	0.67	1.9%	34.9%
 France	71	26	0.46	1.6%	12.1%

Source: 2020 Key World Energy Statistics, IEA

# Hydroélectricité en chiffres

Name	Country	Location	River	Installed capacity (MW)	Annual production (TW-hour) <sup>[note 1]</sup>	Area flooded (km <sup>2</sup> )	Reservoir volume (km <sup>3</sup> ) <sup>[6]</sup>	Years of completion
Three Gorges Dam	 China	 30°49'15"N 111°00'08"E	Yangtze	22,500	111.8 <sup>[7]</sup>	1,084	39.3	2008/2012
Itaipu Dam	 Paraguay  Brazil	 25°24'31"S 54°35'21"W	Paraná	14,000	103 <sup>[1]</sup>	1,350	29	1984/1991, 2003 <sup>[note 2]</sup>
Xiluodu	 China	 28°15'52"N 103°38'47"E	Jinsha	13,860 <sup>[8]</sup>	55.2		12.67	2014 <sup>[9]</sup>
Belo Monte	 Brazil	 03°07'27"S 51°42'01"W	Xingu	11,233 <sup>[10]</sup>	39.5	441	1.89	2016-2019
Guri	 Venezuela	 07°46'00"N 63°00'00"W	Caroní	10,235	53.41	4,250	135	1978, 1986
Wudongde	 China	 26°20'2"N 102°37'48"E	Jinsha	10,200	39		7.4	2020/2021 <sup>[11]</sup>
Tucuruí	 Brazil	 03°49'54"S 49°38'48"W	Tocantins	8,370	41.43	3,014	45	1984, 2007
Baihetan Dam	 China	 28°15'06"N 103°39'34"E	Jinsha	8,000 <sup>[12][note 3]</sup>		?	17.9	2021/? <sup>[13]</sup>
Grand Coulee	 United States	 47°57'24"N 118°59'00"W	Columbia	6,809	20 <sup>[14]</sup>	324	12	1942/1950, 1973, 1975/1980, 1983/1984, 1991 <sup>[note 4]</sup>
Xiangjiaba	 China	 28°38'57"N 104°22'14"E	Jinsha	6,448	30.7	95.6	5.16	2014 <sup>[15]</sup>

Source: Wikipedia, 2022

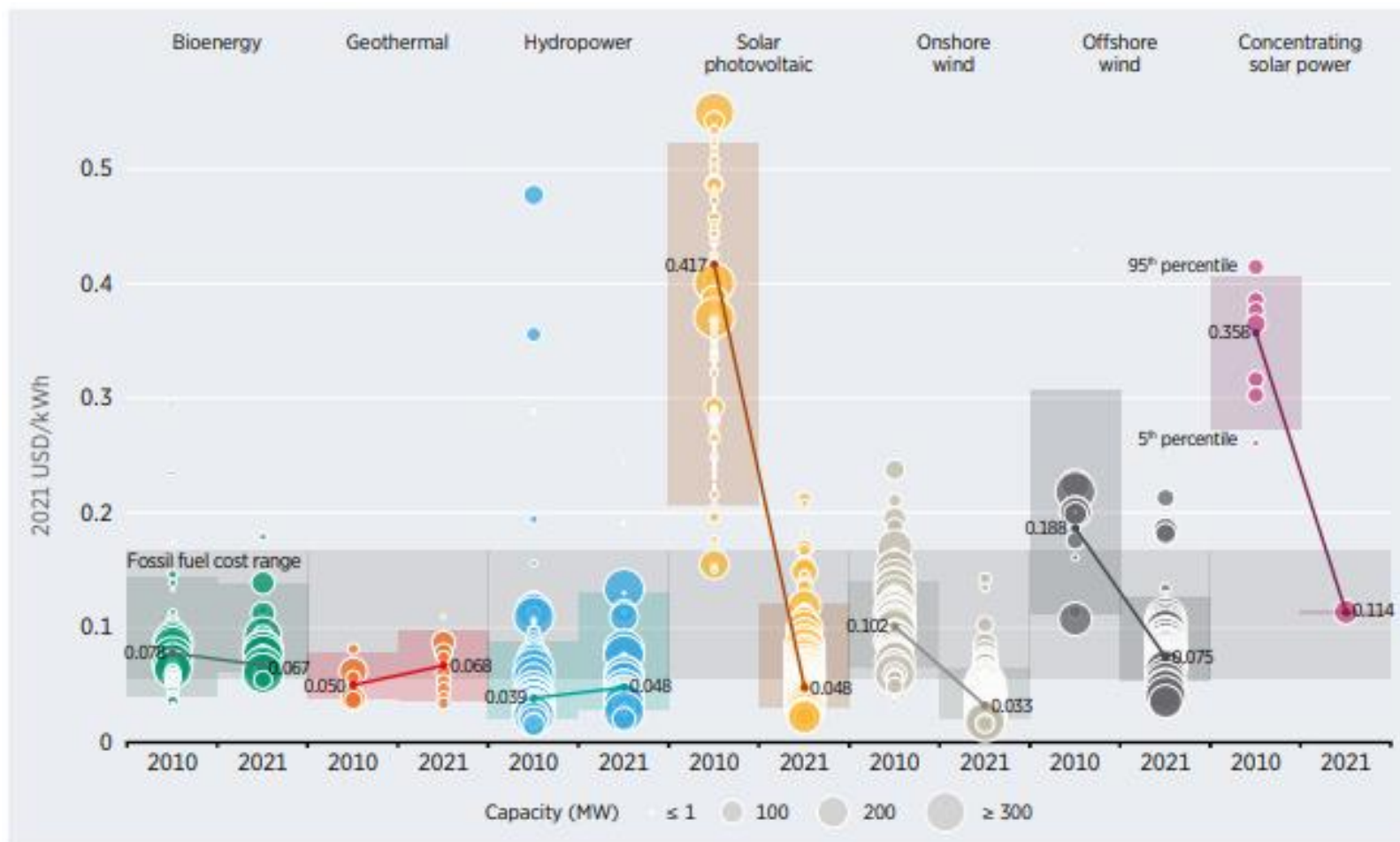
# Hydroélectricité en chiffres

- Beaucoup de changements dans les dernières années
- Noter le FC (facteur de charge, ou facteur d'utilisation)
- 1308 GW de puissance installée en 2019, dont 153 GW en pompage-turbinage
- 4329 TWh de production totale
- 16% de la production électrique mondiale
- 59% de la production électrique du Canada
- 95% de la production électrique du Québec

Source: 2021 Key World Energy Statistics, IEA

# Hydroélectricité en chiffres

**Figure 1.2** Global weighted average LCOEs from newly commissioned, utility-scale renewable power generation technologies, 2010-2021



Source: IRENA Power Generation Costs, 2022

# Hydroélectricité en chiffres

- L'hydroélectricité se positionne toujours très bien sur le plan des coûts; cependant...
- Le solaire et l'éolien deviennent moins coûteux
- Les nouvelles installations sont de plus en plus coûteuses, principalement parce que les sites favorables se font de plus en plus rares
- Les coûts de mise en oeuvre sont très élevés; chaque site doit faire l'objet d'une conception spécifique



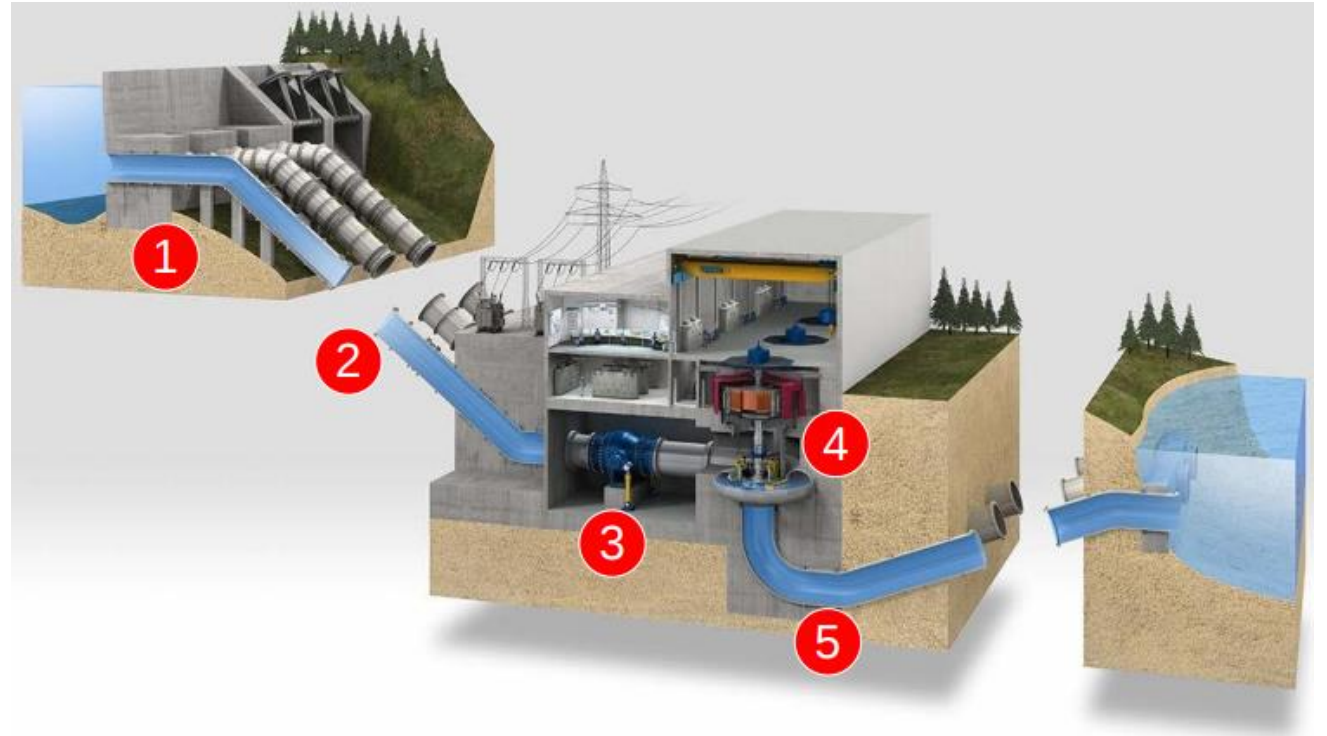
# Hydroélectricité en chiffres

$$E = m * g * h$$

- m: masse de l'eau en kg
- g: accélération gravitationnelle en  $m.s^{-2}$
- h: hauteur en m

# Composantes typiques

- Composantes principales, de bief à bief:
  1. Prise d'eau (habituellement avec vanne et grille)
  2. Conduite forcée
  3. Vanne de garde
  4. Turbine et alternateur
  5. Aspirateur et canal de fuite



Bief: section à niveau constant d'un cours d'eau, comprise entre deux obstacles comme des chutes, des digues, des écluses, etc.

# Conclusion

- Source d'énergie renouvelable
- Fiable
- Flexible
- Peut également permettre l'entreposage (pompage-turbinage)
- Peu d'émissions de GES lors de son exploitation
- Permet des installations à grande puissance installée
- Peu coûteuse, particulièrement une fois en opération (OPEX), mais les coûts des nouveaux projets (CAPEX) vont croissant



**Merci de votre attention !**

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

