



L'HYDROÉLECTRICITÉ

UNE ÉNERGIE RENOUVELABLE AU CŒUR DE
LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET DES ENJEUX CLIMATIQUES

10 AVRIL 2024



SOMMAIRE



L'Hydroélectricité dans le mix énergétique



Un rôle accru au cœur des enjeux actuels
Transition énergétique, préservation de la
biodiversité, changement climatique



Des développements réalisés,
des projets à venir et des obstacles à lever



L'Hydroélectricité dans le mix énergétique



L'hydroélectricité en quelques mots



1^{ère} des ENR 3^{ème} source de production mondiale

Clé du mix énergétique : stockable, flexible, commandable, prévisible



Projet de Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (janvier 2020)
l'hydroélectricité est « **essentielle pour la transition du système électrique** » en raison de sa prédictibilité, sa pilotabilité, sa flexibilité notamment grâce aux installations de lacs et d'éclusées

Barrage de Livet (38)

Le parc de Production Hydraulique EDF France en quelques chiffres



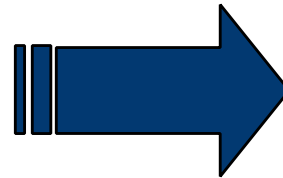
427 centrales (1200 groupes)

- Construites entre 1896 et 2015, âge moyen du parc \approx 70 ans
- De 100 kW à 1800 MW
- Automatisées ou conduites à distance



5200 salariés

dont 100 centrales à très fort enjeu, téléconduites depuis un Centre de Conduite Hydraulique (CCH)



14 000 MW
mobilisables en 20 min

622 barrages (3500 vannes)

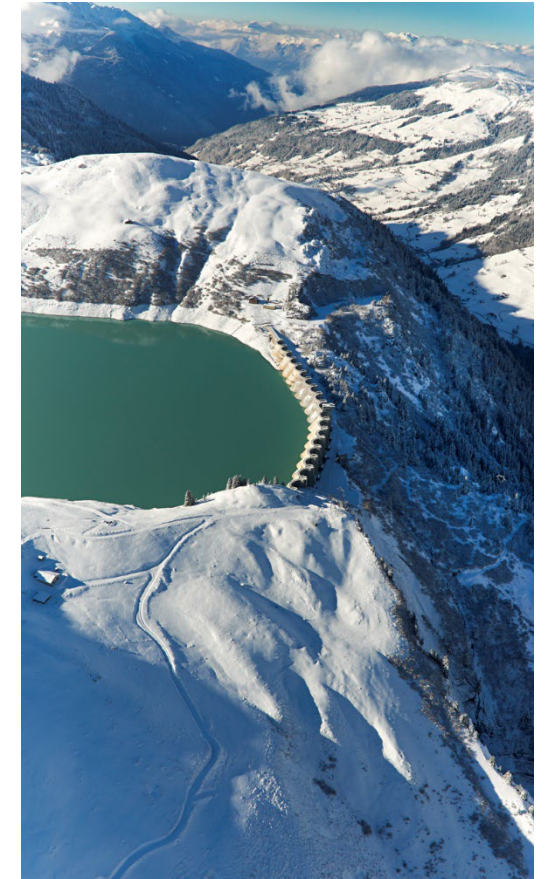
- dont 150 de plus de 20 m
- dont 67 de plus de 15 hm³

1480 km de galeries

267 km de conduites forcées



Des aménagements majoritairement soumis à un régime de concession

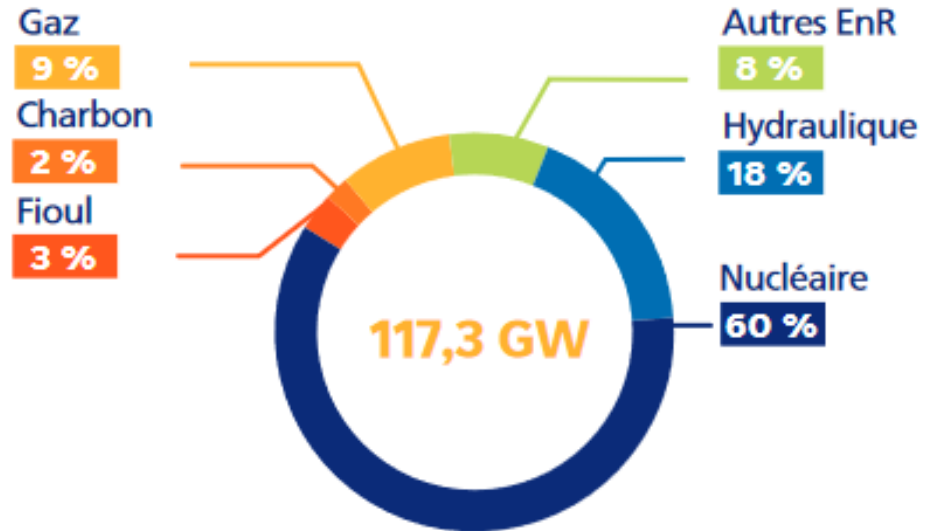




EDF Hydro : 10,1% de la production totale du Groupe EDF et près de 20% lors des pics de consommation

CAPACITÉ INSTALLÉE (1)

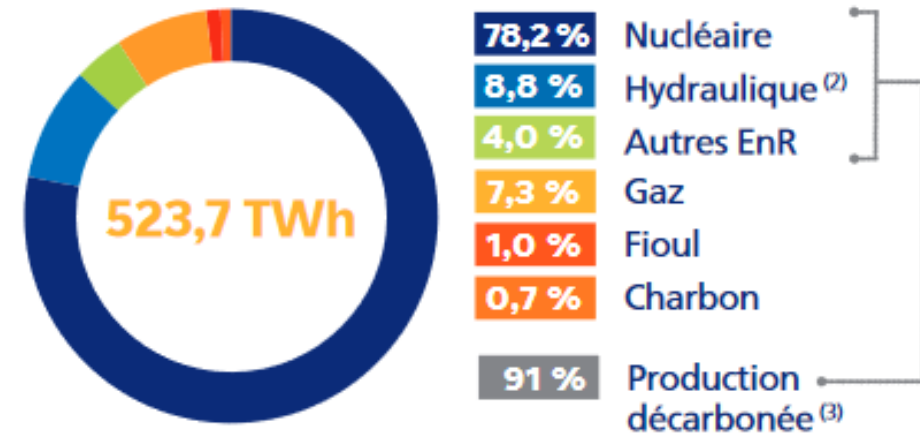
en GW



(1) Correspond aux données consolidées.

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ (1)

en TWh



(1) Production des entités consolidées par intégration globale.

(2) Production hydraulique pompage compris.

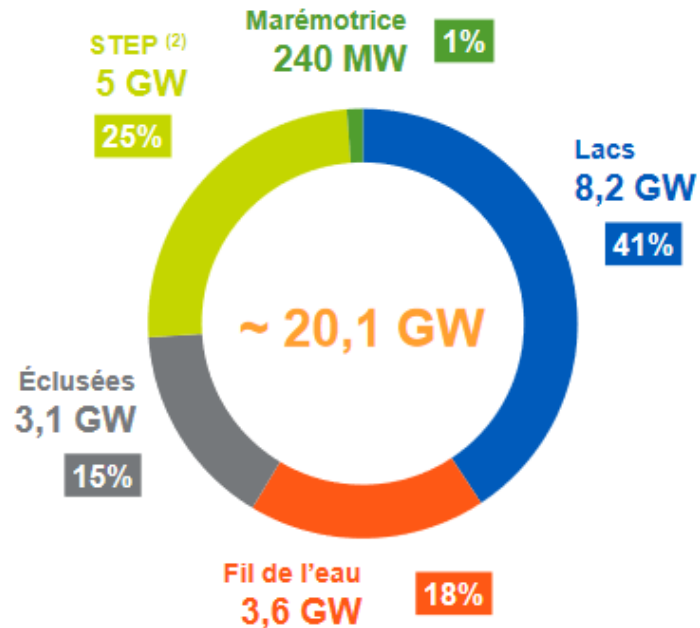
(3) Emissions directes de CO₂ liées à la production, hors analyse du cycle de vie (ACV) des moyens de production et combustibles.

Répartition de la puissance entre les différents aménagements



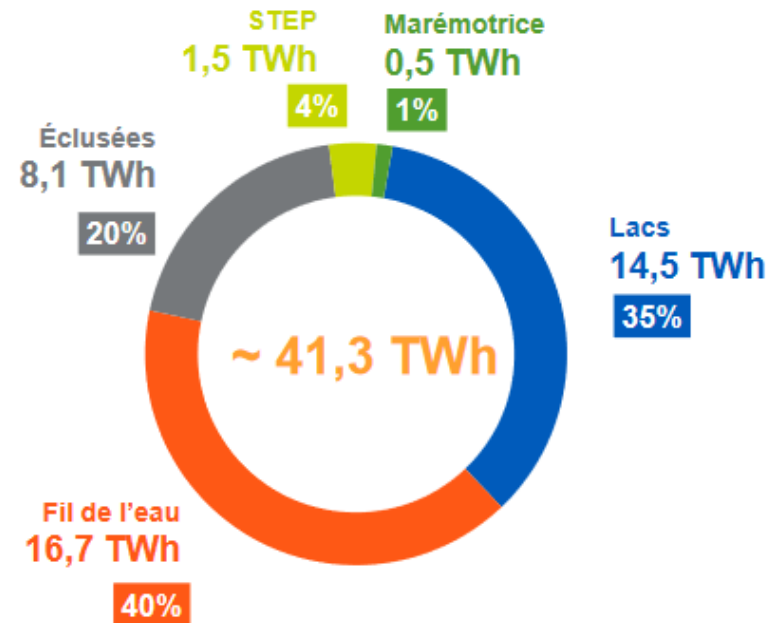
EDF Hydro responsable de la production hydroélectrique de ses aménagements, est gestionnaire de l'eau et assure des prestations d'ingénieries pour son propre compte ainsi que pour d'autres directions du Groupe.

PUISSANCE DE TURBINAGE en GW



Environ 23 % de la capacité installée du parc d'EDF en France

PRODUCTIBLE MOYEN Sur 50 ans (1)



Environ 11,5% de la production moyenne d'EDF en France



(1) Le productible moyen sur 50 ans est réévalué sur la base du changement climatique déjà constaté.
(2) Seul le productible gravitaire est comptabilisé dans les STEP sans prendre en compte l'énergie de pompage.

* Chiffres URD 2021

5 types d'ouvrages :

Centrales au fil de l'eau (18% en puissance)

Base

- Peu de capacité de stockage. La puissance produite dépend directement du débit en rivière.

Centrales d'écluse (16%)

Semi-Base

- Capacité de stockage plus élevée. Possibilité de moduler la puissance si besoin.

Centrales de lac (40%)

Pointe

- Forte capacité de stockage. Capacité à produire si besoin.

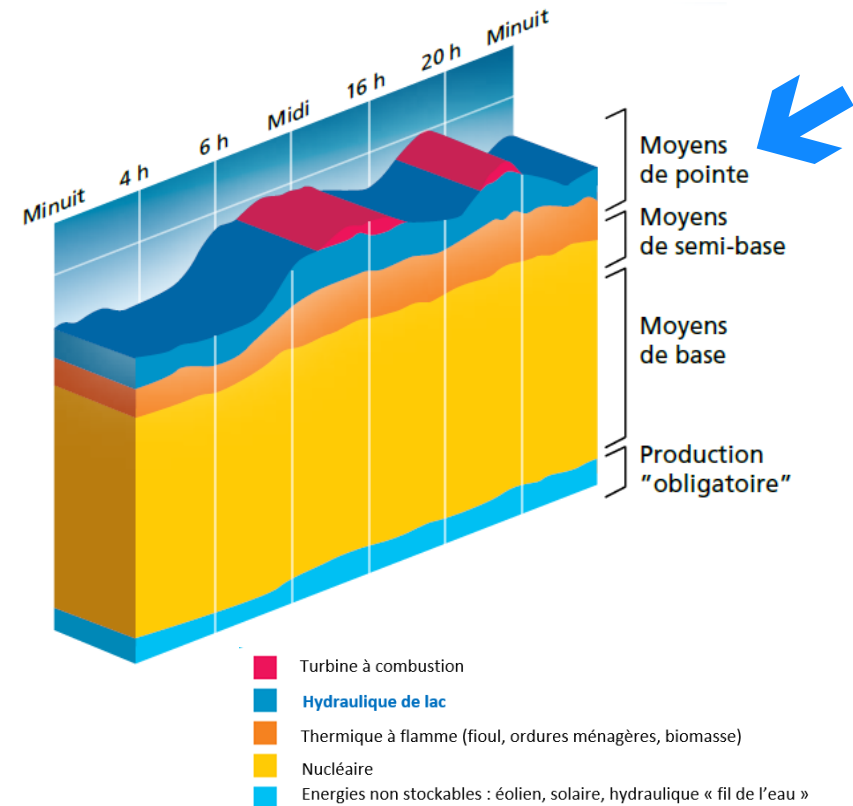
Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (25%)

STEP

- Eau turbinée d'un bassin amont vers un bassin aval en période de forte consommation.
- Eau pompée du bassin aval vers le bassin amont en période de faible consommation pour reconstituer le stock.

L'empilement des moyens de production

Exemple d'une journée de forte consommation en hiver



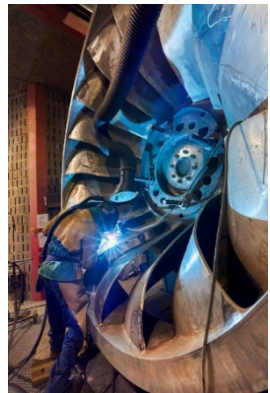
Marémotrice (1%)

- La centrale de la Rance utilise le mouvement de la marée pour créer le dénivelé nécessaire à la production d'électricité.

Des compétences EDF Hydro concentrées et réparties dans les vallées



- Le Pôle Hydraulique Grenoblois :
Plus de 1000 salariés des métiers de l'exploitation, de l'ingénierie, d'expertise et de la formation
- Le siège du Centre d'Ingénierie Hydraulique EDF Hydro à La Motte-Servolex
- Exploitants et mainteneurs dans les vallées hydrauliques
- 2 ateliers du Service de Réparation Hydraulique
- 1 Centre de Conduite Hydraulique à Lyon



La carte d'identité d'EDF Hydro Alpes



127 barrages
300 prises d'eau
104 centrales dont 4 Step

8 200 MW installés
16 TWh

Environ 100 M€ / an de CAPEX d'investissement
de maintenance ces dernières années, hors développement

150 M€ / an de fiscalité

7 départements

Rhône, Isère, Drôme, Savoie, Haute Savoie, Ain, Jura

- 3 Groupements d'Exploitation Hydraulique (GEH)
Ecrins Vercors - Jura Maurienne - Savoie Mont Blanc
- Le Service de Réparation Hydraulique (SRH)
- Le Groupement de Maintenance Hydraulique (GMH)
- Un état major

Plus de 1 000 salariés

50 lieux de prise de poste

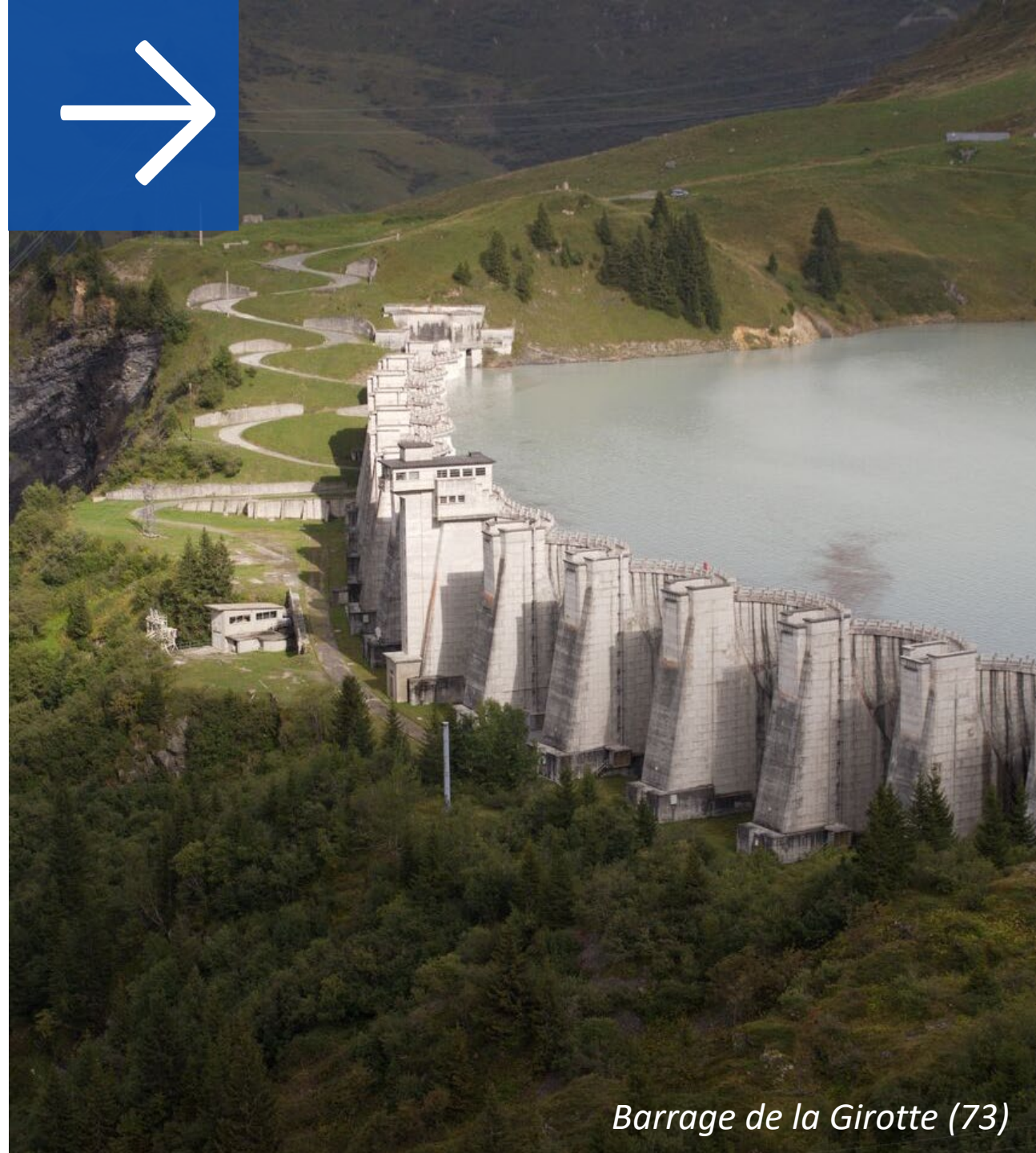


35 % de la production hydraulique de EDF
25 % de la production hydraulique en France





Un rôle accru au
cœur des enjeux
actuels



Barrage de la Girotonne (73)

Performance de Production

Fort enjeu de disponibilité des centrales de pointe dans un contexte d'EOD tendu

Gestion de l'eau

Résilience au changement climatique au cœur d'une conjugaison d'enjeux (raréfaction de la ressource en eau, soutien d'étiage, biodiversité, maintien des usages, ...)

70% des 286 concessions hydrauliques d'EDF servent d'autres usages que l'hydroélectricité (eau potable, irrigation, soutien d'étiage...).

Relation au territoire

Des engagements dans la durée pour assurer du lien et l'acceptabilité de nos aménagements (R&T, partenariat, action territoriale)

Gestion d'actifs et développement

Maintien du patrimoine d'un parc dans la durée face à des sollicitations qui augmentent
Des opportunités de développement à concrétiser

Environnement

Des attentes fortes sur des milieux en transition
Nos ouvrages sont au cœur de ses enjeux et attentes parfois antagonistes avec le maintien d'une production de pointe placée (Eclusée, transit sédimentaire, ...)

Satisfaction de nos salariés et attractivité de nos emplois

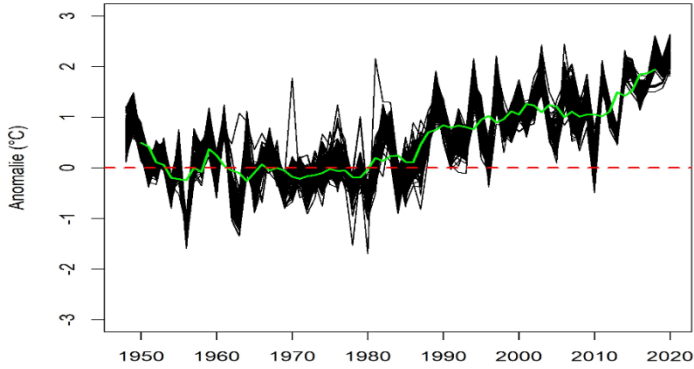
Satisfaction dans leurs métiers et leurs évolutions dans un contexte marqué par les revendications liées au pouvoir d'achat et la réforme des retraites et des métiers en tension



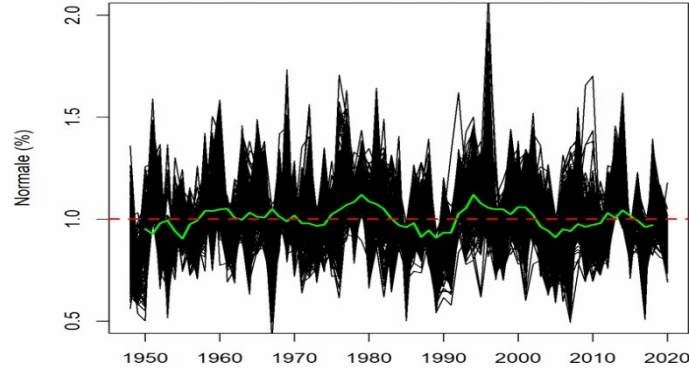
Changement climatique & hydroélectricité ... de quoi parle-t-on ?



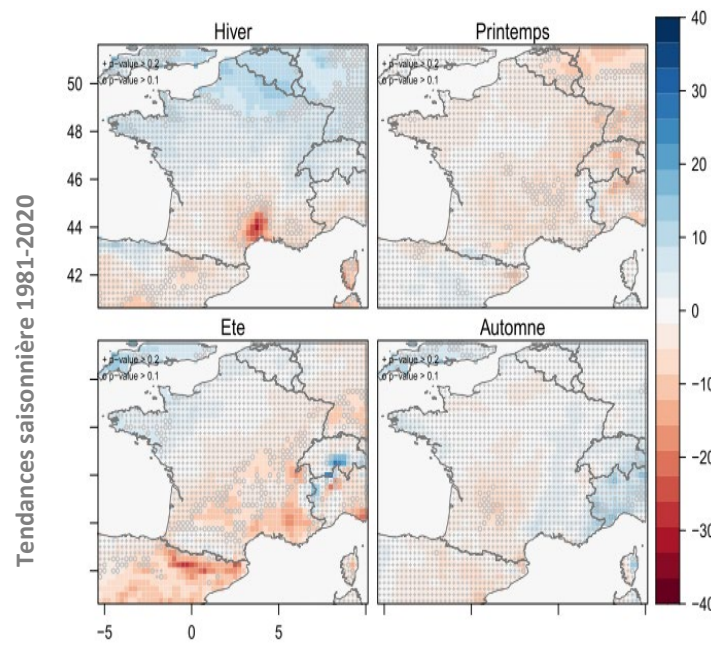
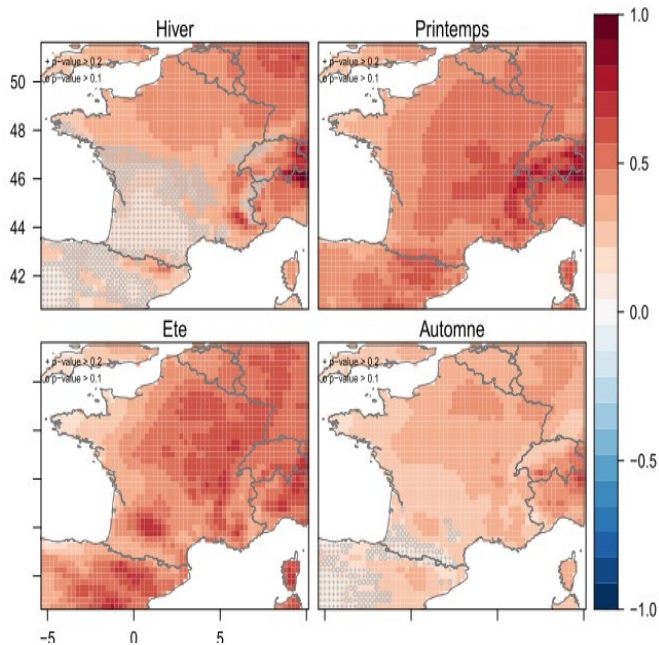
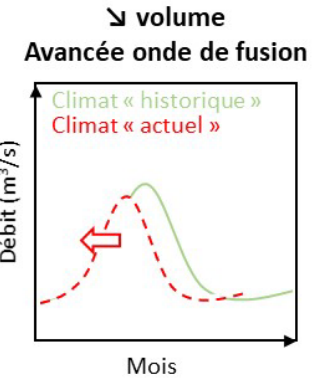
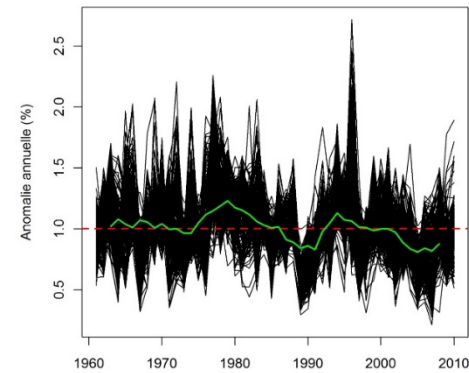
Températures de l'air



Précipitations



Débits



✓ Températures

- ✓ Réchauffement significatif depuis les années 1980
- ✓ $T_{air} \sim +1.5^{\circ}C$ [1950-1981]
- ✓ Contraste géographique (ouest/est) & saisonnier

✓ Précipitations

- ✓ Tendances peu significatives sur les précipitations
- ✓ Une tendance à l'humidification sur la partie nord et à l'assèchement sur la partie sud

✓ Débits

- ✓ C'est le cumul des précipitations qui pilote les débits
- ✓ Depuis les années 1980, \nearrow évapotranspiration qui se traduit par \searrow des débits interannuels
- ✓ Impact important sur la saisonnalité des écoulements (notamment étiages d'été plus sévères)

2022 = L'année la plus chaude jamais enregistrée depuis le début des relevés en 1900 (Météo France).

- 2^{ème} année la plus sèche (après 1989) depuis le début des relevés en 1959 : précipitations de 25% inférieures aux normales (bilan RTE)
- 2^{ème} été le plus chaud depuis 1900, avec 33 jours cumulés de vague de chaleur (un record depuis 1947).
- Un record historique de sécheresse des sols de mi-juillet à mi-août et prolongé pendant l'automne dans les régions les plus méridionales
- Déficit important de l'enneigement dans les Alpes
- **La plus faible hydraulité depuis 1960 → Baisse de la production d'hydroélectricité française de 20% par rapport à la moyenne 2014-2019, au plus bas depuis 1976 (Bilan RTE).**
- Hiver 2022-2023 : « sécheresse hivernale »

Plus globalement :

- **Un climat plus erratique :**
moins régulier, moins stable, moins prévisible
- 8 des 10 années les plus chaudes depuis le début du XX^{ème} siècle sont ultérieures à 2010
- Le nombre de jours de vague de chaleur X 5 entre 1960 et 2020 passant de 2 à 10 jours en moyenne annuelle,
- ↗ fréquence et intensité des événements pluvieux extrêmes ainsi que de l'intensité et de la durée des sécheresses des sols

Et dans les Alpes ?

- Le réchauffement est **2 x plus rapide qu'en France**
- Elévation de la limite pluie / neige
- **Fonte des neiges plus précoce et plus rapide**
- Fonte des glaciers plus forte et plus rapide (ce qui soutient les débits des cours d'eau ... temporairement ...)

Quel futur pour l'eau en 2050 ?



► Une **hausse** des débits des cours d'eau **en hiver**, une **baisse** importante **en été**

Données pour un scénario modéré d'émission de gaz à effet de serre

Le glacier de Tré-la-Tête (Mont-Blanc, Contamines-Montjoie)



Front du glacier en 2008



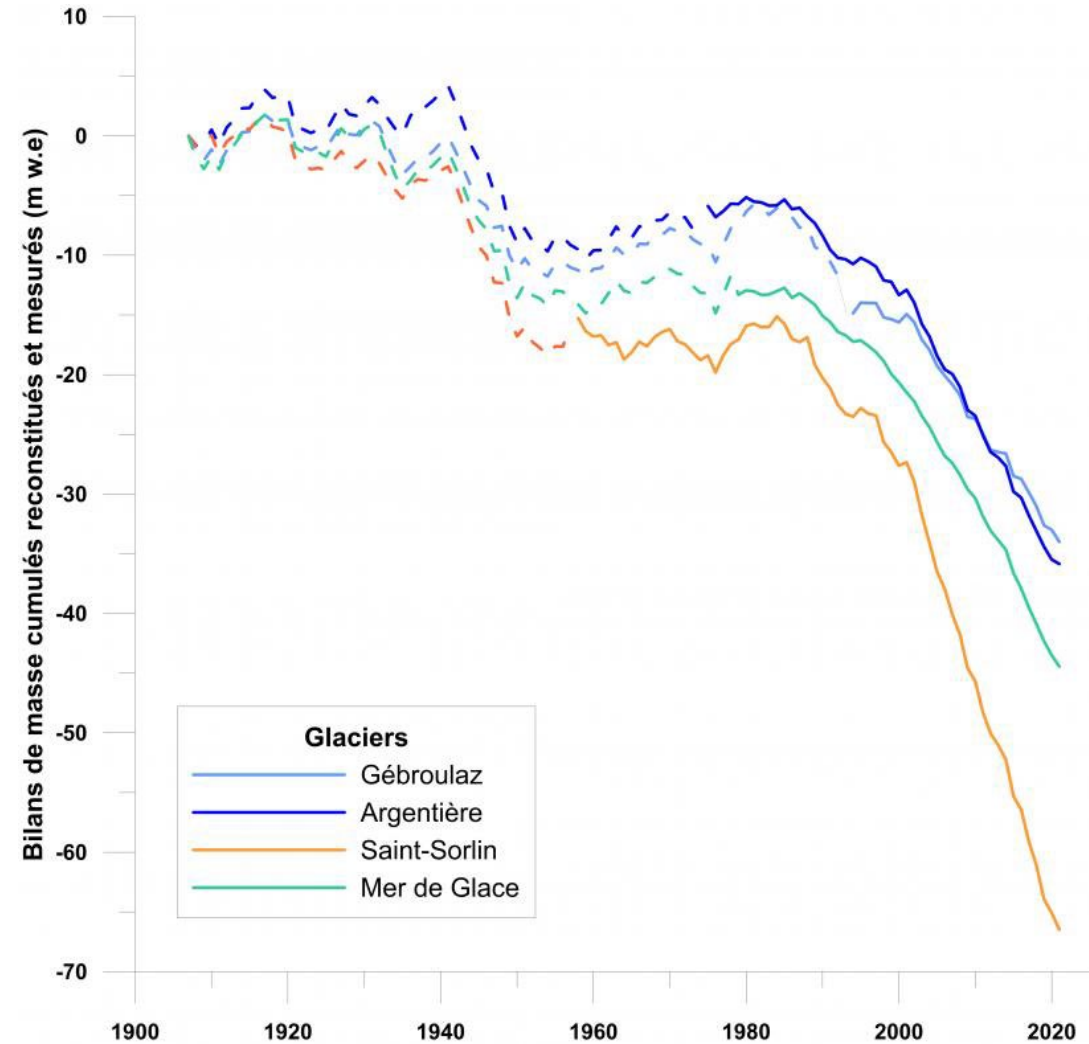
Au même endroit en 2022


© ASTERS-CEN74 & Luc Moreau GLACIOLAB

La forte perte de masse des glaciers enregistrée depuis 1982 est le résultat d'une augmentation très importante de la fusion estivale.


« Éviter l'ingérable, gérer l'inévitable »

Atténuation **Adaptation**





Développer la production et la flexibilité énergétique



S'adapter au changement climatique



Préserver les milieux et la biodiversité



Comprendre
Placer la science au cœur des débats



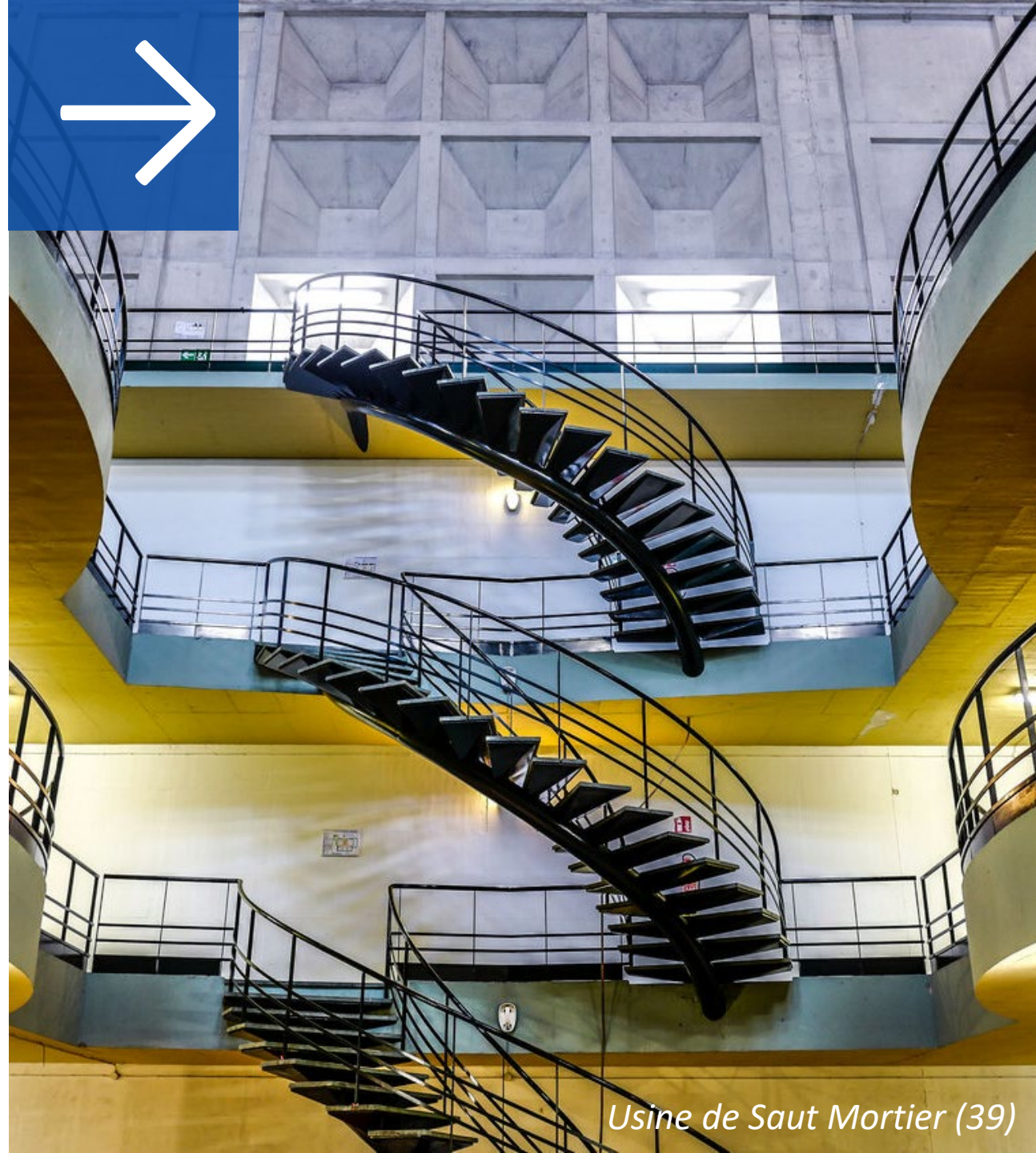
Bien se Comprendre
Concertation, écoute et conciliation des usages



Agir
Rechercher les meilleurs équilibres et Innover



Des développements
réalisés, des projets
à venir et des
obstacles à lever

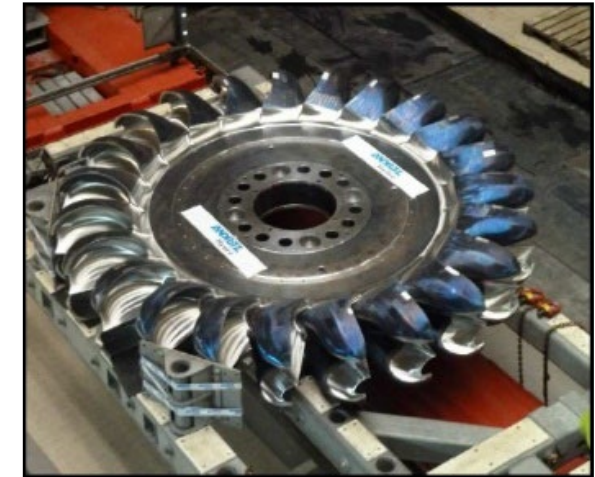
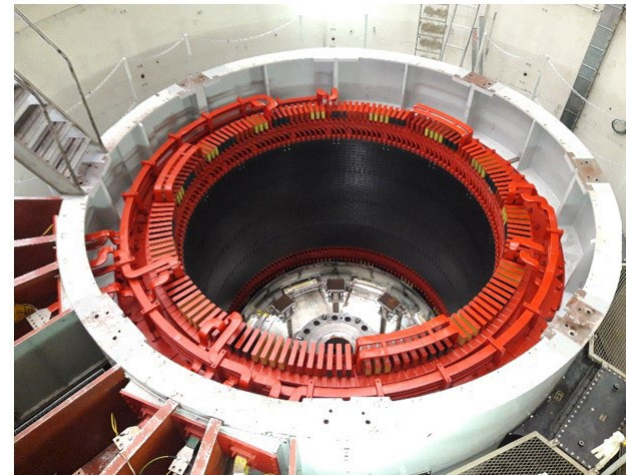
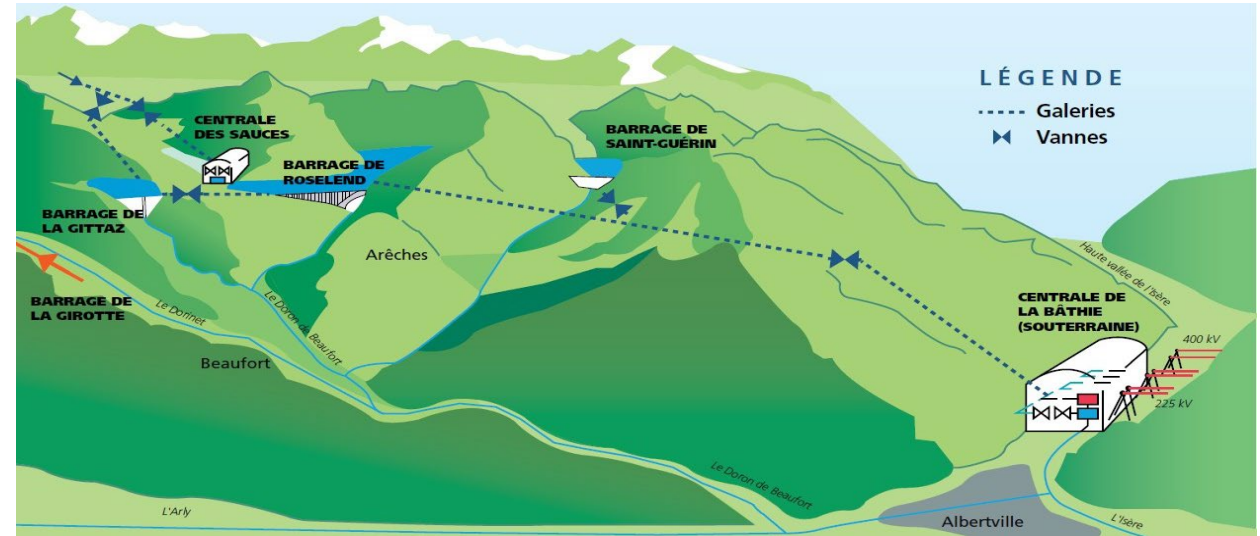


Usine de Saut Mortier (39)

Suréquipement La Bâthie (600 MW) – MSI 2019



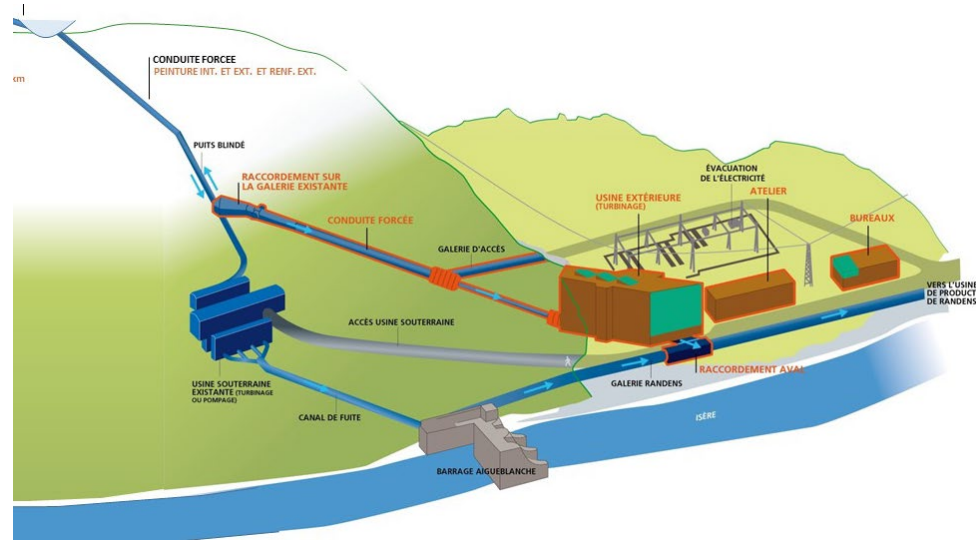
- Sur-équipement des 6 groupes de production sur l'Isère en Savoie
- 20% de puissance supplémentaire
- 66 M€ investis
- Retombées AuRA 25 M€ auprès d'entreprises de Savoie, Haute-Savoie, Isère
- Création d'un bassin de compensation aval



Nouveau Groupe Pelton à La Coche (240 MW) – MSI 2019



- Nouveau groupe de production et bâtiment d'exploitation sur l'Isère en Savoie
- La plus grosse turbine Pelton de France, mise en service en 2019
- 20% supplémentaire de production de la centrale de La Coche
- 170 M€ investis
- Retombées AuRA 84 M€ auprès de 167 entreprises



Nouvel aménagement Romanche Gavet (95 MW) – MSI 2020



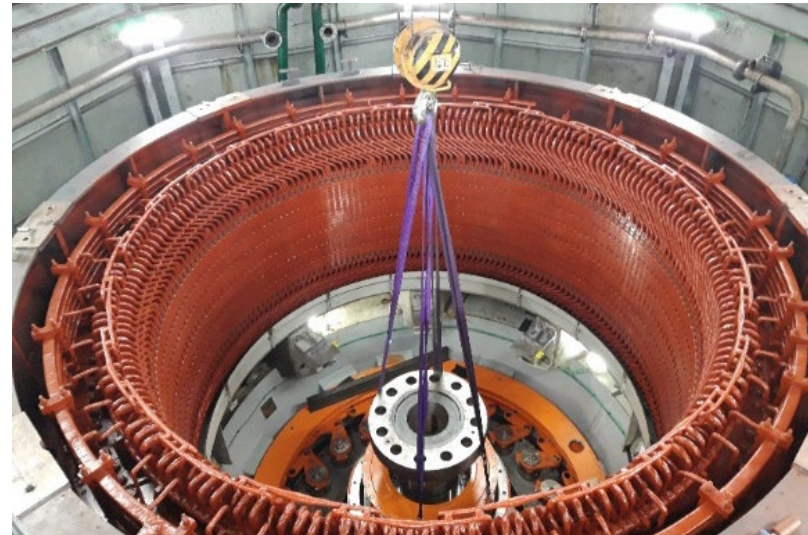
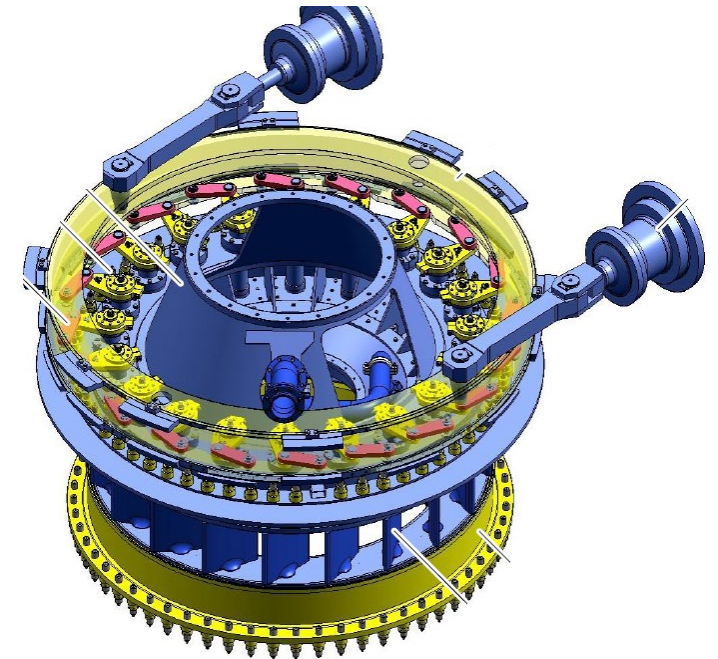
- **Nouvel aménagement** sur la Romanche en Isère pour remplacer les installations existantes (6 centrales et 5 barrages)
- **40% supplémentaire de production**
- **560 millions de kWh/an**, soit de la consommation de 230 000 habitants
- **Démantèlement des anciennes infrastructures** (49 M€)
- **Plus de 400 M€ investis**
- **Retombées AuRA 107 M€ (28 %)** auprès de 404 entreprises
- **Mise en service en 2020**



Surpuissance Saussaz-Hermillon (+ 14 MW) – MSI 2022



- Travaux d'optimisation des groupes à La Saussaz : Modification des organes de commande des directrices et reprise des temps de manœuvre des organes réglants des groupes
 - Puissance max Usine : 146 MW à 150 MW
 - Débit : 90 à 92 m³/s
- Une surpuissance à Hermillon : nouvelle conception de la turbine avec changement du distributeur et de la roue, un remplacement des transformateurs 62 MVA par des 80.
 - Puissance max Usine : 115 MW à 125,3 MW
 - Débit : 90 à 97 m³/s



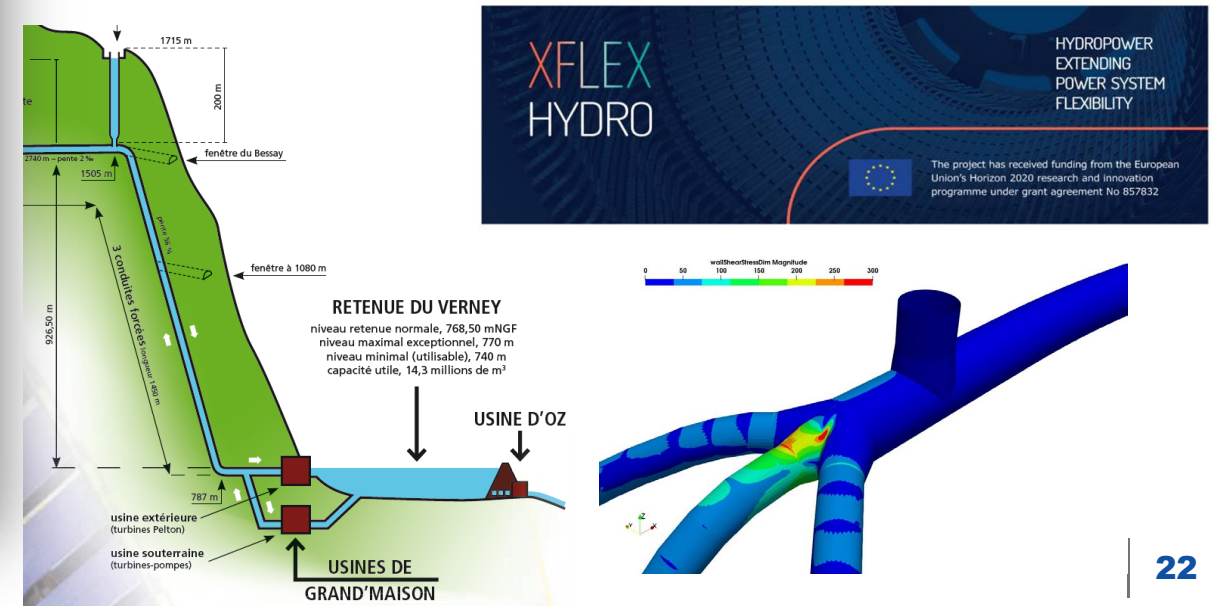
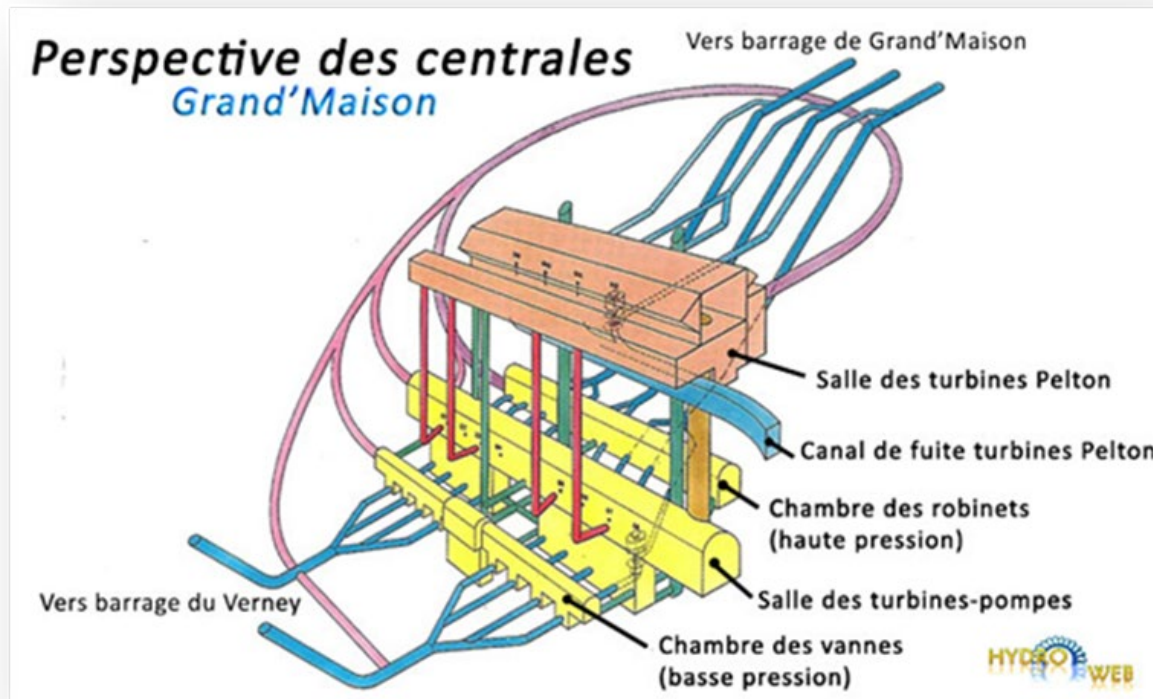


Surpuissance des 4 turbines Pelton

- Augmentation de puissance de **157 MW à 170 MW**
- 3 groupes réalisés entre 2016 et 2022,
- Le dernier en 2025

Projet européen X-FLEX (Pompage/turbinage simultané)

- MSI d'un groupe en 2021
- PTS permet d'apporter de la **flexibilité au réseau** en offrant du télé réglage durant des phases de pompage
- **Expérimentation** dans le cadre du projet « X'FLEX » :
 - De mi-2021 à mi-2022
 - Cible 2023 : 4 Pelton en fonctionnement PTS



Des projets : Reconfiguration de la prise d'eau des Bois



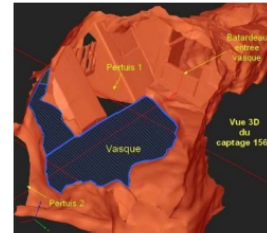
Exemple de l'impact du changement climatique sur la fonte des glaciers et de l'adaptation de la production hydroélectrique



Modification de la géométrie de la mer de glace (surface & épaisseur)
 → Réaménagements successifs de la prise d'eau des Bois = Résilience
 → Avenir de la prise d'eau : sous glaciaire vers aérienne



Projet en cours de réalisation



Phase 1

1. Prolongation aussi longtemps que possible du captage actuel à 1560 m

- Entretien annuel après la fonte. Poursuite des opérations une fois le captage découvert avec gestion des aléas chute de blocs, avalanches et épisodes torrentiels.
- Equipement des pertuis du captage de barreaux.

Phase 1

2. Réhabilitation de l'ancien captage à 1520 m

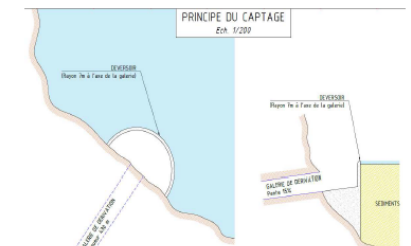
- Dégagement de la vasque réalisée en 2008-2009.
- Equipement du captage par une prise d'eau de type « par-dessous », similaire au captage du puits P4 d'Electricité d'Emosson en aval du glacier du Tour.



Phase 2 (optionnelle)

3. Création d'un nouveau captage à l'aval du captage historique à 1490 m

- Création d'une nouvelle galerie permettant de connecter la surface à la dérivation permanente existante.
- Réalisation du nouveau captage à 1470 m avec déversoir hémicylindrique.





Des projets : G3 de Gavet

- Nouvelle PMB = 131,4 MW (vs 107,7 MW)
- Débit maximum turbinable complémentaire = 9 m³/s (vs 41 m³/s actuellement)
- Puissance du G3 = 21,5 MW
- Production supplémentaire estimée = + 25 GWh/an (592 vs 567)

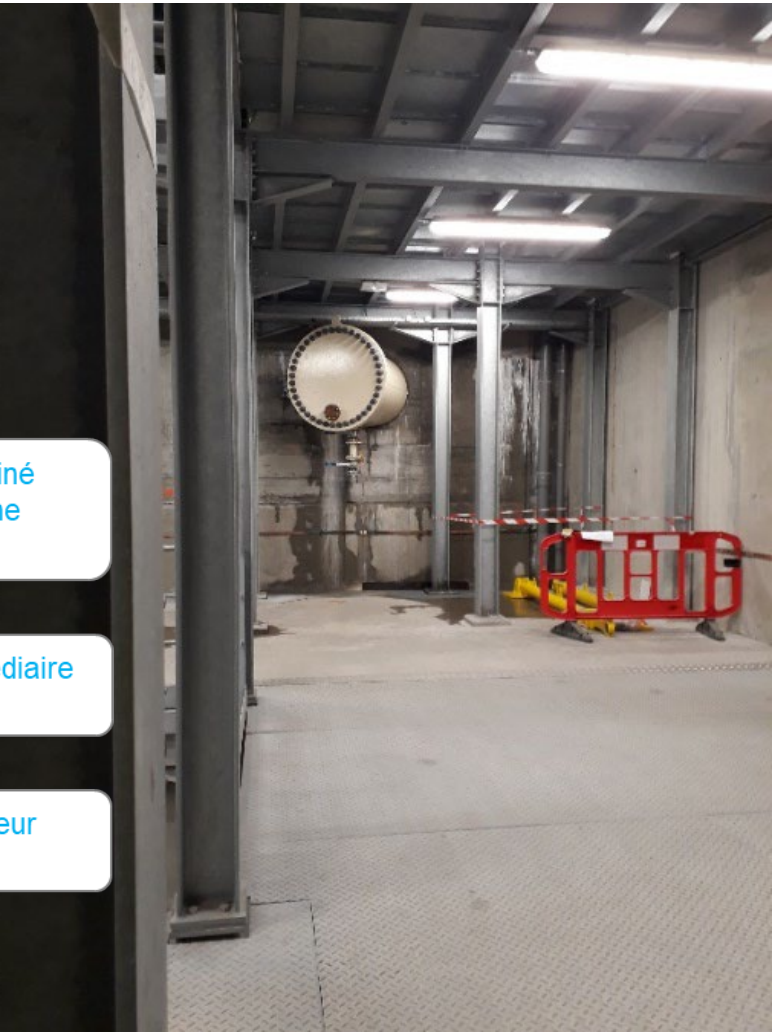
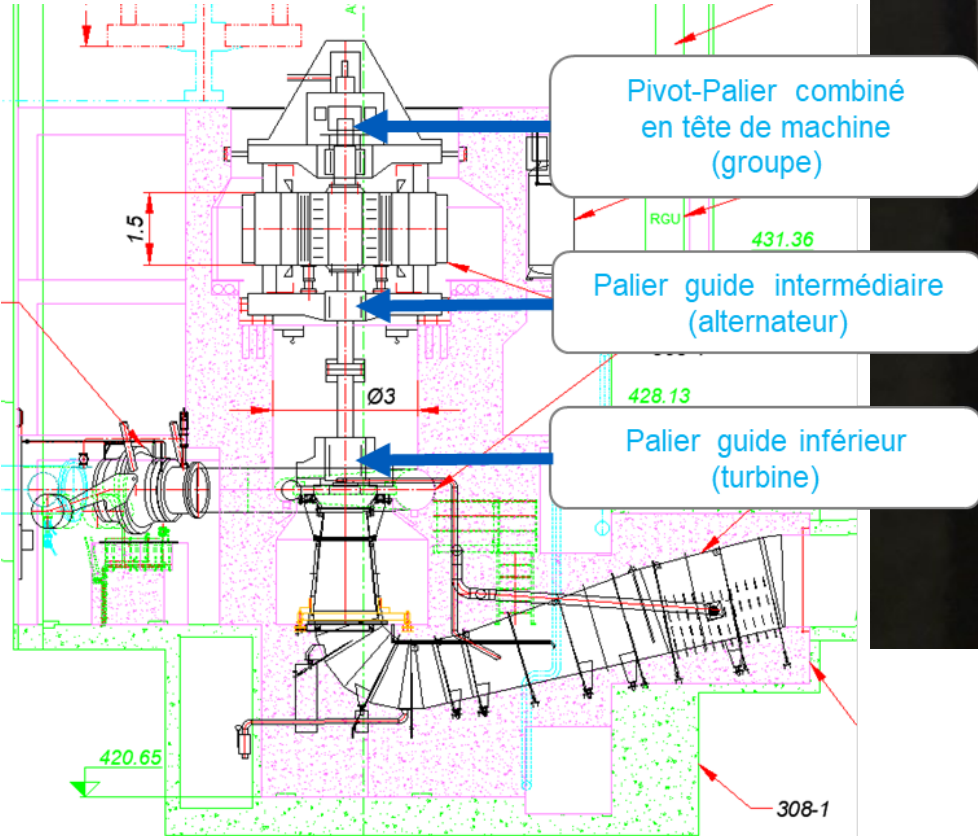
Mise en service envisageable en 2025-2026

Des ouvrages construits et dimensionnés en prévision du G3

Reste à installer et **construire le groupe de production** (vanne de garde, alternateur, turbine transformateur)

Pas d'incidence environnementale

Projet en cours d'instruction

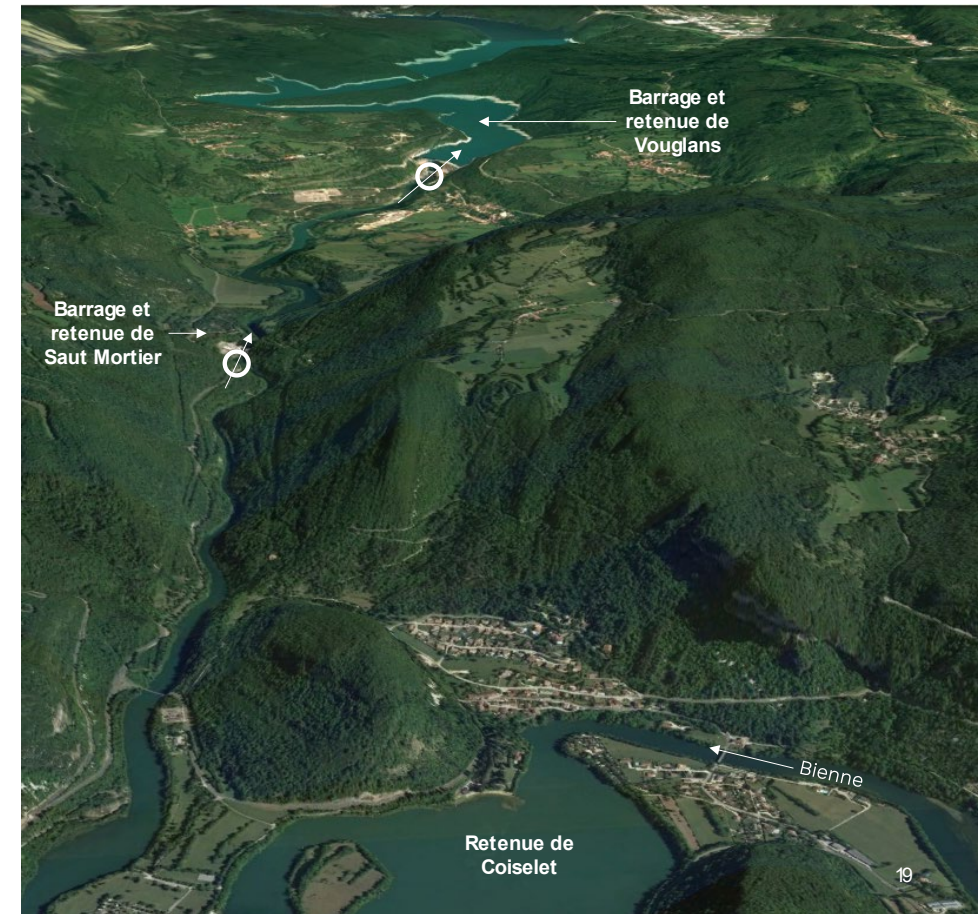


Des solutions nouvelles : Vouglans-Saut Mortier : une STEP à 3 bassins



Exploitation des installations existantes pour disposer d'une STEP de 84 MW avec Vouglans en bassin supérieur et Coiselet en bassin inférieur

Seule nouvelle installation : **une turbine-pompe de 17 MW sur Saut Mortier**



Création de capacités de :

- stockage supplémentaire par pompage vers Vouglans
- modulation de la thermie de la chaîne de l'Ain pour la préservation des populations piscicoles de la basse rivière d'Ain



Ce qu'il faut retenir ...

- **Une énergie durable** : l'hydroélectricité est **la première des énergies renouvelables** ; elle représente près de 45% de la production renouvelable en France.
- **Une énergie locale, ressource pour tous** : Les aménagements hydroélectriques d'EDF sont **ancrés dans les territoires**. EDF Hydro joue un rôle central dans la **gestion de l'eau** ; via ses retenues, elle assure dans beaucoup de régions l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole et le maintien de cotes sur les lacs pour le tourisme.
- **Une énergie flexible et pilotable** : Les lacs et les Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (**STEP**) d'EDF sont les **seuls moyens de stocker massivement l'eau** (et donc l'électricité) ; 70% de la puissance installée peut ainsi être injectée sur le réseau d'électricité en moins de dix minutes. Sur les heures de forte consommation, l'hydroélectricité représente un levier primordial pour le système électrique.
- **Une énergie d'avenir** : sous réserve du débloqué de la situation juridique, EDF a des **perspectives de développement**, autant pour optimiser la production du parc existant que pour développer des STEP. La PPE prévoit le développement de 1,5 GW de STEP entre 2030 et 2035. L'étude *Futurs énergétiques 2050* de RTE appelle quant à elle un développement de l'hydroélectricité à hauteur de près de 5 GW à l'horizon 2050, dont 3 GW de STEP, quelle que soit la future composition du mix électrique.



MERCI



Barrage de Vouglans (39)