

Barrages gonflables

Une alternative pour vos projets hydroélectriques

Julien Aubonnet

Groupe BRL créateur de valeurs depuis 60 ans



1955

La **société BRL** a été créée par décret il y a 60 ans pour gérer en concession un grand réseau hydraulique pour la Région.

1993

Le **Groupe BRL** est créé avec trois filiales : BRL Exploitation, BRL Ingénierie, BRL Espaces Naturels.



2010s

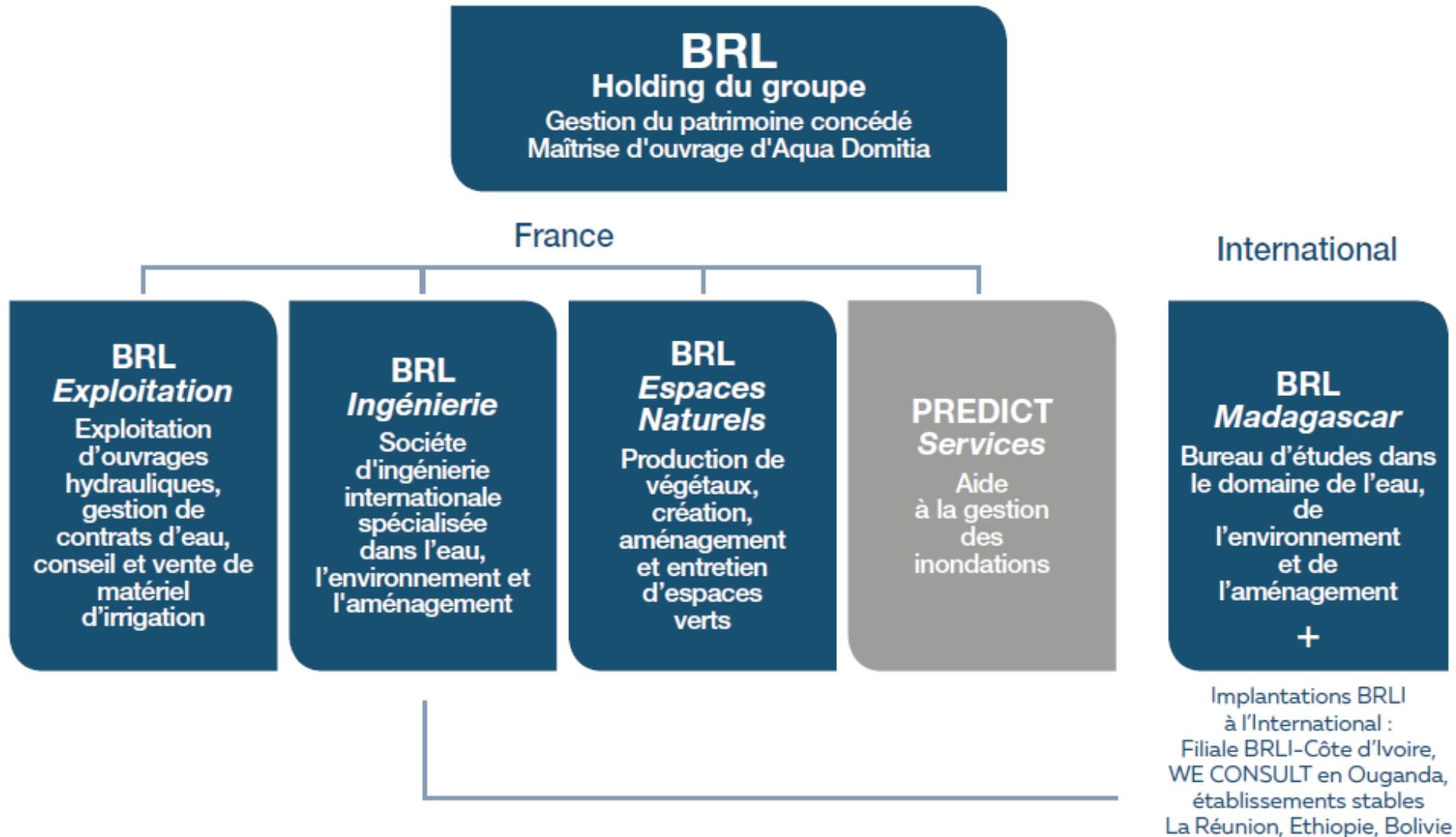
Concession accordée à BRL jusqu'en 2051.
BRLi conforte sa **présence internationale**.

2020s

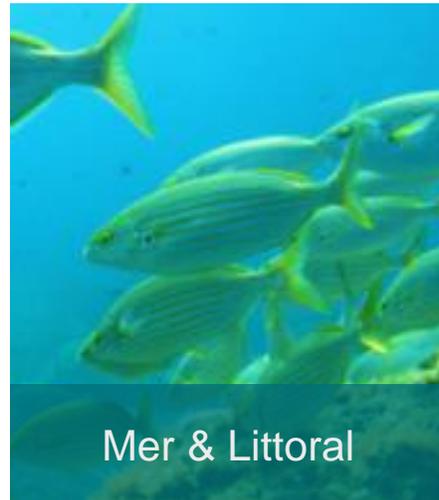
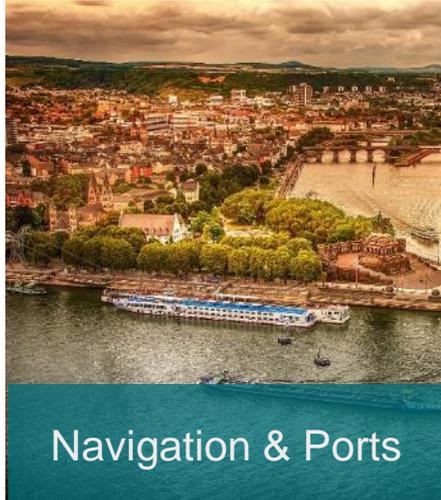
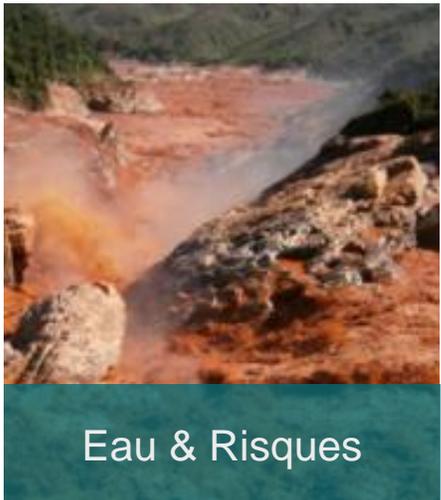
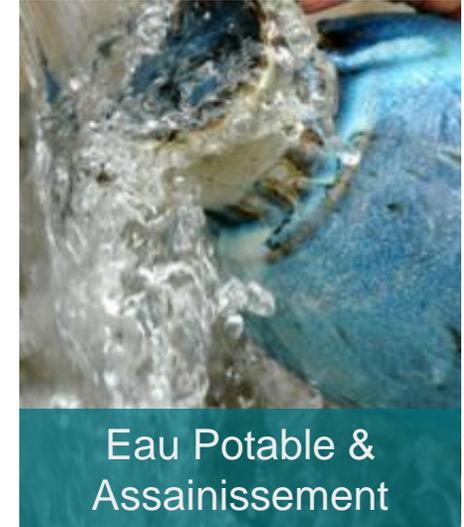
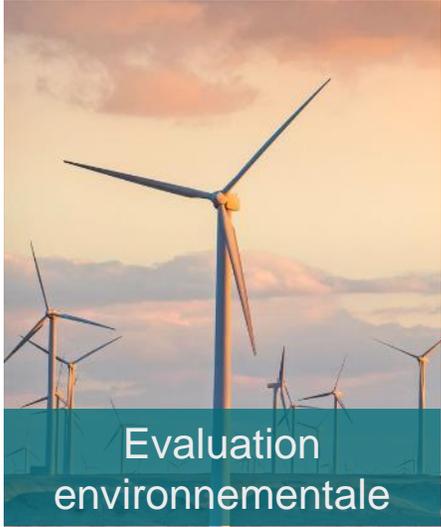
BRL poursuit sa **croissance** (6 sociétés, 800 salariés).



Un Groupe à taille humaine qui nous confère une agilité particulière



Une large palette de conseil 10 domaines d'expertises stratégiques



Un savoir-faire reconnu en France & dans le monde entier

BRL dans le monde

□ Expérience BRL Ingénierie



50% de l'activité à l'international
Missions long et court terme



Méditerranée & Moyen-Orient



Afrique & Océan Indien



Asie Centrale & Extrême Orient



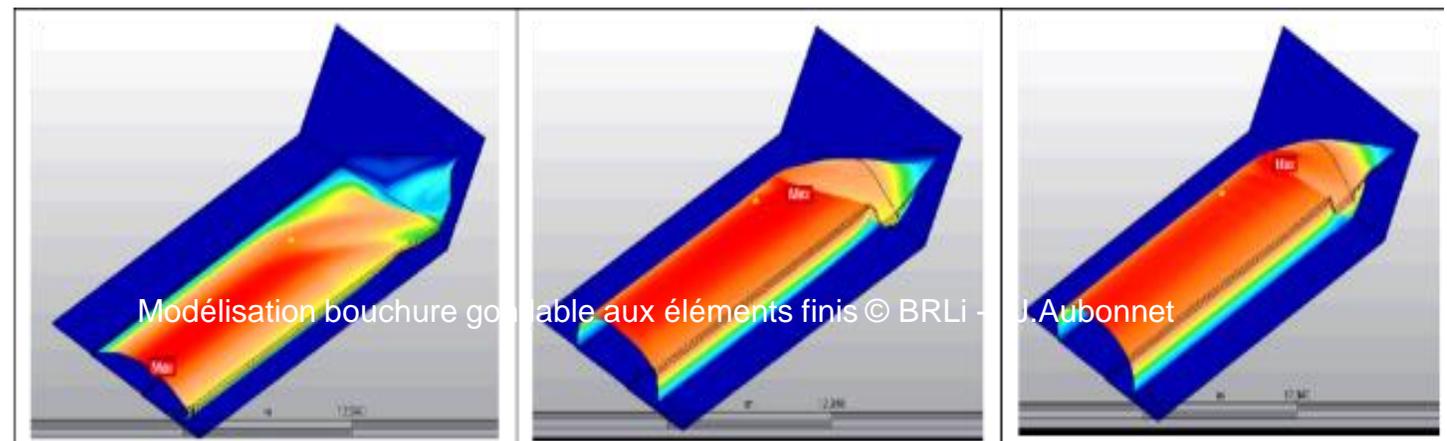
Amérique du Sud & Caraïbes

Un savoir-faire au service de l'hydroélectricité : les barrages gonflables

BRLingénierie investi depuis plus de 15 ans sur cette thématique, BRLingénierie co-auteur de deux guides de référence sur les ouvrages gonflables pour applications hydrauliques, en France et à l'international :

- **Guide des barrages gonflables avec ou sans volets métalliques** – VNF-CETMEF 2012
- **Inflatable Structures in Hydraulic Engineering** – PIANC 2018

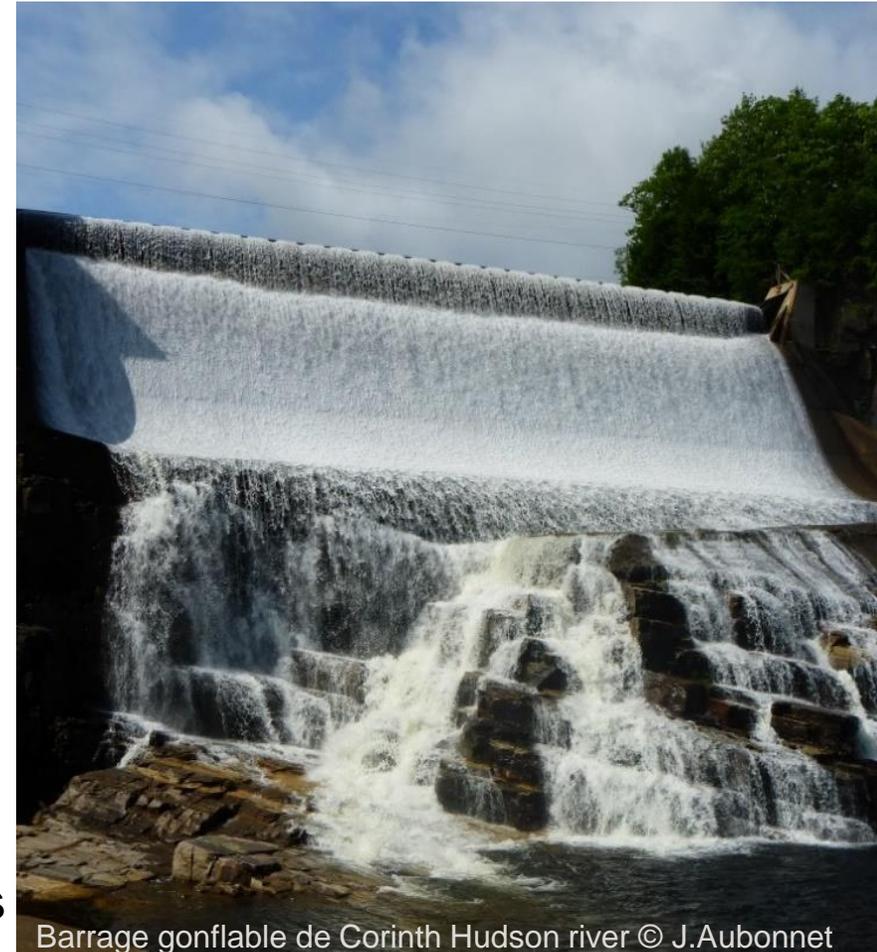
Une expérience concrète en étude et suivi de travaux de plusieurs aménagements de ce type en tant que maître d'oeuvre (à ce jour plus de 80 bouchures installées)



Pour quels usages ?

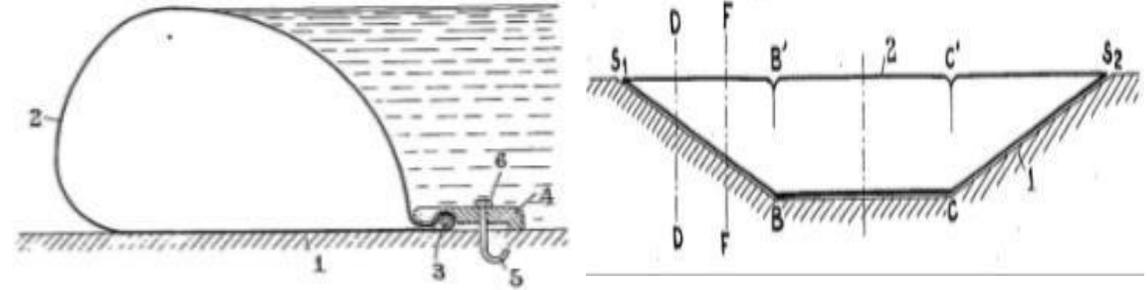
Une alternative aux bouchures traditionnelles

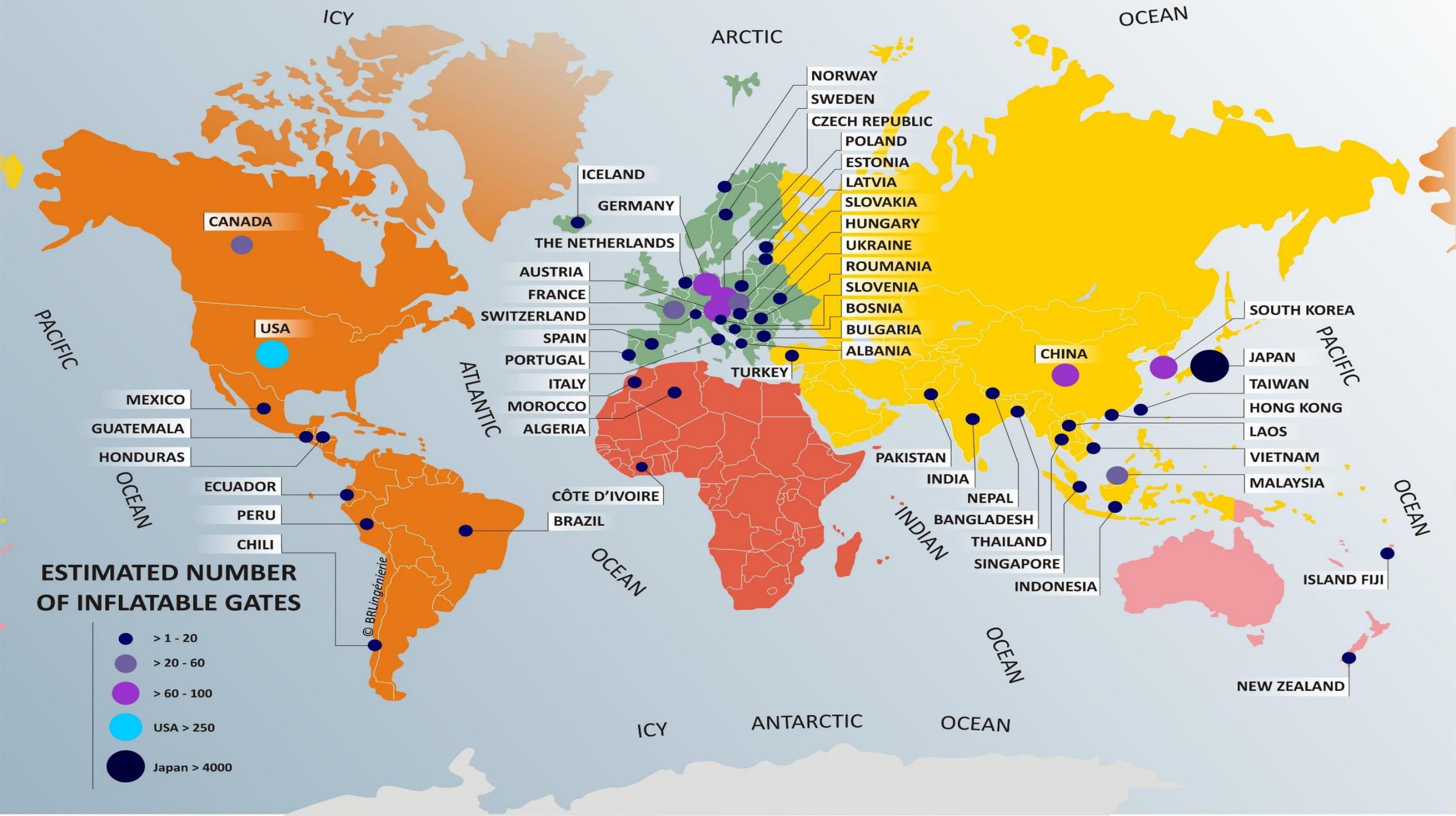
- **Un vaste champ d'application**
 - Irrigation,
Hydroélectricité
Navigation
Réhabilitation, stockage, loisir,...
- **Une alternative aux autres types de bouchures**
 - Infrastructure simple
 - Mise en œuvre rapide
 - Garantie d'effacement
 - Coûts réduits d'exploitation maintenance
- **Des limites**
 - Ouvrages généralement de faible hauteur et grande longueur
 - A chaque contexte correspondent des technologies particulières
 - Savoir faire souvent porté par les fournisseurs



Une alternative aux bouchures traditionnelles

- Une conception qui date de l'après guerre
 - Définition : la bouchure est une paroi souple attachée par ses deux extrémités et gonflée à l'eau ou à l'air, ancrée sur un radier.
- Un développement variable suivant les pays
 - France : une dizaine d'ouvrages dans les années 60-70, puis une mise en sommeil jusqu'en 2010 et une quarantaine d'ouvrages recensés en 2020
 - Japon : plus de 4000 barrages installés depuis 1964 (Sumitomo, Bridgestone) et exportations
 - Etats Unis : environ 300 barrages, $\frac{3}{4}$ utilisent la technologie associant vanne gonflable et volet métallique (Obermeyer)
 - Allemagne : regain d'intérêt au début des années 20 près de 80 barrages installés à ce jour (hydroélec.)





Une alternative aux bouchures traditionnelles

Recensement dimensions de 1000 barrages (hors Japon)

| TOTAL | 0 - 10m | 10 - 20m | 20 - 30m | 30 - 40m | 40 - 50m | 50 - 100m | >100m | |
|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|-----|
| 0 - 1m | 45 | 25 | 19 | 13 | 5 | 18 | 7 | 13% |
| 1 - 2m | 158 | 98 | 77 | 47 | 22 | 39 | 9 | 44% |
| 2 - 3m | 65 | 73 | 88 | 60 | 10 | 20 | 1 | 31% |
| 3 - 4m | 22 | 13 | 21 | 14 | 5 | 14 | 1 | 9% |
| 4 - 6m | 7 | 9 | 3 | 5 | 3 | 2 | 0 | 3% |
| 6 and + | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1% |
| | 29% | 22% | 20% | 13% | 4% | 10% | 2% | |

Recensement dimensions de 3600 barrages (Japon)

| TOTAL | 0 - 10m | 10 - 20m | 20 - 30m | 30 - 40m | 40 - 50m | 50 - 100m | >100m | |
|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|-----|
| 0 - 1m | 954 | 345 | 88 | 38 | 13 | 5 | 1 | 39% |
| 1 - 2m | 967 | 562 | 211 | 86 | 41 | 29 | 7 | 52% |
| 2 - 3m | 76 | 113 | 50 | 28 | 21 | 10 | 3 | 8% |
| 3 - 4m | 3 | 6 | 3 | 6 | 2 | 5 | 1 | 1% |
| 4 - 6m | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0% |
| 6 and + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| | 54% | 28% | 10% | 4% | 2% | 1% | 0% | |



Dimensions

usuelles

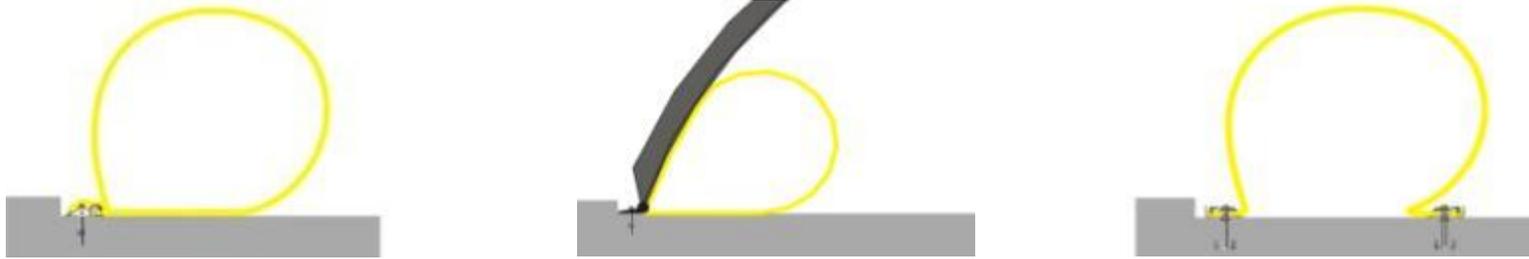
H < 3m

L de 10 à 30m

Quelle bouchure gonflable choisir ?

Une alternative aux bouchures traditionnelles

- Le type de bouchure mobile et ancrages



- Le type de gonflage : Air , Eau, Mixte

- Varie selon les contraintes du projet : temps de manœuvre, objectifs de régulation , fonctionnement en « tout ou rien »

- La membrane

- Elastomère + Polymère
- Calcul des efforts maximum
- Caractéristiques mécaniques
- Durabilité

- Les ancrages



Contrôle d'épaisseur membrane Bando Chemicals (Japan) © J Aubonnet - BRLi

Barrage gonflable à l'air

- **Historique**

Le Barrage Gonflable a été imaginé en France par M. Mesnager en 1947, mais développé aux Etats-Unis par M.Imberston. La première réalisation (fabridam) est apparue en 1959 à Los Angeles.

- **Principe**

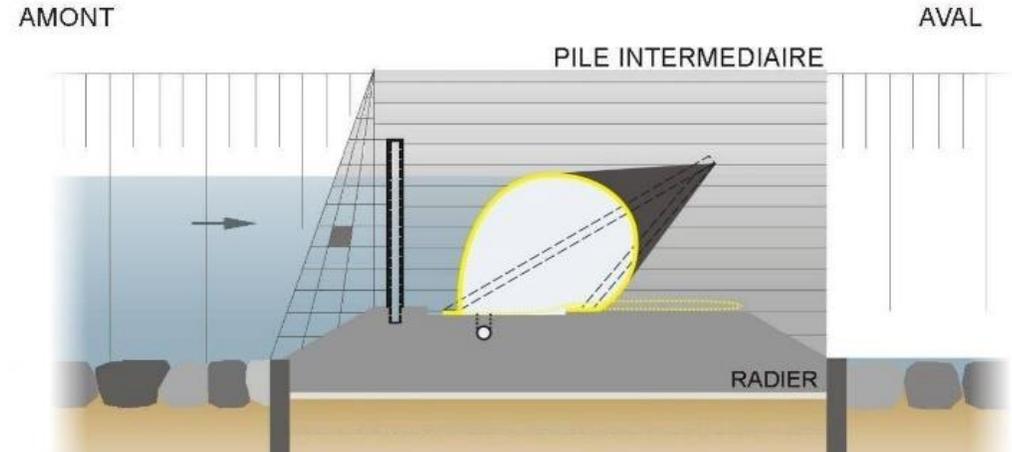
Une membrane est repliée sur elle-même et remplie d'air au moyen d'un compresseur.

- **Avantages**

Coût, temps de manœuvre, infrastructure légère

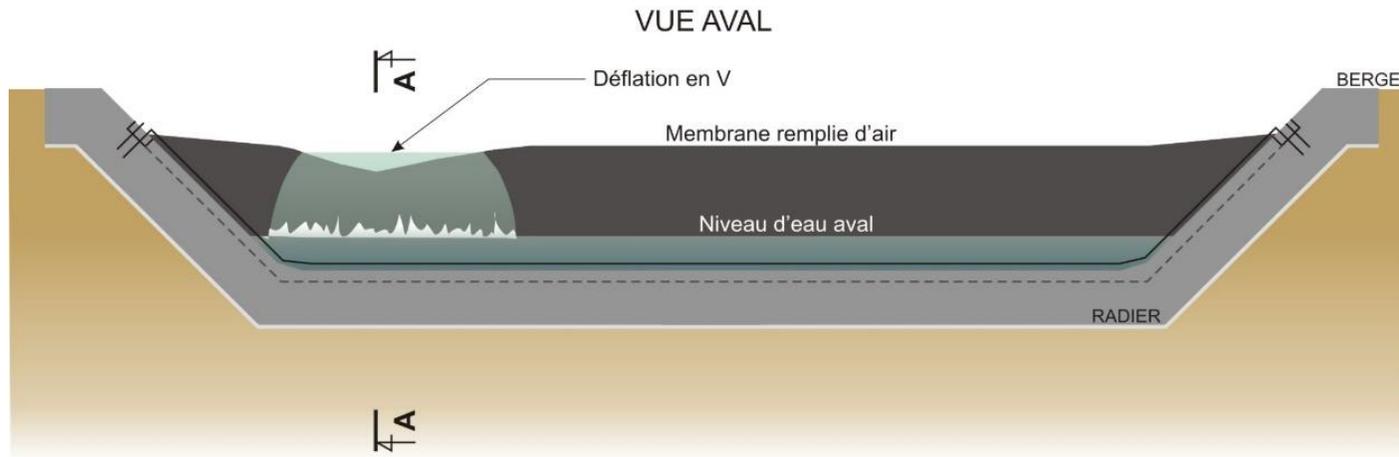
- **Inconvénients**

Stabilité /contrôle du débit en régulation



Barrage gonflable à l'air

Lors du dégonflage de la bouchure, la baisse de pression engendre un affaissement localisé, appelé V-Notch.



Le contrôle du débit transité est dans ce cas assez laborieux, instabilité si $H_{surverse} > 20\% H_{Barrage}$

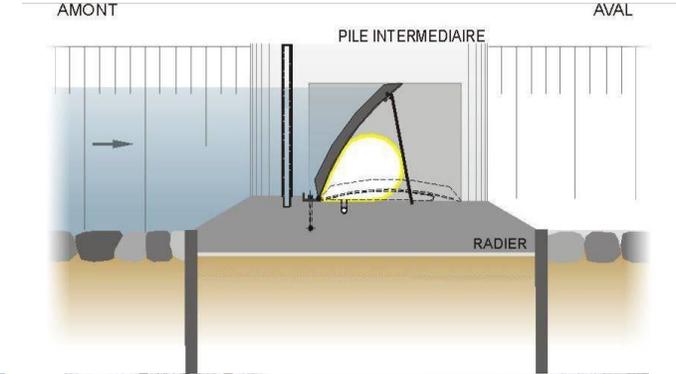
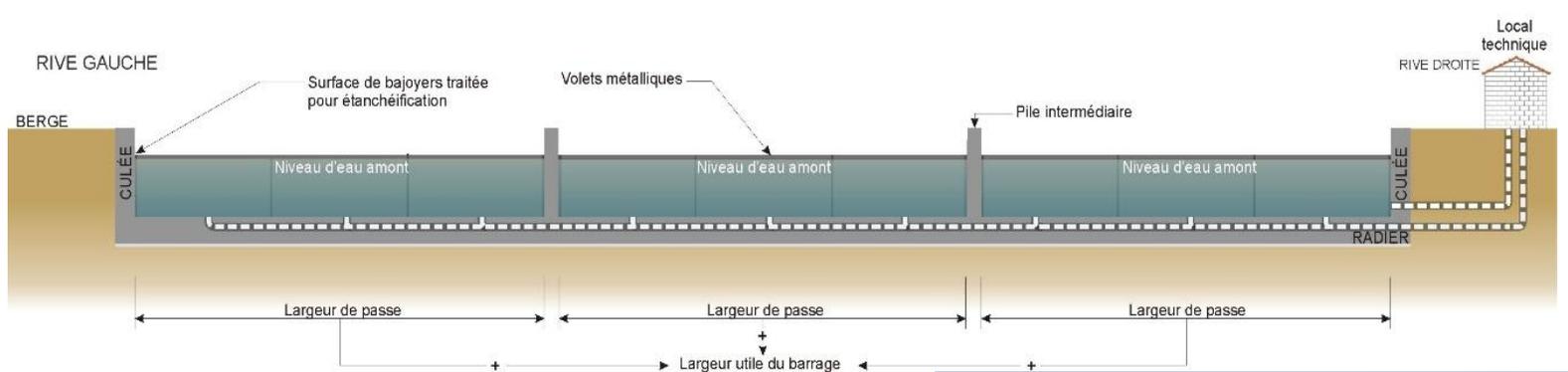
Pour contrer cela, 2 alternatives :

- Appuyer un volet métallique permettant d'équilibrer l'abaissement et contrôler le débit : le BGVM
- Remplacer le fluide par un fluide incompressible, l'eau : le BGE

Barrage gonflable à volets métalliques

Le Barrage Gonflable à Volets Métalliques (BGVM) a été inventé par H.Obermeyer en 1988, date à laquelle le premier barrage du même nom est installé aux Etats-Unis.

Le BGVM se compose de volets ($L \approx 5\text{m}$) manœuvrés par des coussins qui jouent le rôle d'un actionneur gonflable, l'ensemble (module) étant ancré sur un radier en béton accueillant les conduites d'alimentation en air. Les volets jouent également le rôle de protection du coussin.



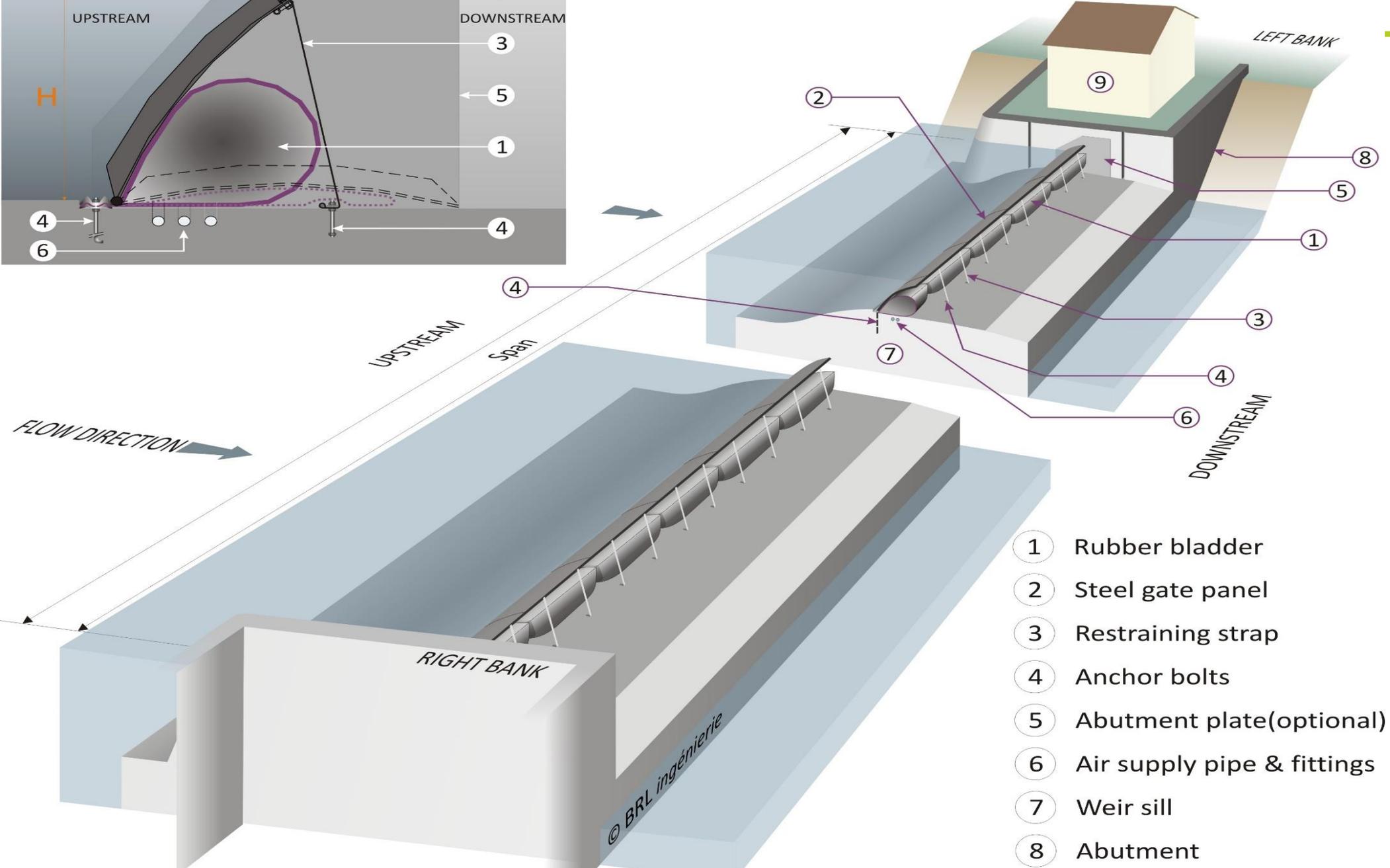
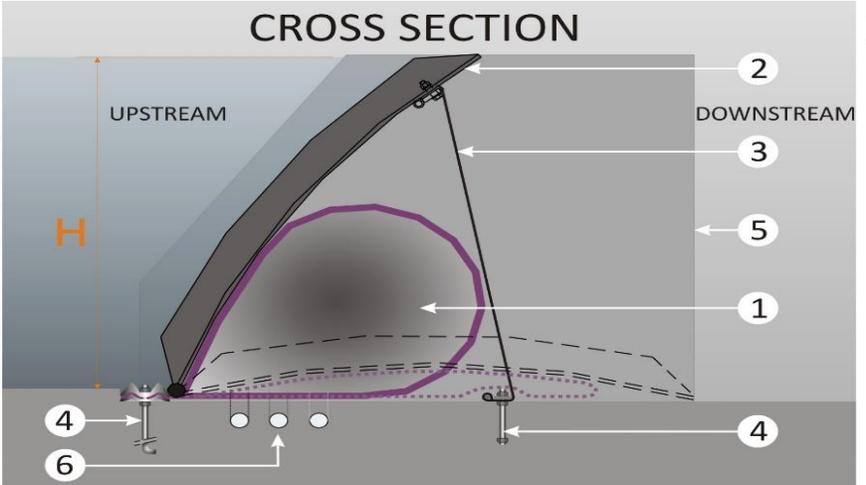
Quelques fournisseurs aux références distinctes

- Obermeyer - Dyrhoff aux USA/UK
- Hydro Air Bank en Italie
- Marsima Aquasystem au Japon



Barrages de Pistoia (Italie) et de Oberhoffer (Allemagne) © BRLingénierie

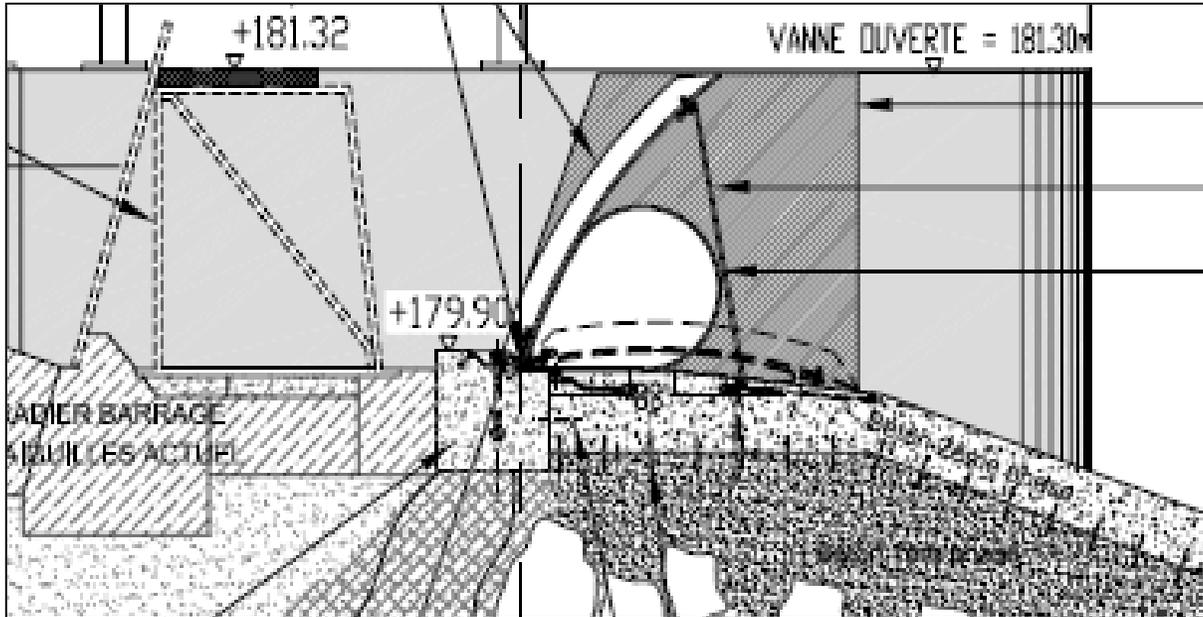
STEEL RUBBER GATE



- ① Rubber bladder
- ② Steel gate panel
- ③ Restraining strap
- ④ Anchor bolts
- ⑤ Abutment plate(optional)
- ⑥ Air supply pipe & fittings
- ⑦ Weir sill
- ⑧ Abutment

Retour d'expérience – barrage d'Auxonne

■ Génie-Civil du barrage d'Auxonne



- Réutilisation du génie civil : Ancrages, injections, gros béton, reconstitution d'un radier ep.=30cm
- Bajoyer : plat d'étanchéité (attention à déformabilité et au risque gel) => traitement au ciment fin ou résine

Retour d'expérience – barrage d'Auxonne

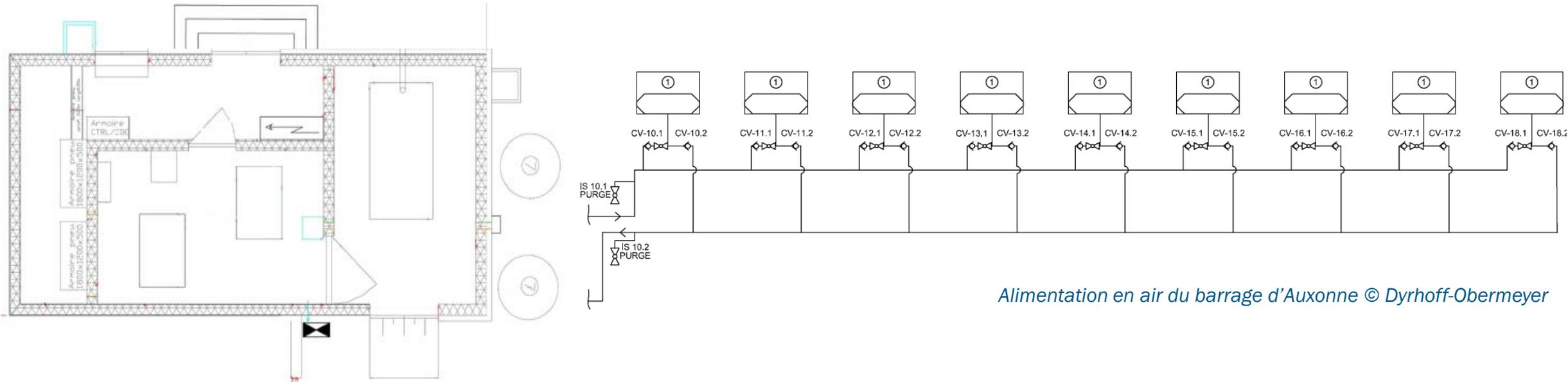
■ Coussins gonflables

- La manœuvre pneumatique se compose de plusieurs coussins gonflables, chacun situé sous le volet métallique
- La longueur des coussins est limitée à un maximum de 6 m.
- L'extrémité amont de chaque coussin est formée d'un talon permettant sa fixation sous les pièces d'ancrage.



Retour d'expérience – barrage d'Auxonne

Gonflage à l'air



Alimentation en air du barrage d'Auxonne © Dyrhoff-Obermeyer

- Ensemble constitué de pompes à air, prise et évacuation d'air, vannes,...
- + organes de secours puissance (groupe électrogène, batteries)
- + système de contrôle commande (sondes, automate, IHM)
- + dispositif de vidange gravitaire
- + réserve d'air comprimé

Retour d'expérience — barrage d'Auxonne

- Dégonflage progressif d'une vessie suite à fermeture inopinée de vanne



- Perte de l'information de position de la passe, inclinomètre à remplacer
- Rupture de boulonnerie (problème assemblage boulons-clapets)
- Prise en main progressive du paramétrage de la régulation

Retour d'expérience – barrage d'Auxonne

Des accidents de navigation (barrage peu visible depuis l'amont):

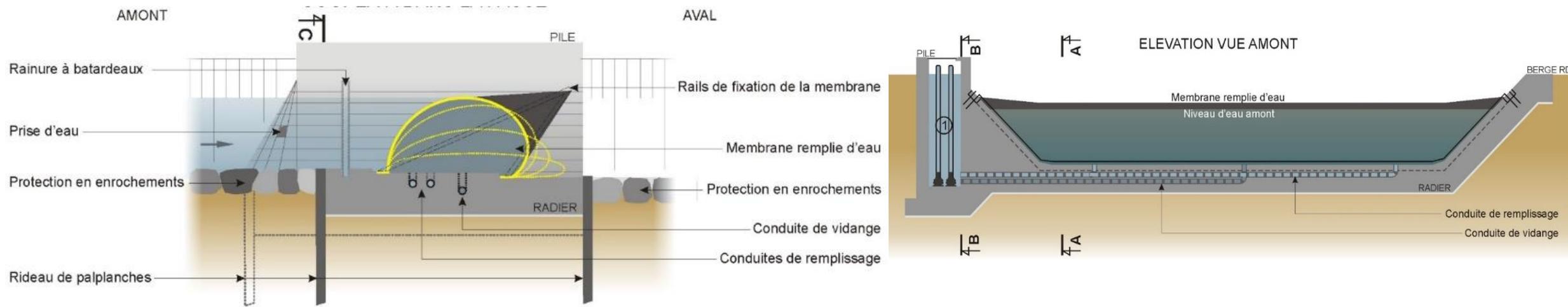


- En juin et novembre 2013, des bateaux de plaisance franchissent ou heurtent le barrage alors que celui-ci n'est pas totalement abaissé
- Après inspection les dégâts sont minimes : joint inter panneaux remplacés

Bon niveau de satisfaction de l'exploitant sur cet ouvrage

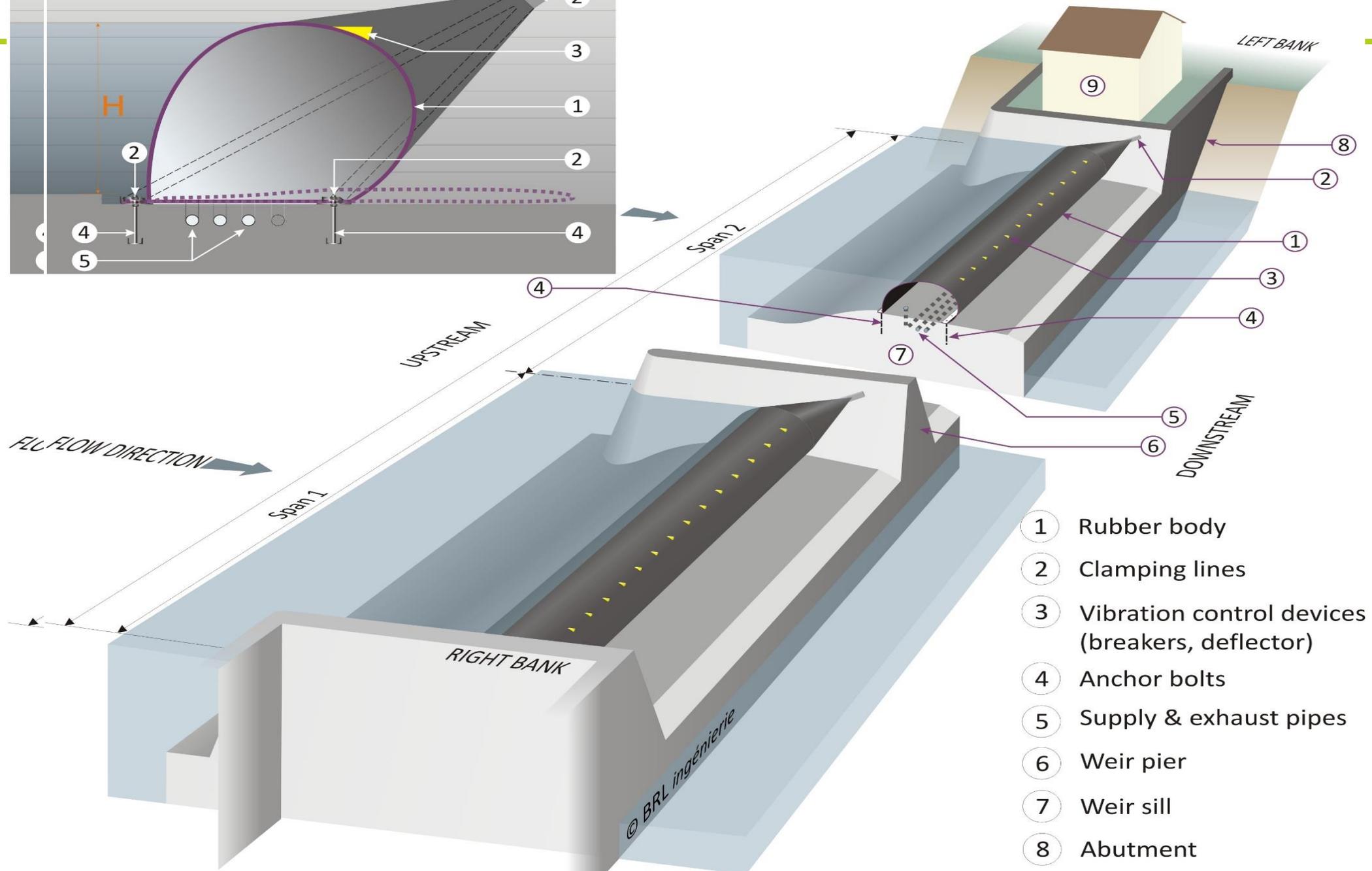
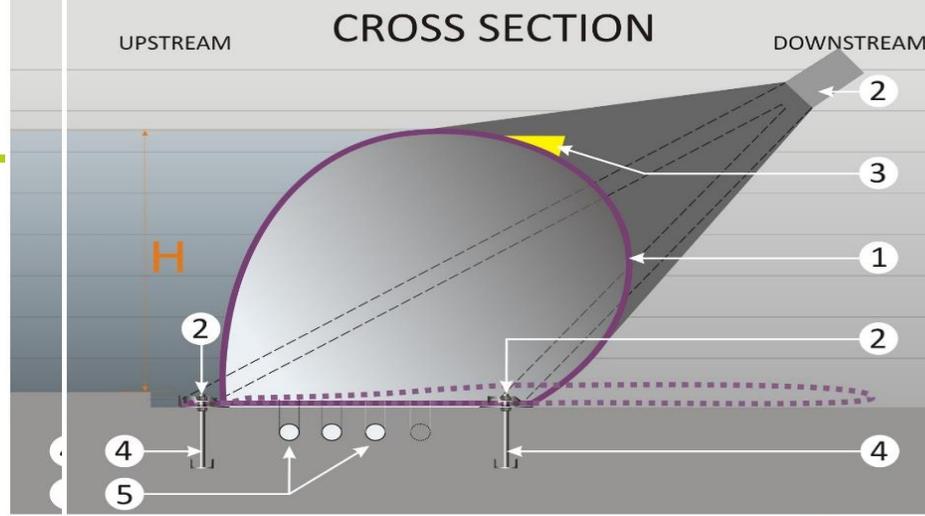
Barrage gonflable à l'eau

Le BGE se compose de bouchures gonflées à l'eau au moyen d'un actionneur constitué d'une colonne d'eau utilisant le principe des vases communicant. La membrane est ancrée au radier à l'amont et à l'aval par une ligne de fixation.



Plusieurs fournisseurs en Europe revendent leur expérience de barrages gonflés à l'eau : Dyrhoff (UK), Floecksmühle (AL), Hydroconstruct (AU), Satujo (FR), Savatech (SLV),...

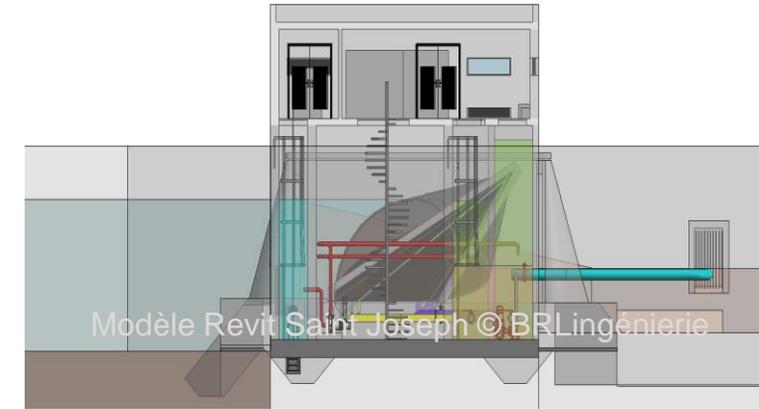
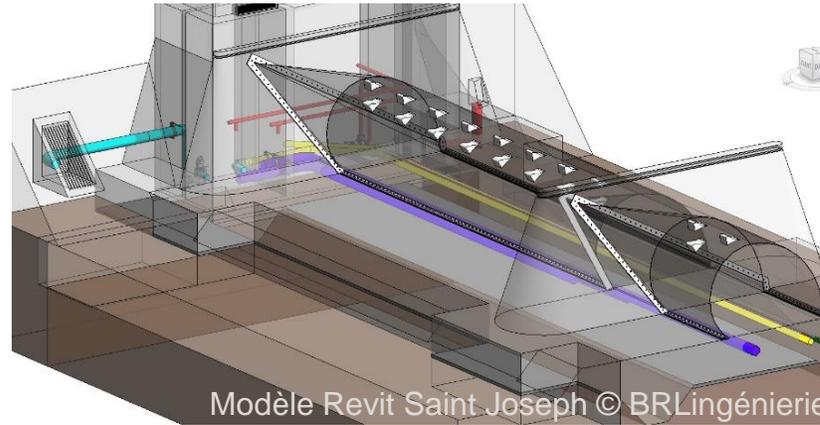
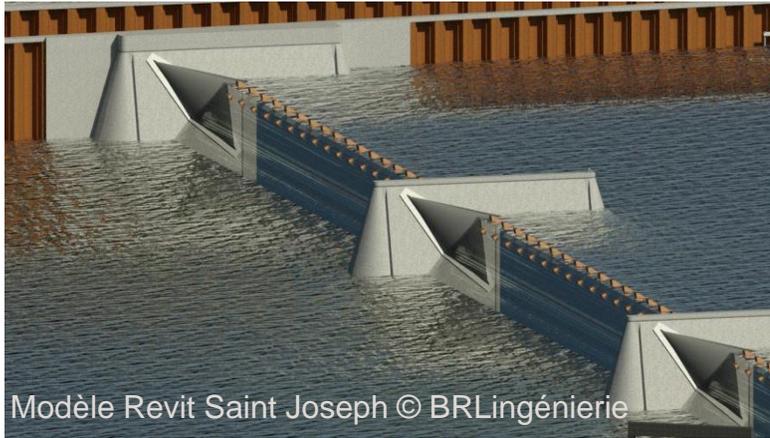
RUBBER GATE



- ① Rubber body
- ② Clamping lines
- ③ Vibration control devices (breakers, deflector)
- ④ Anchor bolts
- ⑤ Supply & exhaust pipes
- ⑥ Weir pier
- ⑦ Weir sill
- ⑧ Abutment

Comment ça marche ?

Gonflage à l'eau / colonnes indépendantes

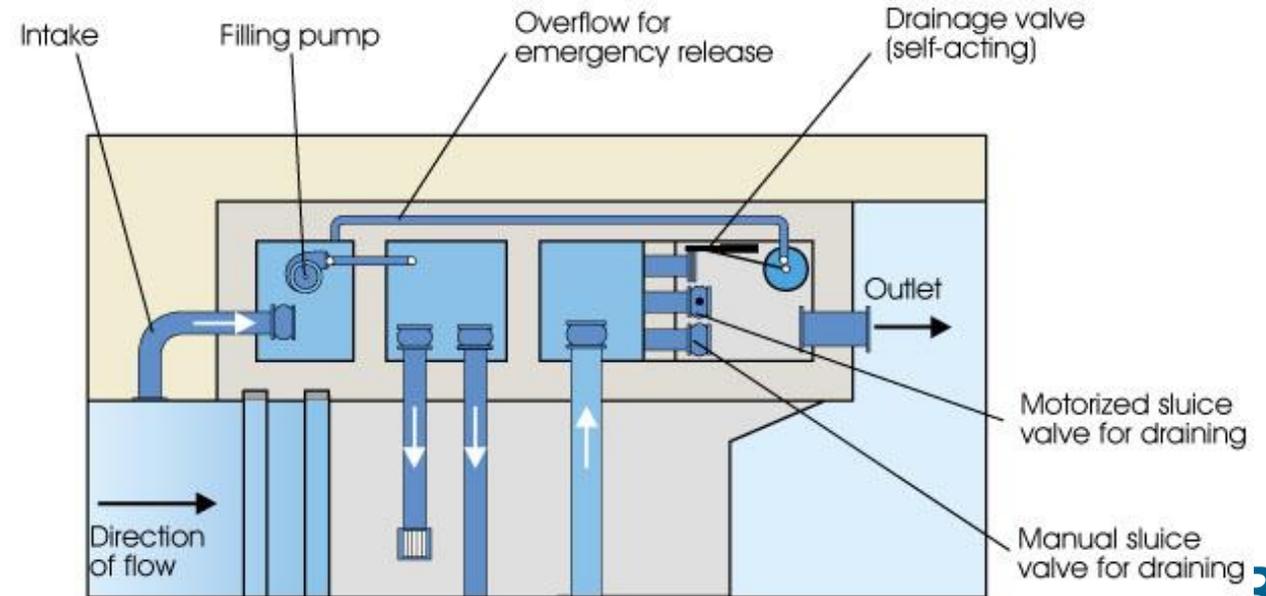


Ensemble constitué de pompes de remplissage, prise et évacuation d'eau, vannes, ...

+ organes de secours puissance (groupe électrogène, batteries)

+ système de contrôle commande (sondes, automate, IHM)

+ dispositif de vidange gravitaire



Plan view of the shaft system © Hydroconstruct water filled rubber dams

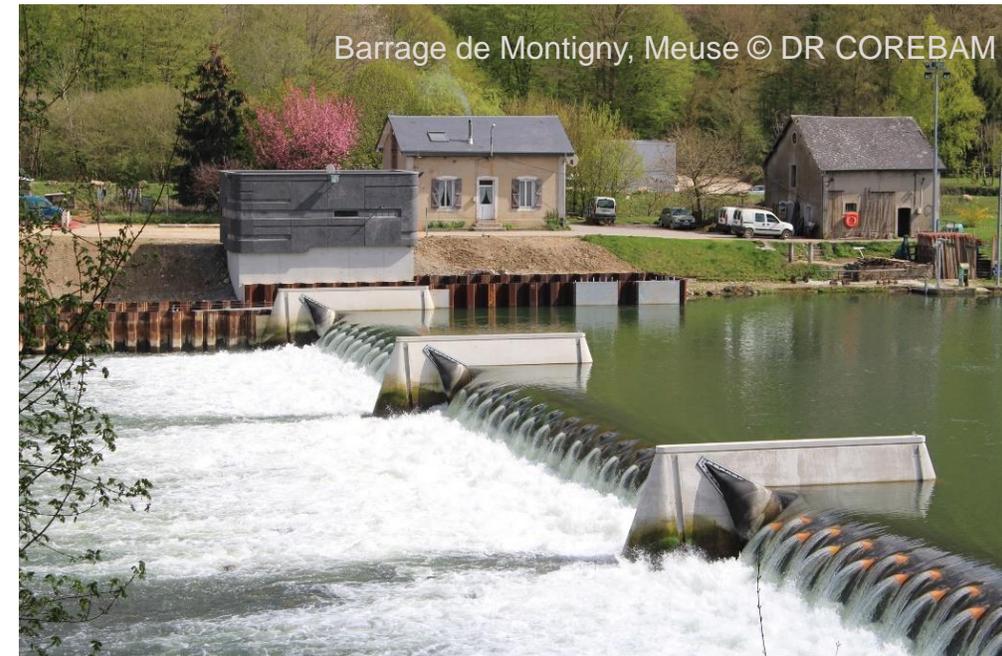
Retour d'expérience Aisne et Meuse

■ Dimensions

- 75 bouchures gonflables à l'eau installées (29 barrages équipés)
- Largeur utile totale : 38 à 122m (moyenne 75m)
- Des passes de longueur allant de 17m à 35m
- Des hauteurs équipées de 1,70m à 2,86m
- Si $h > 3\text{m}$ et $L > 30\text{m}$ => temps de remplissage/dégonflage long

■ Génie-civil :

- Impossibilité de réutilisation du radier du fait contrainte MESI
- Descente de charge répartie dans le nouveau radier, prise en compte de l'encombrement des conduites d'eau
- Dimensions entre batardeaux assez large pour montage, inspection et maintenance, remplacement des bouchures
- Reconstruction de piles intermédiaires nécessaires
- Bajoyers inclinés

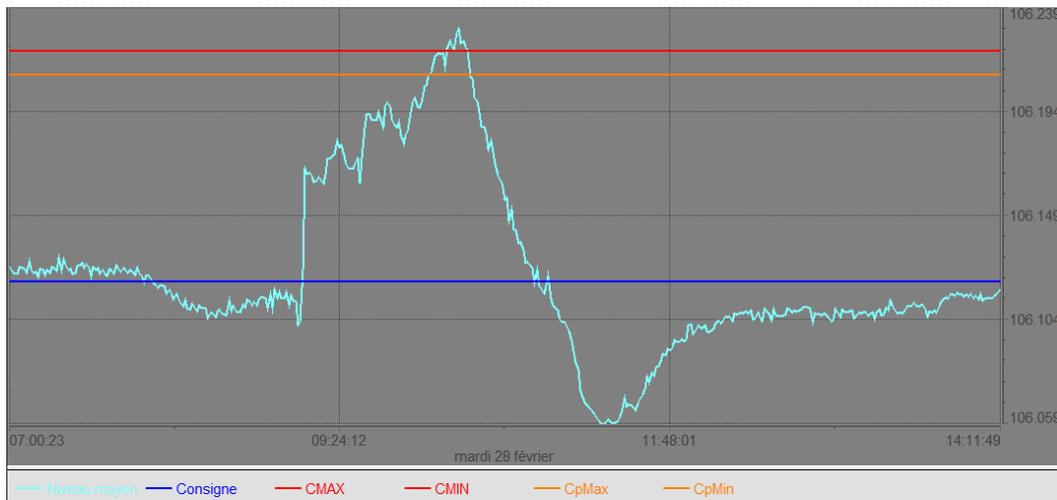


Retour d'expérience Aisne et Meuse



Essais de régulation / gestion de l'impact hydraulique

du déclenchement des turbines de l'usine hydroélectrique sur la régulation du bief par les bouchures gonflables



Ce qu'il faut retenir

- **Une technologie ancienne et répandue**
 - Durée de vie de 30 ans
 - Dimensionnement basé sur les standards japonais depuis 1978
 - Contexte précis d'application
 - Ne convient pas dans tous les cas
- **Une concurrence forte entre fournisseurs**
- **Une vigilance particulière sur les détails qui comptent**
 - Vibrations / oscillations
 - Lignes d'ancrages
 - Durée de vie des membranes





Suivez-nous sur 

<https://bri.brl.fr/>

BRL Ingénierie

1105, av. Pierre Mendès France - BP 94001

30001 NÎMES Cedex 5

Tél. +33 4 66 87 81 11



Ensemble, relevons les défis
de l'Eau et de l'Environnement