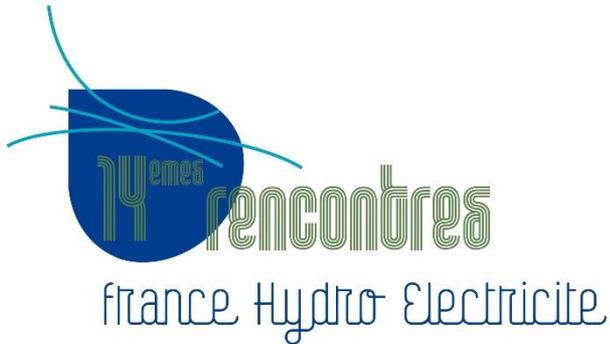




ingé'eau

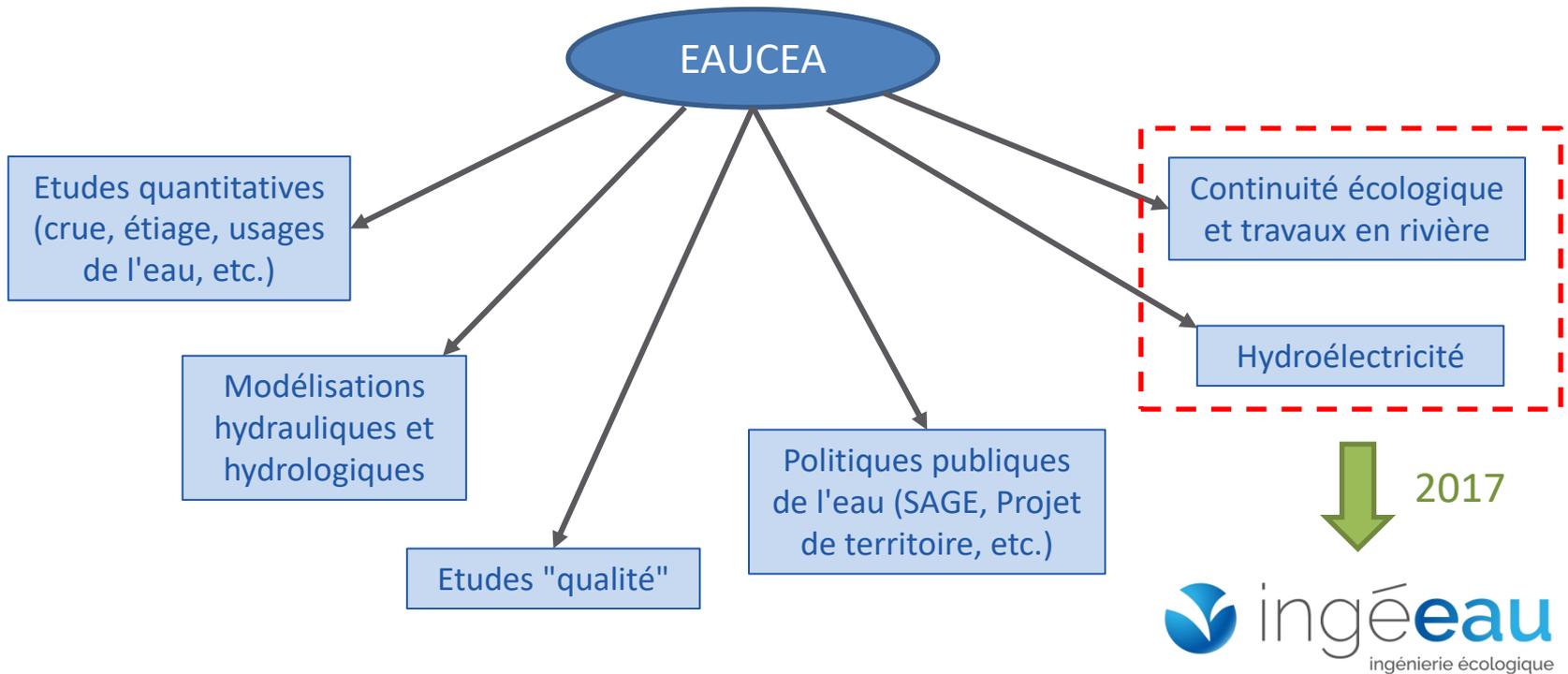
ingénierie écologique

**L'énergie est notre avenir, optimisons-la !
Comment partir à la chasse aux kWh avec un bureau d'études**



29 et 30 juin 2022
Toulouse - Pierre Baudin

Depuis 2002, Eaucéa accompagne les maitres d'ouvrage publics et privés dans le domaine de la gestion de l'eau, de façon totalement indépendante



Concevoir, faciliter, accompagner la mise en œuvre de vos projets hydrauliques et hydroélectriques



- ↻ Etude de potentiel et de faisabilité
- ↻ Expertises techniques et hydrauliques
- ↻ Conception et dimensionnement d'ouvrages (prises d'eau, canaux, centrales hydroélectriques, ouvrages de franchissement, etc.)
- ↻ Etudes environnementales et études d'impact
- ↻ Assistance à maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'oeuvre
- ↻ Hydrométrie opérationnelle



DALLE (300 m²) DU CANAL D'AVENÉE

FERRAILLAGE DES MURS BAJOYERS
(HAUTEUR 8 m)

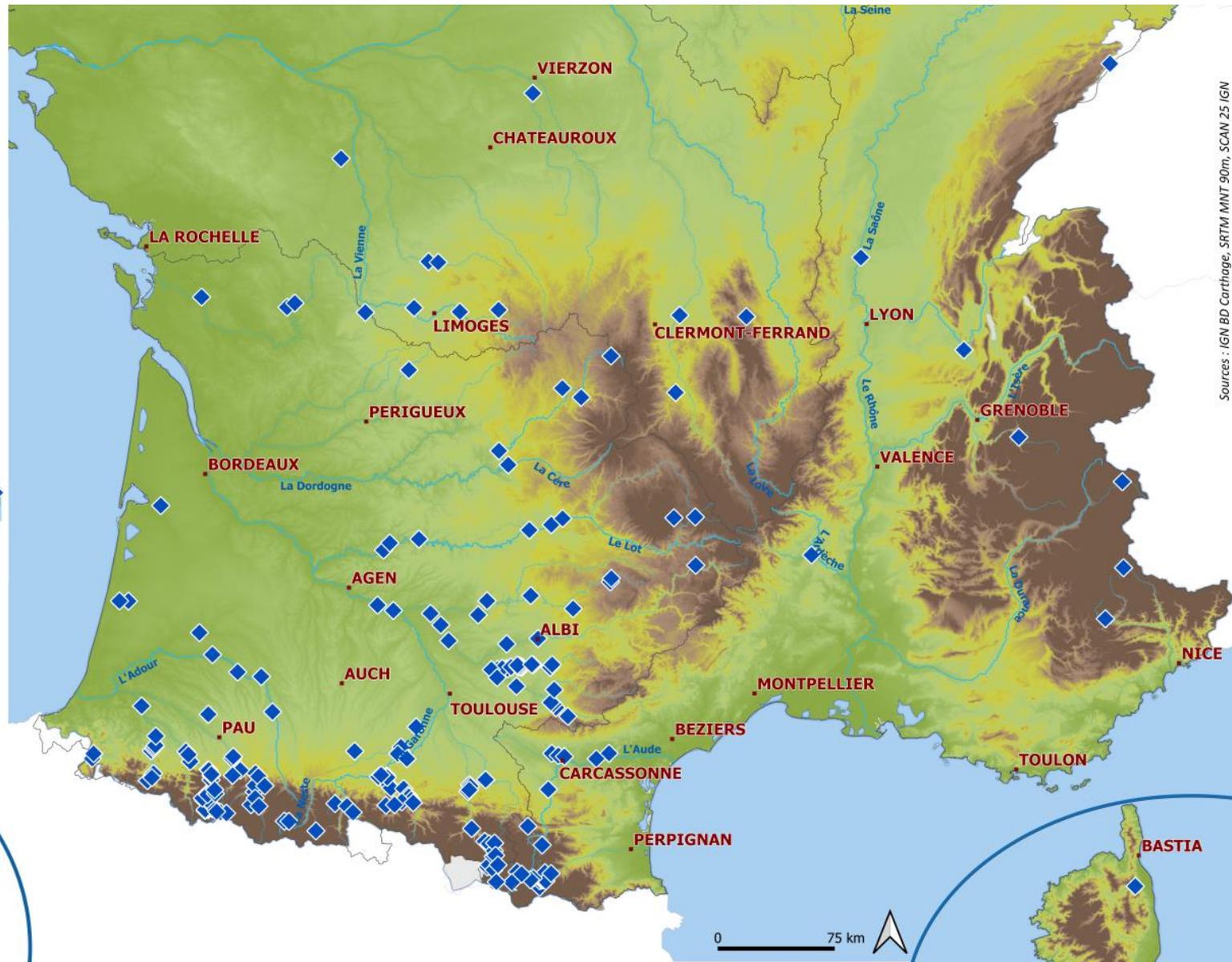
CONSOLIDATION DES FONDATIONS DE
L'ANCIENNE USINE À L'ABORD DE LA PASSE
À POISSONS

CRUE
DÉCEMBRE 2019

PLAN DE GRILLE DE 8 m DE LARGE x 14 m 16 DE
LONG, INCLINAISON 30°, ENTREFER 20 mm,
CONSTITUÉ DE BARREAUX PROFILÉS

VISORNAGE
DES POISSONS

VUE AÉRIENNE USINE APRÈS CHANTIER



**Plus de 200 références en hydroélectricité
et en continuité écologique**

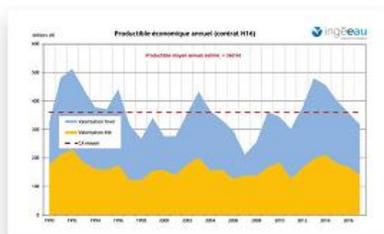




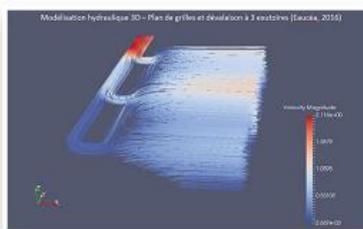
Depuis sa création, Ingé-eau a fait le choix de l'expertise de haut niveau :

⇒ Une équipe pluridisciplinaire spécialisée (docteurs, ingénieurs, naturaliste, cartographe)

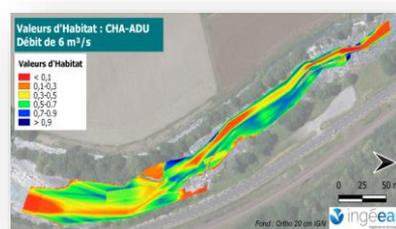
⇒ DES OUTILS DE MODÉLISATION



Turb'EAU Modélisation des Productibles hydroélectriques



Des modélisations hydrauliques 2D et 3D



Définition des débits biologiques

DES OUTILS DE MÉTROLOGIE DE POINTE

Pour vérifier les performances de vos installations,
Pour confirmer l'attractivité hydraulique d'une passe à poissons,
Pour vérifier la bathymétrie,
Pour caler vos outils de contrôle,

MESURES DE VITESSE ET DE DEBITS

- ✓ Mesures par profileur acoustique de vitesse à effet doppler (River surveyor SonTek)
- ✓ Courantomètre électromagnétique pour les mesures sur les petits cours d'eau

BATHYMETRIE

Pour réaliser des bathymétries fluviales et lacustres et caractériser la nature des fonds:

- études de comblement de biefs en rivières
- études volumétriques de réservoirs
- études sédimentaires de cours d'eau

- ✓ Métrologie d'inspections subaquatiques (Drone aquatique Spyboat Goose)
- ✓ Echosondeur (Lowrance)



Contexte actuel pour la petite et moyenne hydroélectricité

- ⇒ Des normes réglementaires en constante inflation
 - ⇒ Des sites pour de nouveaux aménagements réduits à peau de chagrin
 - ⇒ Des prix d'acquisition (très) élevés VS des tarifs H16 confortables
 - ⇒ Une schizophrénie étatique entre promotion des EnR et biodiversité
- ⇒ Oriente vers la recherche de l'optimisation de l'existant**

Les objectifs et voies d'optimisation sont multiples !

- ↪ **Augmenter la production**
- ↪ **Augmenter le chiffre d'affaires**
- ↪ **Faciliter l'exploitation et la maintenance**
- ↪ **Valoriser le patrimoine**

Les objectifs et voies d'optimisation sont multiples !

Automatiser les réglages, les manœuvres...

Turbiner plus pour gagner plus !

Diagnostiquer et expertiser son outil de production

Gagner des points de rendement

Faire la chasse aux pertes de charge

Améliorer la gestion sédimentaire

Investir pour l'entretien et la maintenance, pour des retours sur le long terme

"Repowering" = Tout casser et tout reconstruire pour un H16

Faire d'une obligation une optimisation

Réduire le taux d'indisponibilité

Rationaliser les processus et les décisions...

... Sortir des réflexions de comptoir



"S'il pleuvait plus et qu'on avait un meilleur rendement, on ferait plus de kWh !"

"- Vous la laissez fermer cette vanne ?
- Bah oui, puisqu'on a tout le temps fait comme ça..."

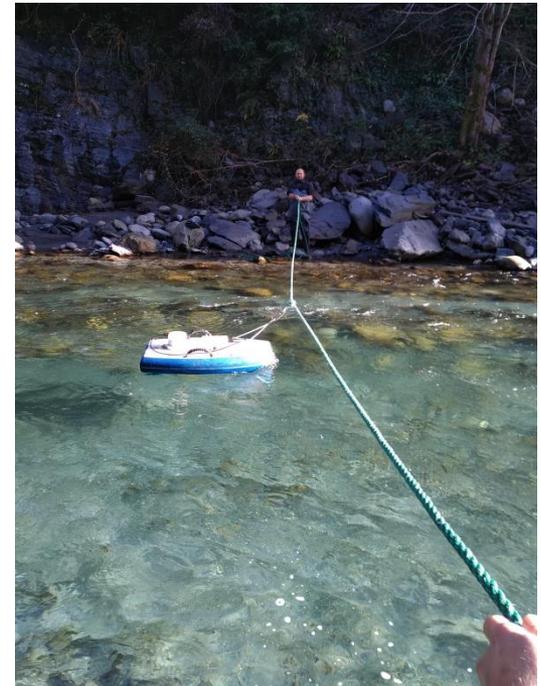
"L'année dernière, on a fait une bonne année !"



Quelques exemples d'optimisation (1)

- ↪ Prise d'eau de montagne
- ↪ Chute = 115 m
- ↪ Débit réservé = 2 m³/s

- ↪ Intervention sur site (jaugeages ADCP)
- ↪ Débit mesuré : 3,5 m³/s !
- ↪ Ajustement de la restitution
- ↪ Gain immédiat de ≈ 1100 kW
- ↪ Retour sur investissement de l'intervention : 3 jours



Quelques exemples d'optimisation (2)

- ↪ Centrale de basse chute
- ↪ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ↪ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
Quel investissement ?
Pour quel gain ?**



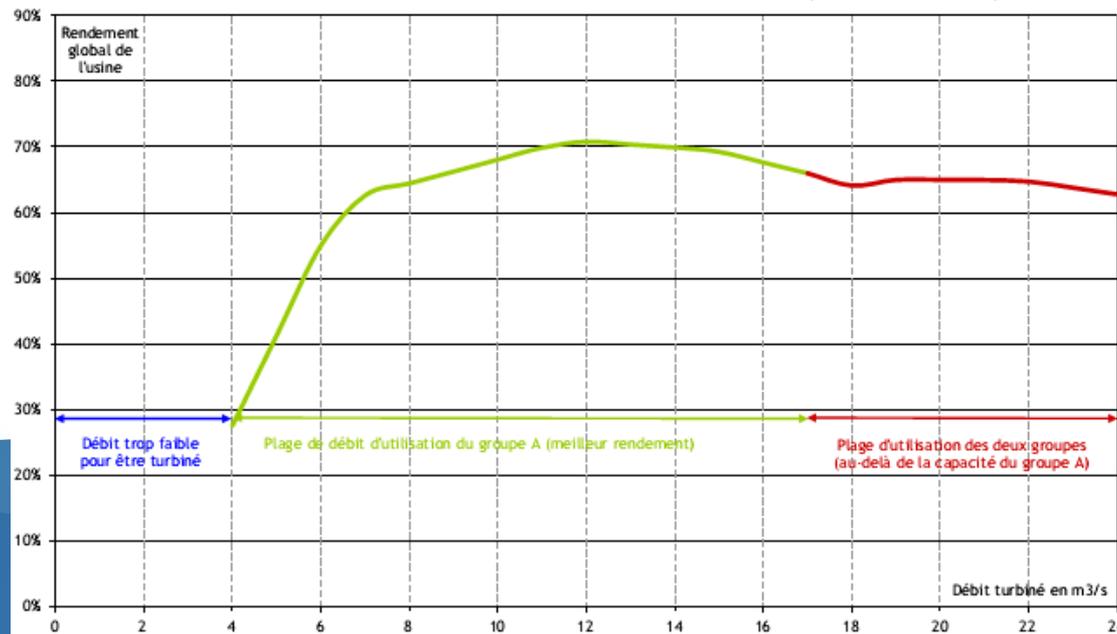
Quelques exemples d'optimisation (2)

- ↪ Centrale de basse chute
- ↪ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ↪ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
Quel investissement ?
Pour quel gain ?**

⇒ Etablissement de la courbe de rendement global : $\eta = \text{Puissance} / (g \cdot Q \cdot H)$

Courbe de rendement de l'usine en fonction du débit turbiné (situation actuelle)



$$\eta_A = 71\%$$

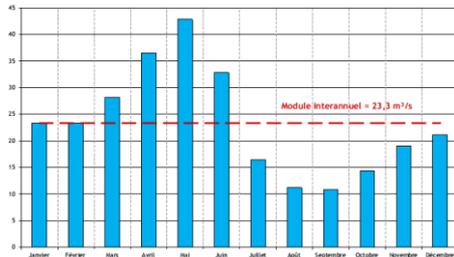
$$\eta_B = 56\%$$

Quelques exemples d'optimisation (2)

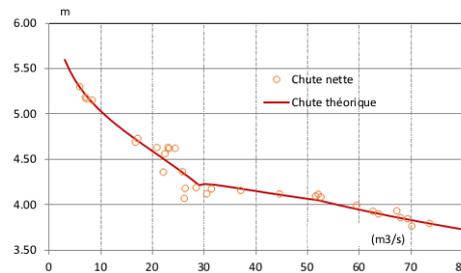
- ↪ Centrale de basse chute
- ↪ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ↪ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
Quel investissement ?
Pour quel gain ?**

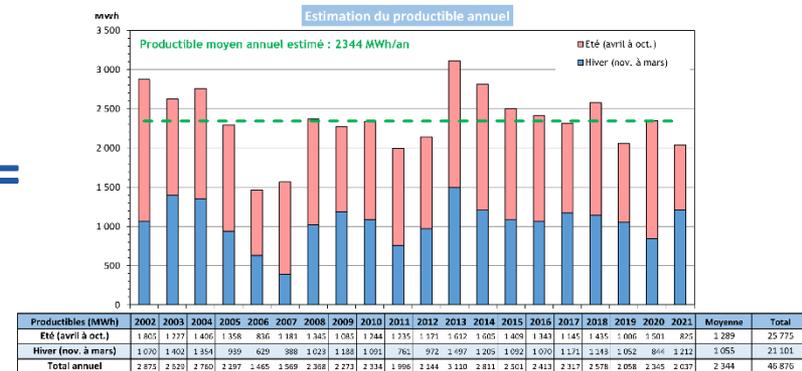
- ⇒ Etablissement de la courbe de rendement global : $\eta = \text{Puissance} / (g \cdot Q \cdot H)$
- ⇒ Modélisation du productible pour la situation de référence (Turb'eau)



+



=



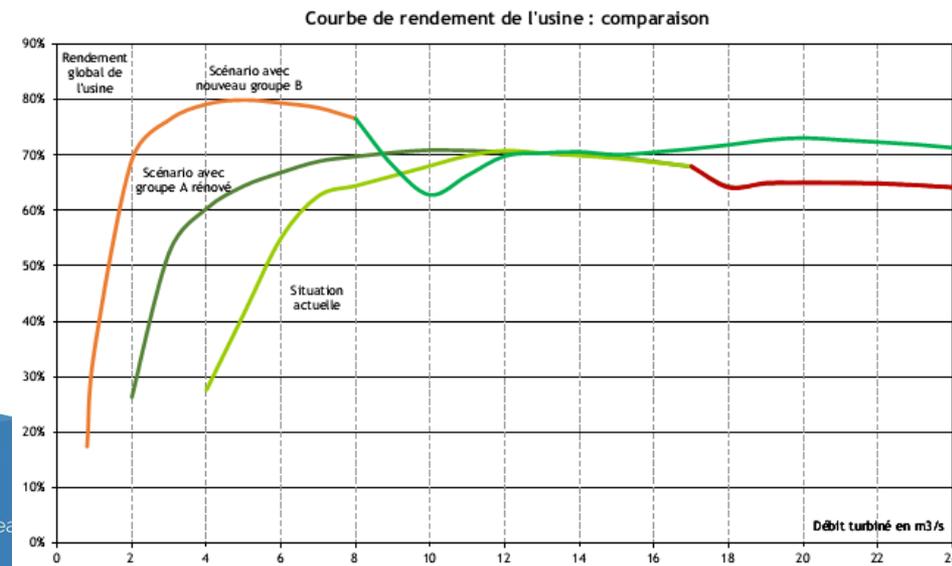
Quelques exemples d'optimisation (2)

- ⇒ Centrale de basse chute
- ⇒ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ⇒ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
Quel investissement ?
Pour quel gain ?**

- ⇒ Etablissement de la courbe de rendement global : $\eta = \text{Puissance} / (g \cdot Q \cdot H)$
- ⇒ Modélisation du productible pour la situation de référence
- ⇒ Modélisation de scénarios technico-économiques

- * Nouveau groupe A
- * Nouveau groupe B
- * Remplacement par un seul groupe



Quelques exemples d'optimisation (2)

- ⇒ Centrale de basse chute
- ⇒ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ⇒ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
 Quel investissement ?
 Pour quel gain ?**

- ⇒ Etablissement de la courbe de rendement global : $\eta = \text{Puissance} / (g \cdot Q \cdot H)$
- ⇒ Modélisation du productible pour la situation de référence
- ⇒ Modélisation de scénarios technico-économiques

- * Nouveau groupe A
- * Nouveau groupe B
- * Remplacement par un s

ingé'eau ingénierie écologique	Situation de référence Centrale actuelle	Situation future (scénarios)			
		SC1 Remplacement groupe B	SC1 bis Nouveau groupe B de 250 kW	SC2 Substitution des deux groupes par une unique turbine	SC3 Rénovation du groupe A
Nbre et type de turbine	2 Kaplan SR Qmax = 24 m ³ /s	1 Kaplan DR + turbine actuelle KAPLAN SR Qmax = 8 m ³ /s Qmax = 17 m ³ /s	Idem SC1 avec groupe B neuf de 250 kW (Qmax = 6,8 m ³ /s)	1 KAPLAN DR Qmax = 25 m ³ /s	1 Kaplan DR + turbine actuelle rénovée KAPLAN SR Qmax = 17 m ³ /s Qmax = 7 m ³ /s
Puissance maxi	680 kW	300 kW 500 kW		800 kW	500 kW 200 kW
Productible moyen MWh	3 341	3 849	3 725	4 101	3 429
Hiver	1 459	1 646	1 596	1 764	1 484
Été	1 882	2 204	2 129	2 336	1 945
Facteur de charge Heures	5 260	5 221	5 291	5 126	5 313
%	60%	60%	60%	59%	61%
Contrat de vente	H07 2012 2 composantes	H07 2012 2 composantes	H07 2012 2 composantes	H07 2012 2 composantes	H07 2012 2 composantes
Prix hiver	10.8 c€/kWh	10.8 c€/kWh	10.8 c€/kWh	10.8 c€/kWh	10.8 c€/kWh
Prix été	5.7 c€/kWh	5.7 c€/kWh	5.7 c€/kWh	5.7 c€/kWh	5.7 c€/kWh
Majoration qualité	0.86 c€/kWh	0.60 c€/kWh	0.62 c€/kWh	0.39 c€/kWh	0.48 c€/kWh
Chiffre d'affaires moyen	277 k€	313 k€	303 k€	330 k€	278 k€
Prix moyen du kWh	8.3 c€/kWh	8.1 c€/kWh	8.1 c€/kWh	8.1 c€/kWh	8.1 c€/kWh

Quelques exemples d'optimisation (2)

- ↪ Centrale de basse chute
- ↪ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ↪ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
Quel investissement ?
Pour quel gain ?**

- ⇒ Etablissement de la courbe de rendement global : $\eta = \text{Puissance} / (g \cdot Q \cdot H)$
- ⇒ Modélisation du productible pour la situation de référence
- ⇒ Modélisation de scénarios technico-économiques
 - * Nouveau groupe A
 - * Nouveau groupe B
 - * Remplacement par un seul groupe
- ⇒ Prise de décision – rationnelle – du MOA (remplacement du groupe B par du neuf)
- ⇒ Accompagnement du MOA jusqu'à la mise en service fin 2022 (consultation des entreprises, suivi chantier, etc.)

Quelques exemples d'optimisation (2)

- ↪ Centrale de basse chute
- ↪ 2 turbines Kaplan SR : 14 m³/s (A) + 6 m³/s (B)
- ↪ Suspicion de mauvais rendement du groupe B, surtout en dehors du nominal

**Quelle stratégie adopter ?
Quel investissement ?
Pour quel gain ?**



Quelques exemples d'optimisation (3)

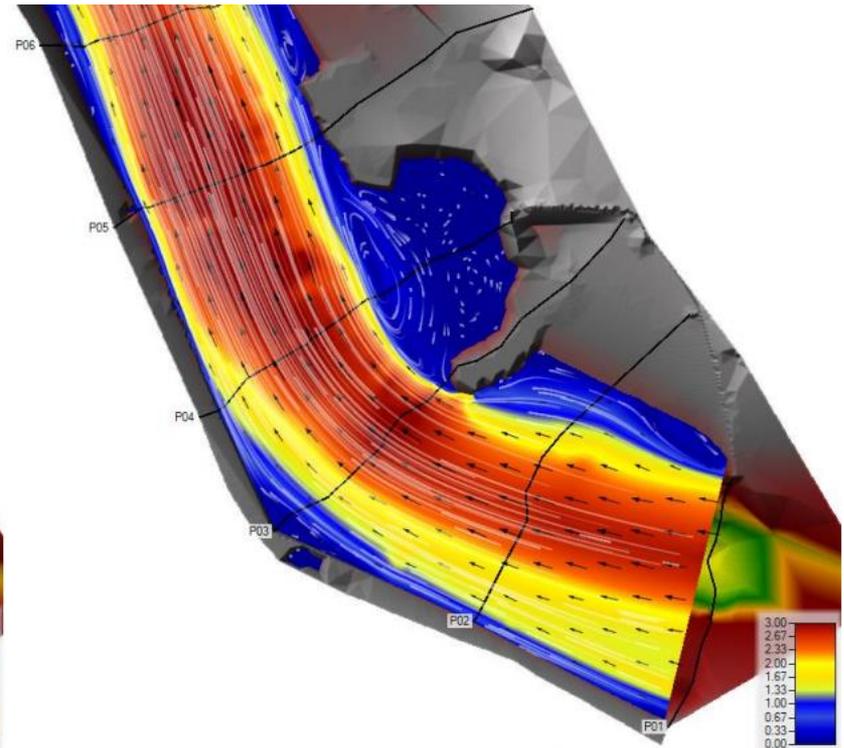
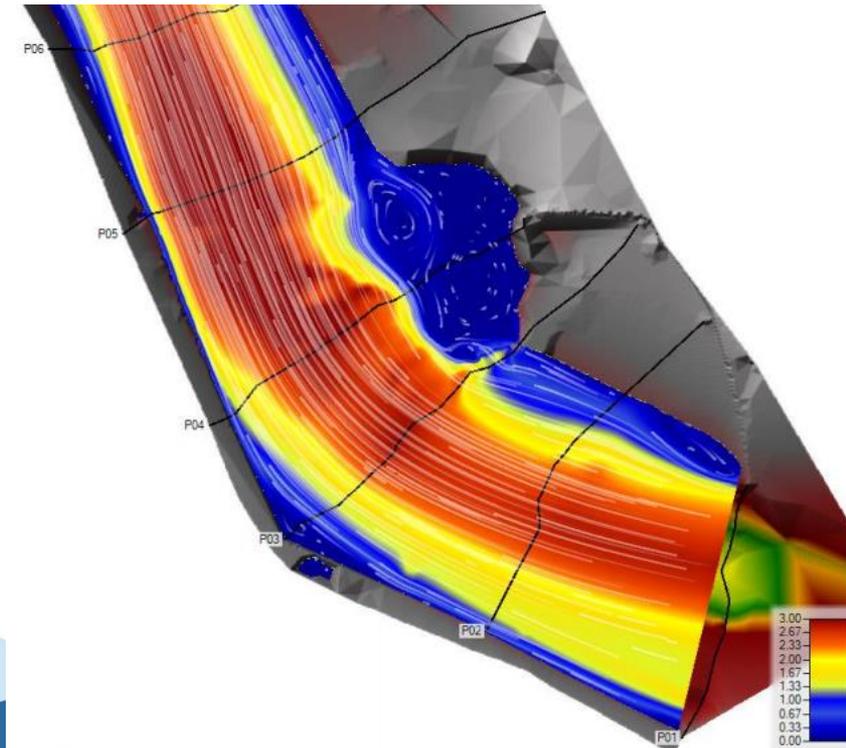
- ↪ Centrale de basse chute
- ↪ Problématique d'engrèvement de la restitution en crue
- ↪ Curages réguliers mais... de plus en plus compliqués administrativement



Quelques exemples d'optimisation (3)

Nécessité d'une modélisation hydraulique 2D des crues

- ⇒ Comprendre le phénomène constaté
- ⇒ Modéliser des aménagements





ingé'eau

ingénierie écologique

72 rue Riquet – 31000 TOULOUSE

www.inge-eau.fr

inge-eau@inge-eau.fr

05.67.76.61.11 (Standard)

06.89.91.52.04 (Julien Neveu)