

Institut P' • UPR CNRS 3346  
11, Boulevard Marie et Pierre Curie  
Site du futuroscope TSA 41123  
86073 POITIERS CEDEX 9

France Hydro Electricité  
66 rue de la Boétie  
75008 PARIS

Rencontres de France Hydro Electricité

-  
Pau, mercredi 7 octobre 2020

# Enquête sur les prises d'eau ichtyocompatibles

## France Hydro Electricité – Institut P'

Clément CAPLIER, Cécile BELLOT



# Plan de la présentation

- I) Contexte de l'étude et méthodologie
- II) Présentation du panel de l'enquête
- III) Contexte réglementaire et écologique des travaux
- IV) Conceptions des dispositifs de dévalaison
- V) Dégrillage du plan de grille et exploitation de la prise d'eau
- VI) Aspects économiques
- VII) Conclusion et perspectives

# Contexte de l'étude

- **Un nécessaire retour d'expérience des producteurs**
  - ❖ Préconisations de l'administration (critères d'ichtyocompatibilité) mais **pas de document réglementaire ni de normes de conception,**
  - ❖ Tests d'efficacités environnementale et hydraulique réalisés par l'administration mais pas de **point de vue du producteur notamment sans regard sur les coûts et la gestion des aménagements.**
- **Contexte réglementaire et écologique**
  - ❖ **Amélioration de la dévalaison piscicole** pour assurer la continuité écologique des cours d'eau.
  - ❖ Réglementation européenne et nationale : Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE 2000), loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA 2006), classement des cours d'eau (2012-2013).
- **Objectifs de l'étude**
  - ❖ **Bilan** des conceptions de dévalaison réalisées, correspondance avec les critères de l'administration, contraintes et adaptations,
  - ❖ **Coûts** des équipements de dévalaison,
  - ❖ **Impact** des aménagements sur la production de la centrale et sur les coûts d'exploitation,
  - ❖ **Optimiser** les dispositifs de dévalaison et **faire des préconisations** sur les futurs aménagements.

# Méthodologie

## • Mise en place de l'étude

- ❖ Questionnaire développé par **France Hydro Electricité** et **l'Office Français de la Biodiversité**, interroge sur :
  - ❖ *Le contexte réglementaire et écologique de la mise en conformité,*
  - ❖ *Les solutions techniques mises en œuvre,*
  - ❖ *L'impact sur la production de la centrale et les contraintes d'exploitation,*
  - ❖ *Les investissements réalisés et les aides reçues,*
- ❖ Déploiement, traitement, analyse des résultats de façon objective et indépendante par **l'Institut P'**.

## • Réalisation de l'enquête

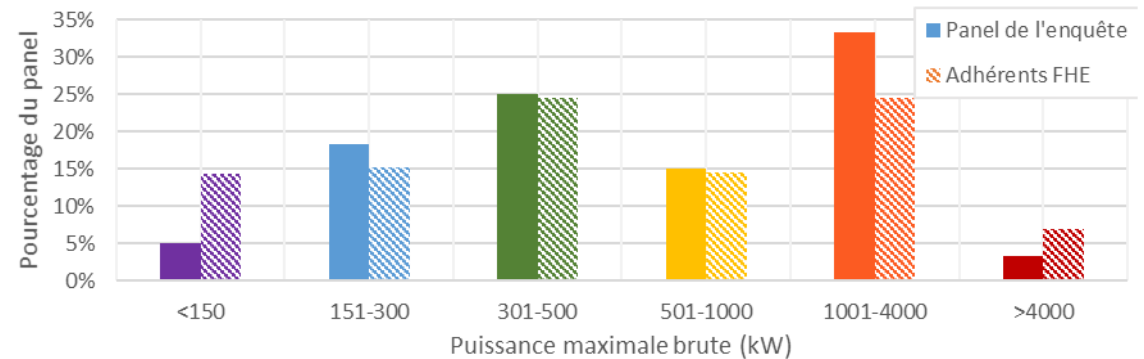
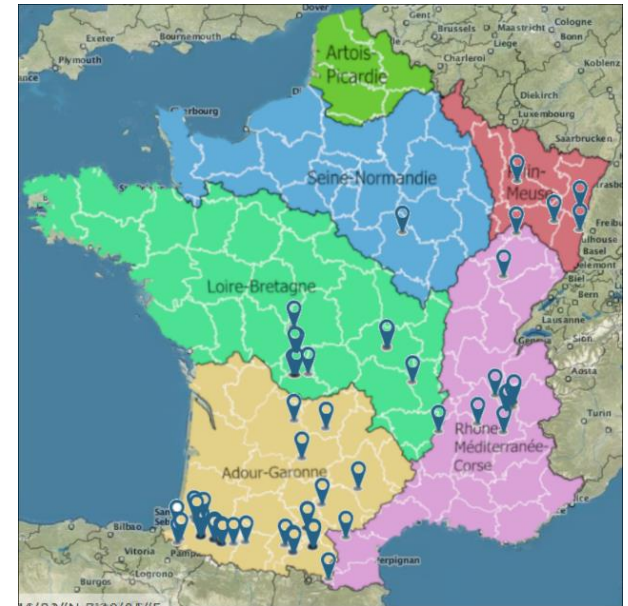
- ❖ **Diffusion large** : site web <https://enquete-hydro.pprime.fr> + sollicitation des adhérents,
- ❖ **Proximité** : visites de terrain avec les producteurs, aide pour la réponse au questionnaire, pré-remplissage, etc.
- ❖ **Pérennité** de l'étude : base de données évolutive, traitement automatisé des résultats,
- ❖ **Confidentialité** des réponses : traitement anonymisé des questionnaires.

## • Protocole

- ❖ **Analyse de données chiffrées** : statistiques et corrélations croisées,
- ❖ **Retour d'expérience** : synthèse des commentaires et observations des producteurs.

# Représentativité du panel de l'enquête

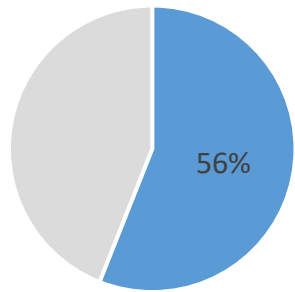
- Répartition géographique du panel cohérente avec la répartition des centrales en France.
- Nombre de réponses : 61 centrales = 63 prises d'eau
  - 55 grilles inclinées à barreaux verticaux
  - 4 grilles orientées à barreaux verticaux
  - 2 grilles orientées à barreaux horizontaux
  - 2 tôles perforées
- Grande dispersion des dimensions :
  - Section de 4,5m<sup>2</sup> à 281m<sup>2</sup>
  - Débit turbiné de 0,7m<sup>3</sup>/s à 90,0m<sup>3</sup>/s,
  - Puissance max. brute de 100kW à 3MW.
- Travaux réalisés essentiellement entre 2013 et 2016  
= Retour d'expérience de 4 à 7 ans.



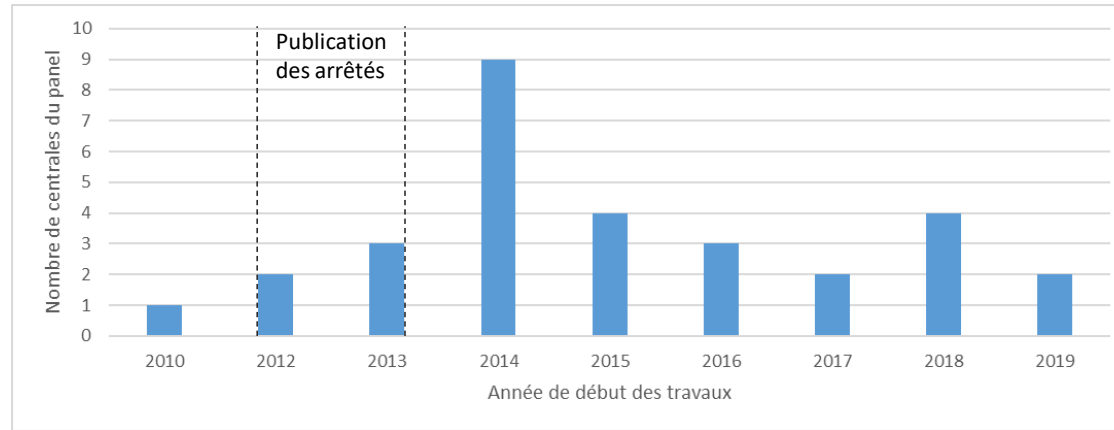
✓ **Représentativité**

# Motifs d'exécution des travaux

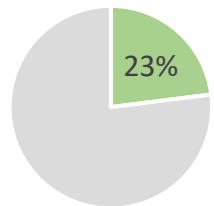
Mise en conformité au titre du L214-17



■ Oui ■ Non

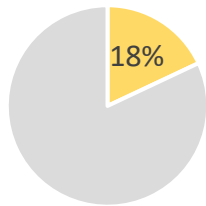


Renouvellement d'autorisation ou de concession



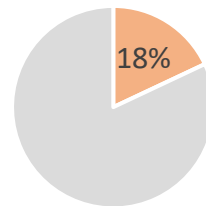
■ Oui ■ Non

Nouvelle centrale ou prise d'eau



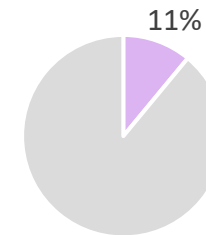
■ Oui ■ Non

Rénovation avec changement de contrat d'obligation d'achat



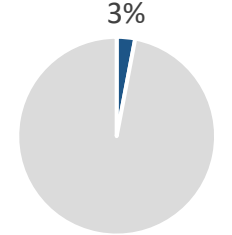
■ Oui ■ Non

Demande d'augmentation de puissance



■ Oui ■ Non

Demande de travaux uniquement

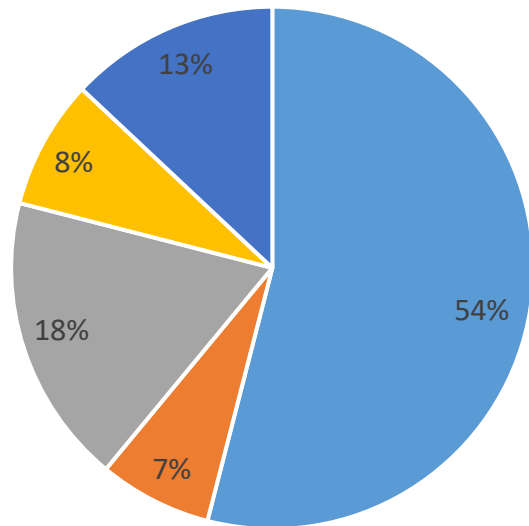


■ Oui ■ Non



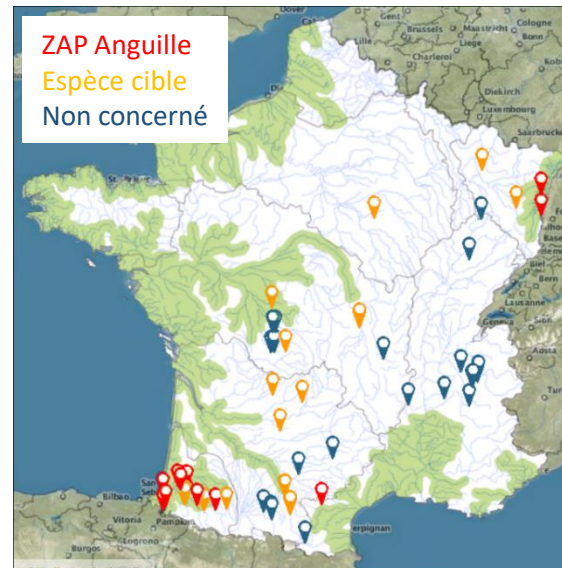
# Contexte écologique : cours d'eau et espèces cibles

Espèces cibles	Nombre	Proportion
Anguille	37	61%
Truite fario	36	59%
Saumon	29	48%
Truite de mer	18	30%
Autres espèces	19	31%

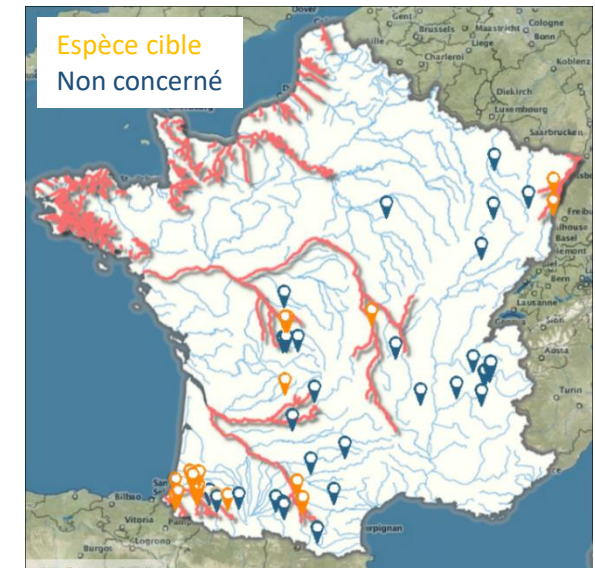


- Liste 1 + Liste 2
- Liste 1
- Liste 2
- Autres
- Aucun

Anguille :



Saumon :

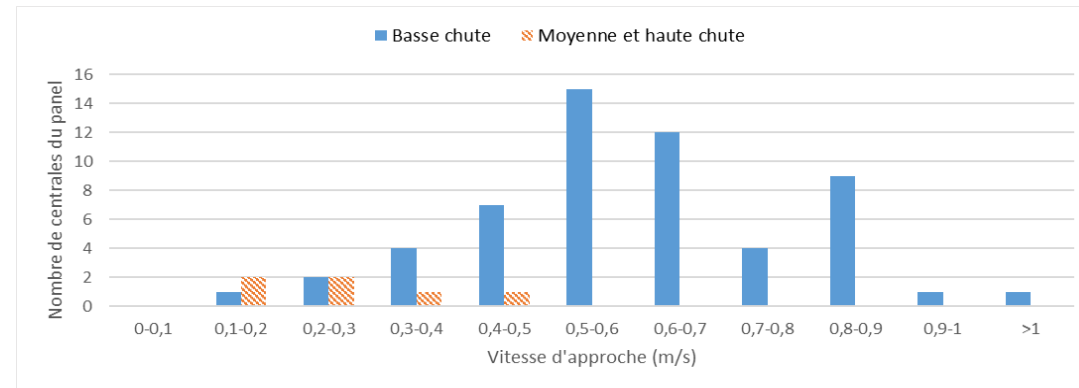
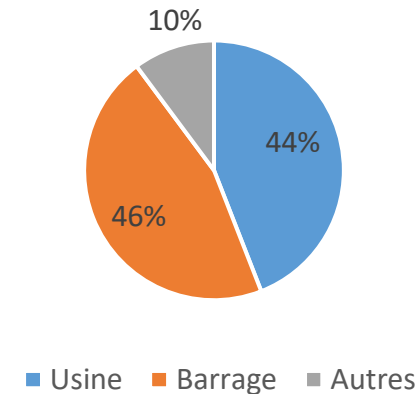


# Prises d'eau : aménagement et dimensionnement

- Déplacement du plan de grille (20%) :
  - Raison techniques : changement de dégrilleur, d'orientation, de section,
  - Choix lié à l'exploitation (gestion des gros embâcles au niveau du barrage).
- Modification des caractéristiques des prises d'eau (37%) :
  - Modification des équipements annexes : passerelles d'accès, goulottes, seuils, etc. (11%).
  - Agrandissement de la section pour implanter le nouveau plan de grille : élargissement et/ou approfondissement (26%).
- Vitesse d'approche de la prise d'eau :
 

$V_A = Q/S$  avec  $Q(m^3.s^{-1})$  le débit turbiné et  $S(m^2)$  la section

Localisation du nouveau plan de grille





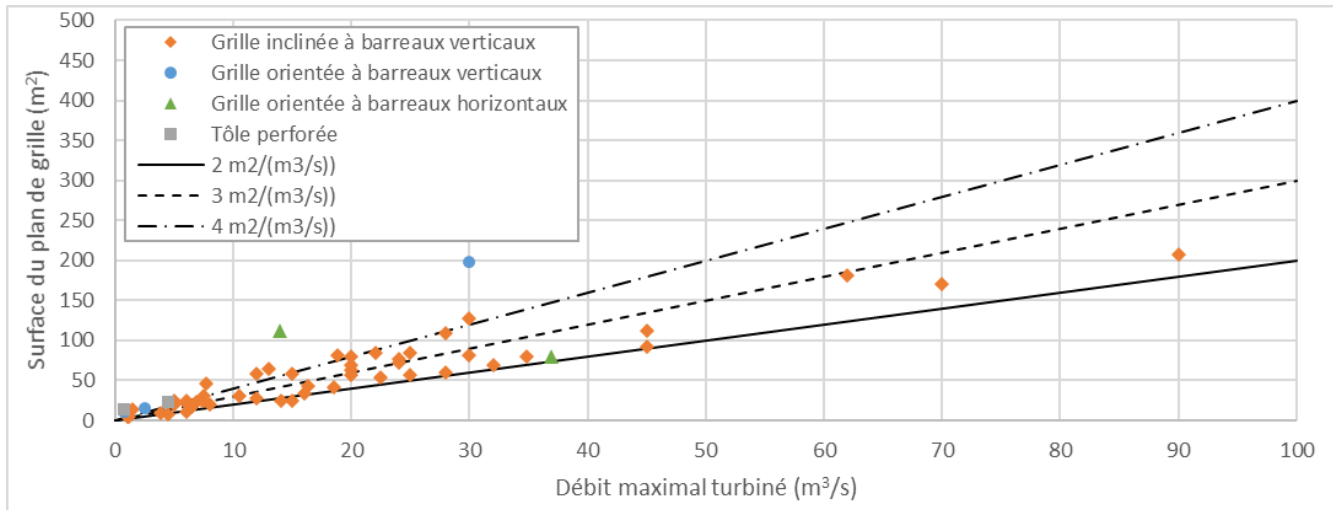
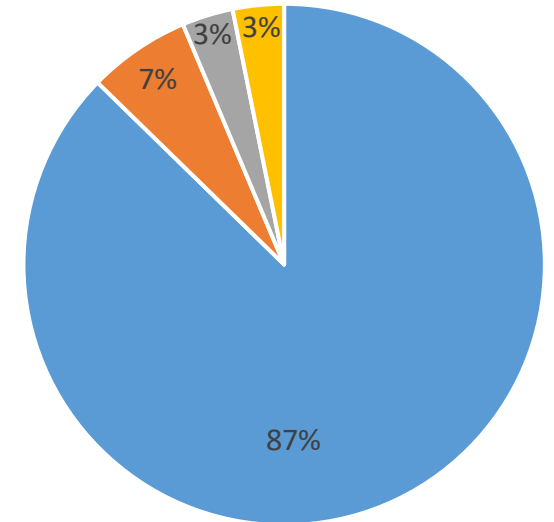
# Prises d'eau : équipements annexes

- Protection aux embâcles (38%) :
  - Pré-grille,
  - Drome,
  - Vannes de garde, etc.
- Surveillance, régulation : sondes de hauteur d'eau
  - Situations : retenue d'eau, plan de grille, canal de fuite, etc.
  - Amont/aval grille (89%) = mesure des pertes de charge,
  - Enregistrées dans 75% des cas.



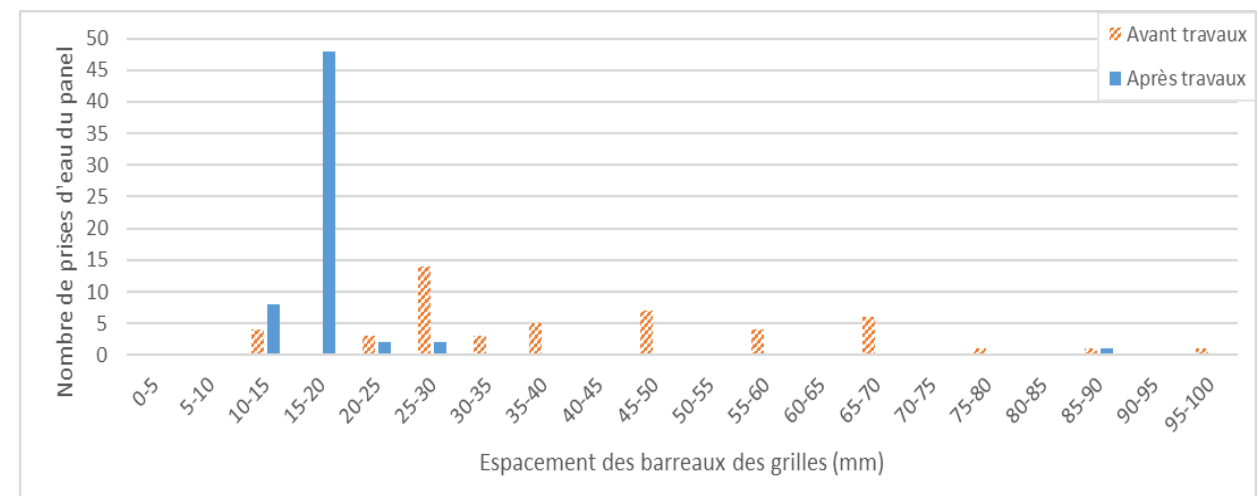
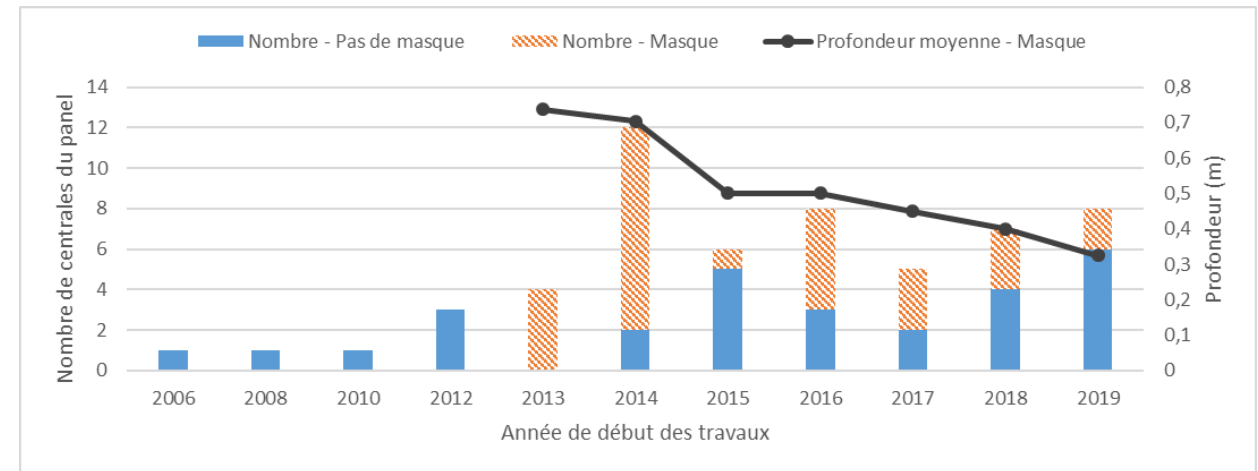
# Plan de grille : typologies

- Majoritairement des grilles inclinées à barreaux verticaux,
- Autres conceptions moins courantes (cas particuliers),
- Grande disparité des dimensions et débits maximum turbinés,
- Entonnement =  $\frac{\text{surface de la prise d'eau}}{\text{débit maximal turbiné}} = \frac{m^2}{m^3/s}$



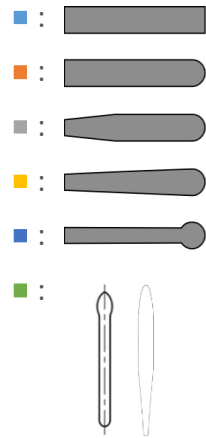
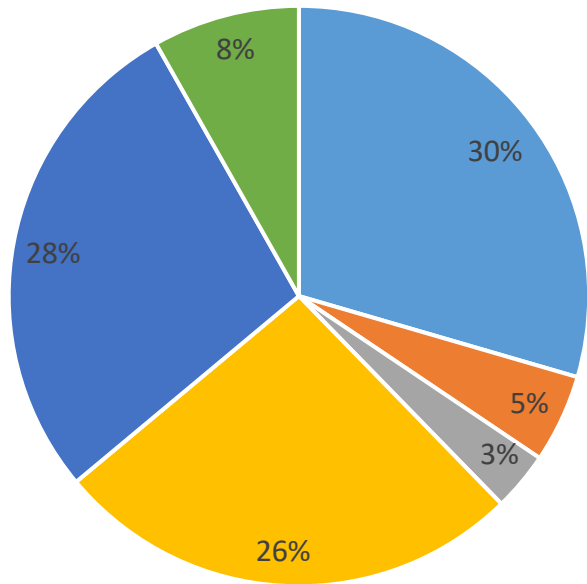
# Caractéristiques des grilles

- **Masque :**
  - Présent dans 54% des cas,
  - Evolution des dimensions suivant l'année.
- **Angles d'inclinaison :**  
 Avant travaux : 60° → après travaux : 26°
- **Espacement des barreaux :**  
 Avant travaux : variable → après travaux : 20mm maj.

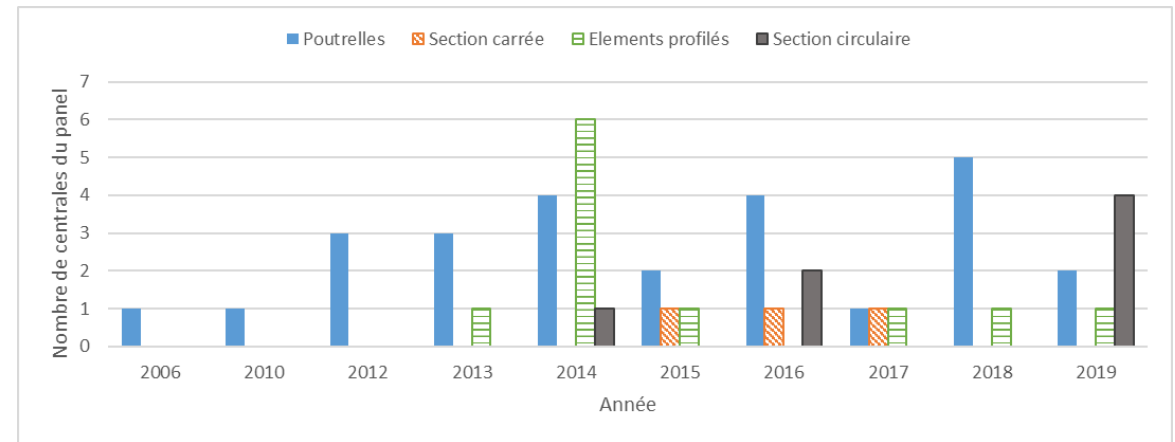
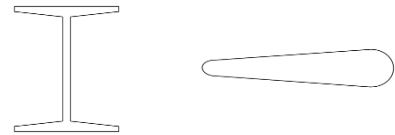


# Caractéristiques des grilles

- Profil des barreaux installés sur les plans de grille :



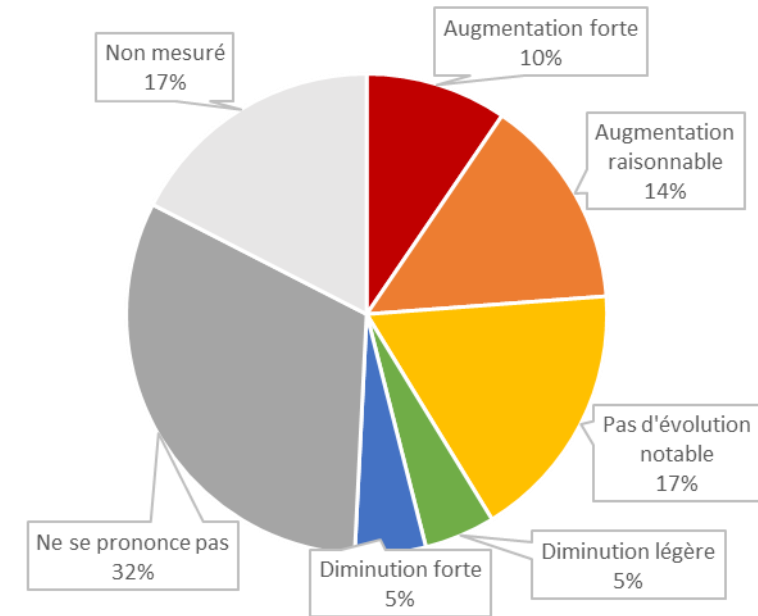
- Supports du plan de grille :



→ Les profils utilisés influencent les pertes de charge

# Pertes de charge

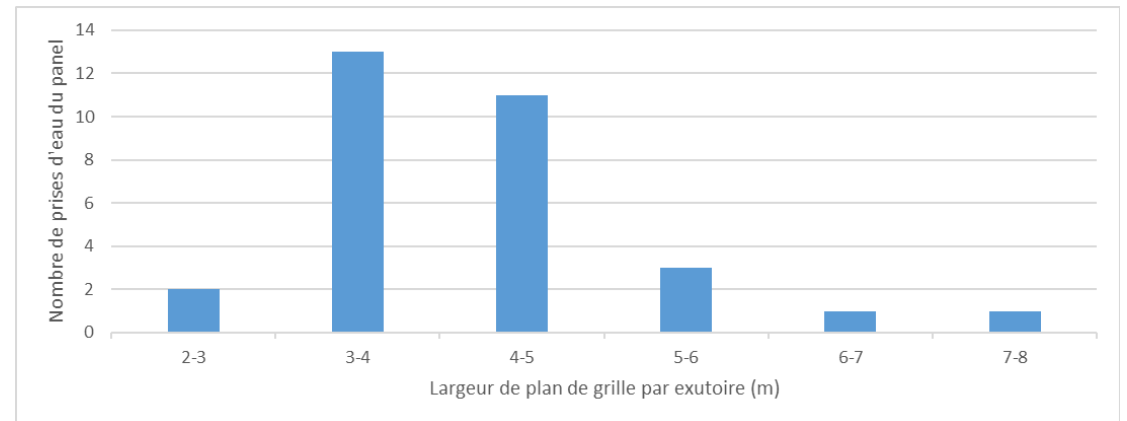
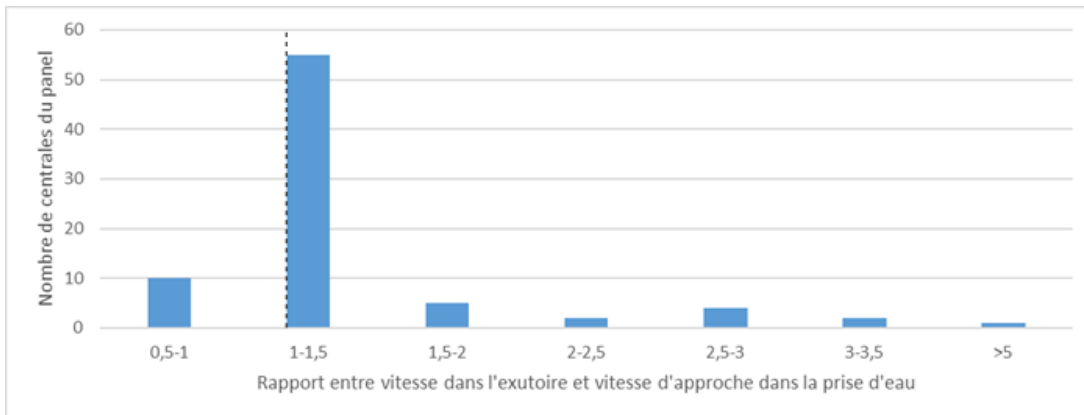
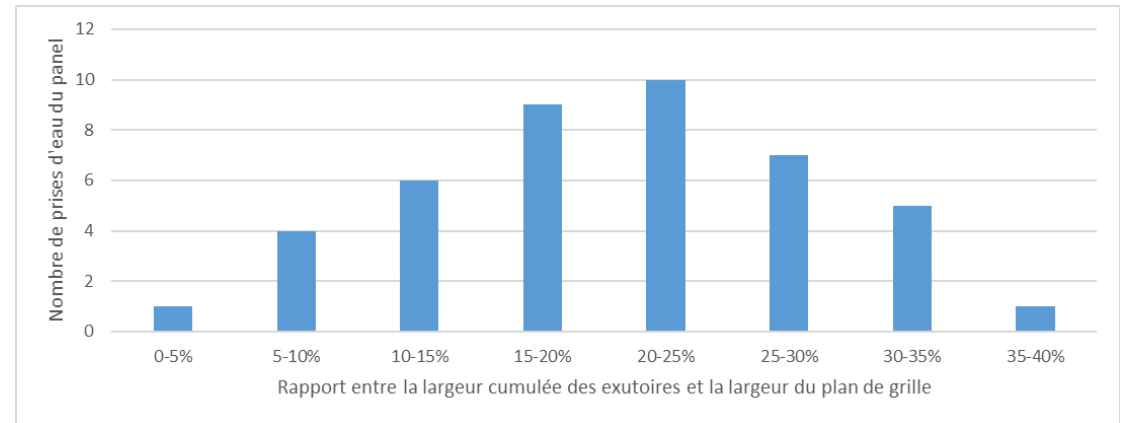
- Peuvent être maîtrisées si anticipées à la conception et au dimensionnement de la prise d'eau,
- Association de différents facteurs : entonnement, forme des barreaux et des supports, ...
- Augmentation des pertes de charge :
  - Barreaux rectangulaires,
  - Support du plan de grille type poutrelles IPN,
  - Faible entonnement,
  - Masque trop profond.
- Diminution des pertes de charge :
  - Grand entonnement (agrandissement de la prise d'eau),
  - Barreaux profilés (plétina, têtard),
  - Supports du plan de grille profilés.



- Ordres de grandeur :
  - Globalement de l'ordre de quelques dizaines de millimètres
  - Représentent en moyenne 2,3% de la hauteur de chute

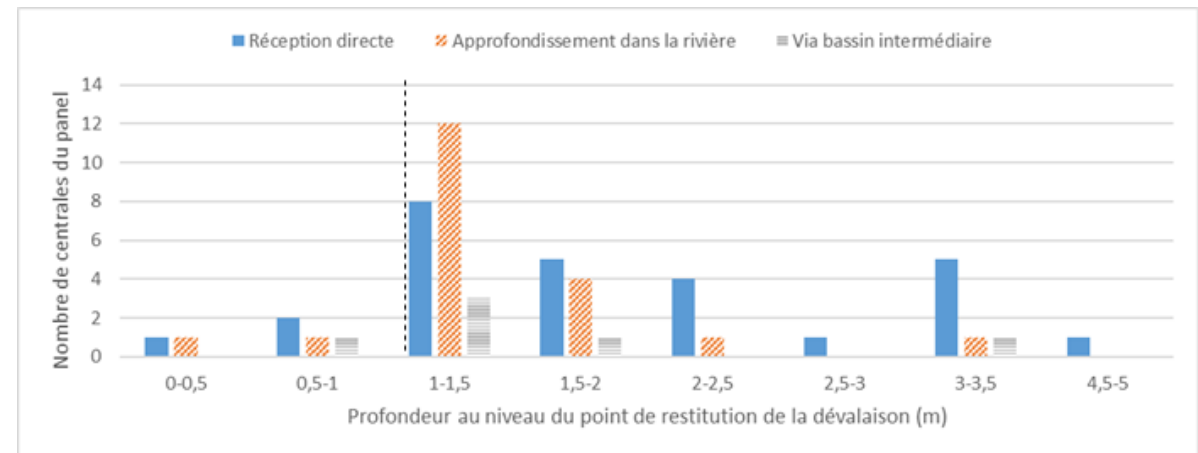
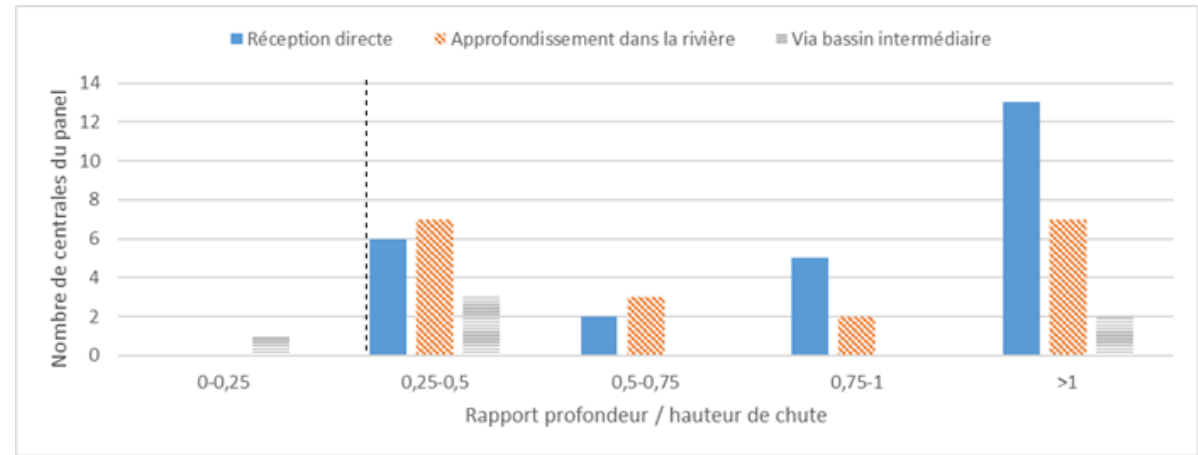
# Caractéristiques des exutoires de dévalaison

- Type d'exutoires :
  - Grille inclinée ou tôle : exutoires frontaux,
  - Grille orientée : exutoires latéraux.
- Représentent 15 à 25% de la largeur du PDG,
- Placés tous les 3 à 5m de largeur de PDG,
- Attractivité : rapport de vitesses > 1,1.



# Caractéristiques des goulottes de dévalaison

- Peuvent réceptionner un ou plusieurs exutoires de dévalaison :
  - Adaptations : élargissement majoritairement + chanfreins au niveau des angles.
  - Répartition du débit de dévalaison sur les différents exutoires.
- Majoritairement rectangulaires mais pente et hauteur d'eau variables suivant les cas.
- Intérêt de la goulotte :
  - Empêcher le demi-tour du poisson qui s'y est engagé,
  - Diminuer la hauteur de chute à la restitution.

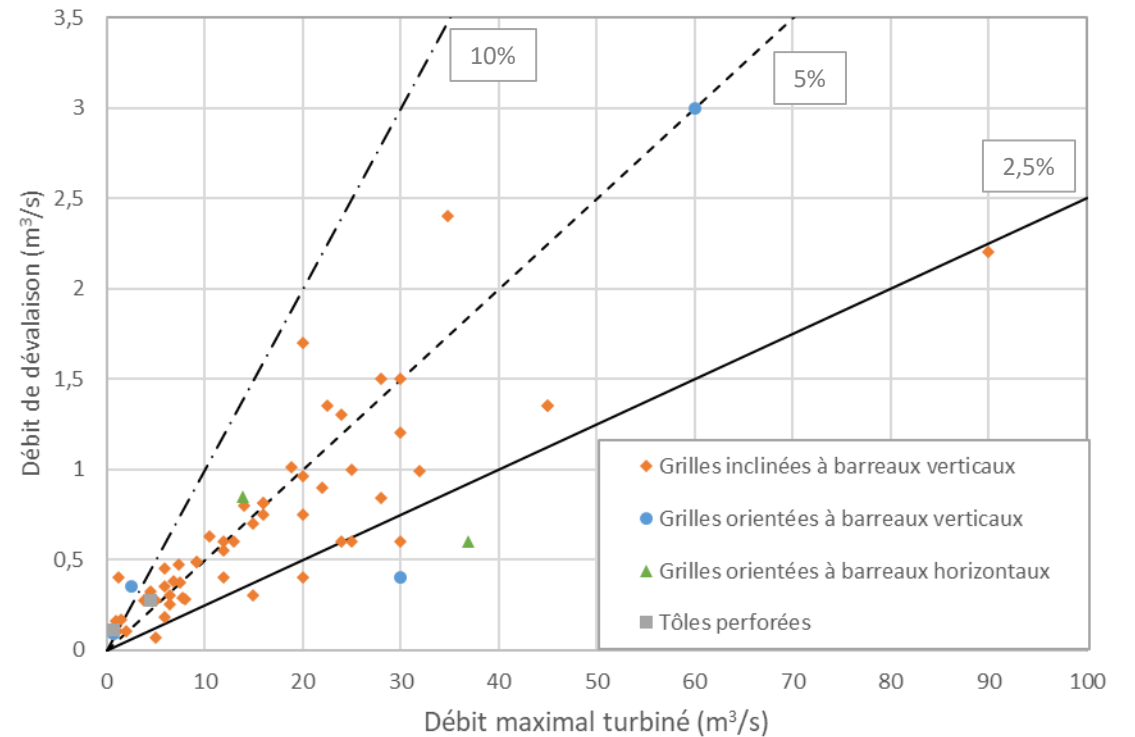




# Gestion du débit de dévalaison

- Débit de dévalaison :
  - Compris entre 2,5 et 10 % du débit maximal turbiné, avec une moyenne à 5,4% (préconisation OFB)
  - Fixe (84%) vs modulé (16%),
  - Non augmenté dans 50% des cas, sinon augmenté de 15% en moyenne.
- Inclusion dans le débit réservé :
  - Oui dans 68% des cas : restitution en pied de barrage,
  - Contribution totale au 1/10<sup>e</sup> du module dans 25% des cas,
  - Sinon contribution à hauteur de 30-40%.

Débit de dévalaison en fonction du débit maximal turbiné

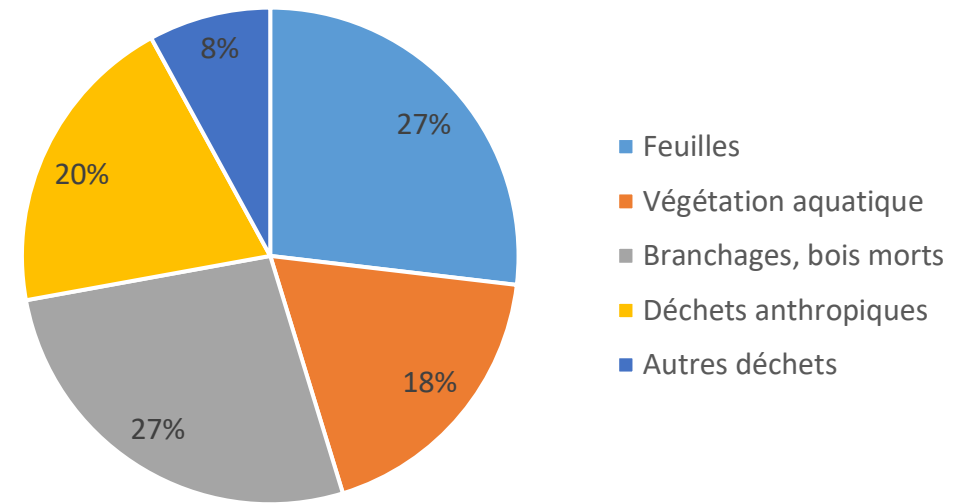


# Entretien de la prise d'eau

- Contrainte d'exploitation liée aux grilles fines :
  - Gestion des embâcles (colmatage),
  - Gestion de l'engrèvement de la prise d'eau.
- Décolmatage avec un dégrilleur :



Type d'embâcles à gérer

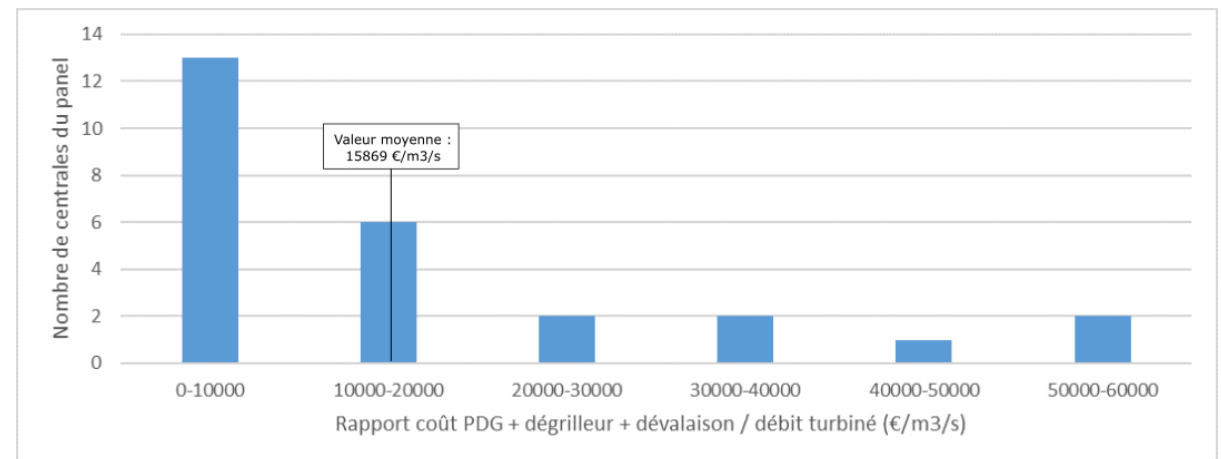
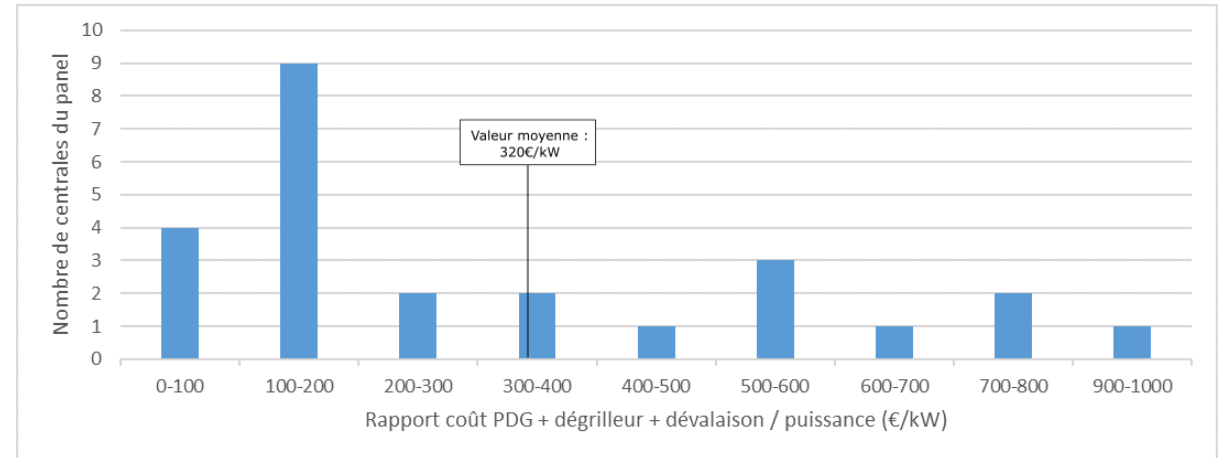


# Entretien de la prise d'eau

- Nouveau dégrilleur (64%) ou adaptation de l'ancien (14%) : position, dimensions, automatisation, etc.
- Type de dégrilleur et mode de fonctionnement variable suivant les situations,
- Pas de corrélation avec les pertes de charges constatées,
- Colmatage permanent dans 54% des cas : nettoyage manuel une ou plusieurs fois par an,
- Satisfaction globale vis-à-vis de l'exploitation de la prise d'eau :
  - Exploitants majoritairement satisfaits (59%), voire même très satisfaits (16%) :
    - Dans certains cas, l'exploitation est facilitée suite à l'installation du nouveau plan de grille,
  - Insatisfaction car entretien jugé très contraignant (15% des cas) :
    - Fatigue et pannes récurrentes,
    - Fonctionnement inefficace,
    - Mauvais dimensionnement ou choix technique
    - Forte consommation électrique...

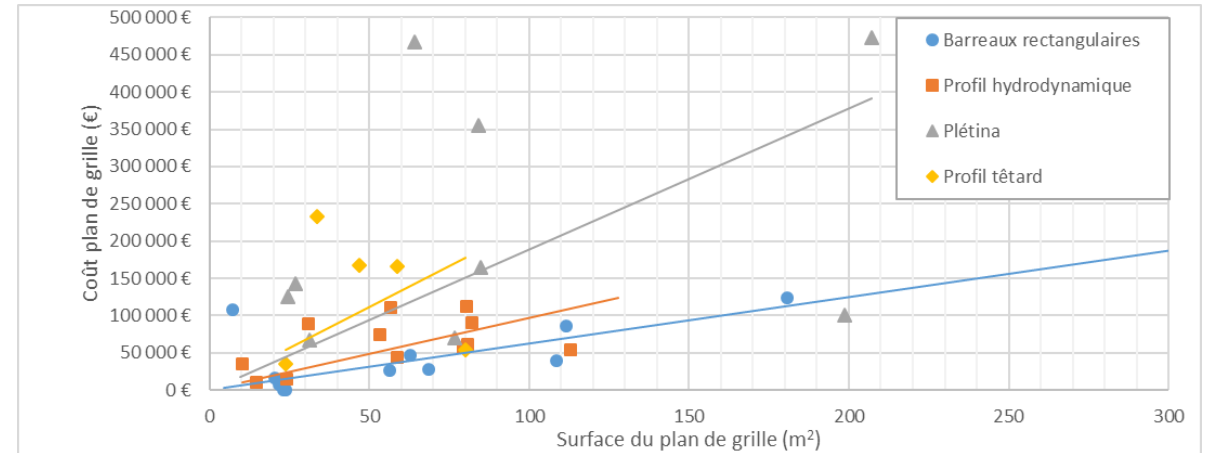
# Coûts d'investissement

- Grande dispersion des coûts car frais « annexes » : sécurité, accès au chantier, hydraulique, etc.
- Coûts moyens du « package » grilles + dégrilleur + dévalaison :
  - 320 € / kW
  - 16 000 € / (m<sup>3</sup>/s)<sub>turbiné</sub>



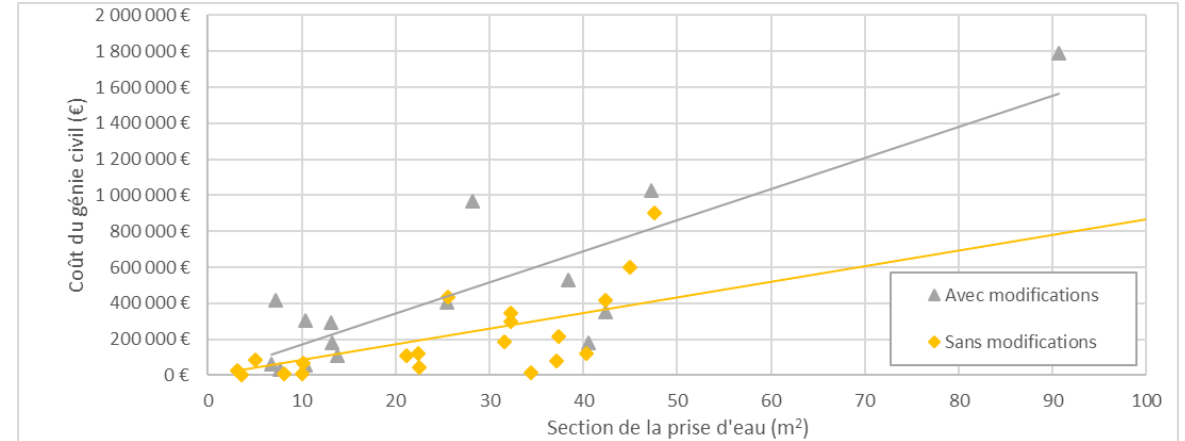
# Coûts d'investissement

- Grande dispersion des coûts car frais « annexes » : sécurité, accès au chantier, hydraulique, etc.
- Coûts moyens du « package » grilles + dégrilleur + dévalaison :
  - 320 € / kW
  - 16 000 € / (m<sup>3</sup>/s)<sub>turbiné</sub>
- Coût du plan de grille lié à la surface et le type de barreaux :
  - Barreaux rectangulaires : environ 600€/m<sup>2</sup>
  - Barreaux profilés (hydrodynamique) : env. deux fois plus cher
  - Barreaux profilés type plétina ou têtard : env. trois voire quatre fois plus cher - **grande dispersion** /!\



# Coûts d'investissement

- Grande dispersion des coûts car frais « annexes » : sécurité, accès au chantier, hydraulique, etc.
- Coûts moyens du « package » grilles + dégrilleur + dévalaison :
  - 320 € / kW
  - 16 000 € / (m<sup>3</sup>/s)<sub>turbiné</sub>
- Coût du plan de grille lié à la surface et le type de barreaux :
  - Barreaux rectangulaires : environ 600€/m<sup>2</sup>
  - Barreaux profilés (hydrodynamique) : env. deux fois plus cher
  - Barreaux profilés type plétina ou têtard : env. trois voire quatre fois plus cher - **grande dispersion** /!\

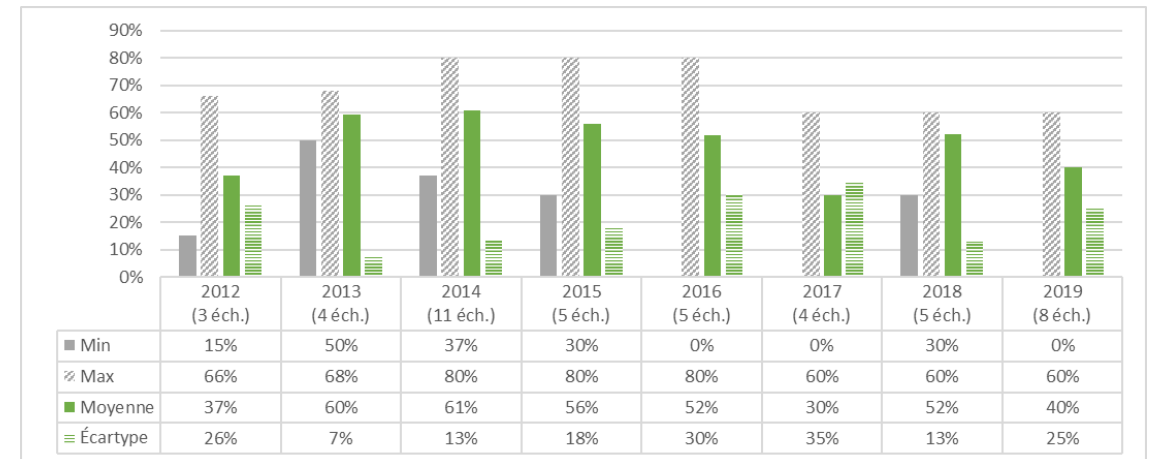
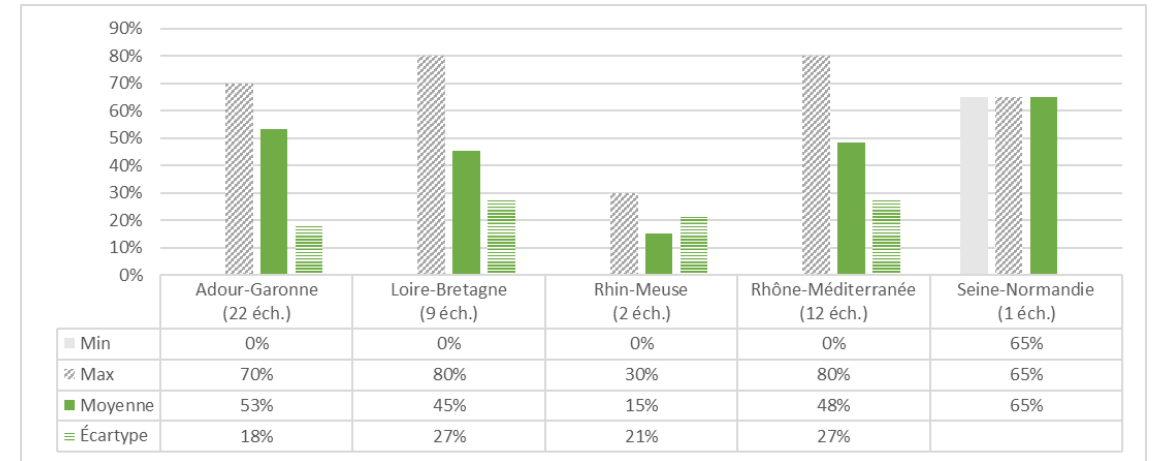


- Coût du génie civil :
  - Si agrandissement ou élargissement : 17 260 €/m<sup>2</sup>
  - Sinon : 8 860 €/m<sup>2</sup>

**Ce sont des tendances, échantillon encore trop faible pour donner des chiffres significatifs !**

# Subventions, charges d'exploitations

- Subventions des travaux :
  - Les subventions des agences de l'eau varient suivant le bassin et l'année des travaux
  - Taux compris entre 0% et 80%, moyenne de 50%
  - Tendance à la baisse
- Charges liées à l'exploitation :
  - Augmentation de la taxe foncière : acquisition de terrains en rive des cours d'eau, constructions en béton
  - Imputable en partie aux travaux pour la montaison, souvent réalisés en même temps





# Conclusion

- **Limites de l'étude :**

- ❖ Représentativité qualitative du panel mais à **élargir quantitativement**,
- ❖ **Données non quantifiables** : contraintes techniques et situations particulières,
- ❖ **Difficulté de l'exercice** sur les données économiques : ventilation des coûts d'investissement par poste, estimation des charges d'exploitation = données réduites.

- **Principales conclusions :**

- ❖ Etat des lieux des travaux réalisés par les producteurs,
- ❖ Les nouveaux aménagements **respectent les critères d'ichtyocompatibilité préconisés par l'administration**,
  - ❖ Majorité de grilles inclinées à barreaux verticaux car plébiscitées par l'administration,
  - ❖ Evolution des préconisations = adaptation des producteurs,
- ❖ **Impact** : augmentation des surfaces des prises d'eau, pertes de charge sensibles à plusieurs facteurs corrélés,
- ❖ **Réduction des impacts sur les pertes de charge si** : dimensionnement suffisant de la prise d'eau et profilage des barreaux et supports de grille,
- ❖ **Coûts d'investissement** moyens et **aides associées qui évoluent**,
- ❖ **Pertinence** de l'étude et des questions posées vis-à-vis des producteurs.

# Perspectives

- **Perspectives :**

- **L'étude se poursuit** : continuer à diffuser l'enquête et alimenter la base de données,
- Plusieurs points soulevés pourront faire l'objet d'**études approfondies** : pertes de charge in-situ, problématiques de colmatage et d'engrèvement de la prise d'eau, etc.
- **Possibilités de collaborations** laboratoires / entreprises, B.E., producteurs, etc.

**Merci pour votre attention... et votre participation à l'enquête !**