




 Pôle Ecohydraulique



ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Les éclusées en France :

Indicateurs et mesures de mitigation



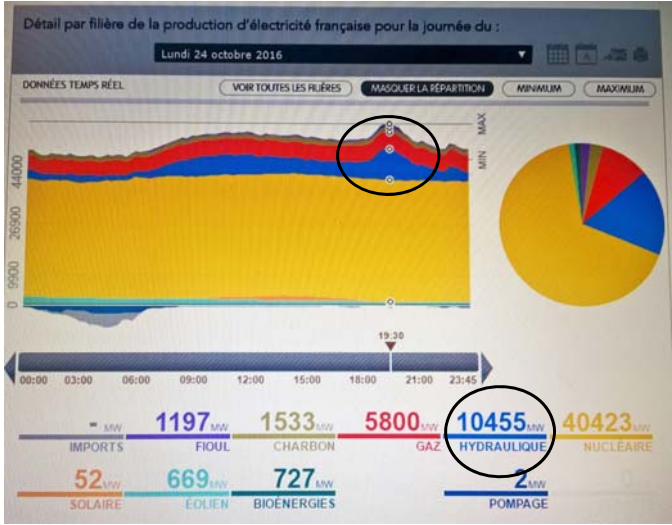



Anne-Laure Garnier-Borderelle

1. Le contexte

- **Le mix énergétique et la production hydraulique :**


consommation
intérieure d'électricité
~ 430 TWh pour une
production ~ 540 TWh



Source	Puissance (MW)
IMPORTS	1197
FIUOL	1533
CHARBON	5800
GAZ	10455
HYDRAULIQUE	40423
NUCLEAIRE	2
SOLAIRE	52
EOLIEN	669
BIOENERGIES	727
POMPAGE	2

En France, la production hydraulique, c'est:

- une puissance installée de 25,3 GW
- un productible de 70 TWh/an.



1. Le contexte

• Le mix énergétique et la production hydraulique :

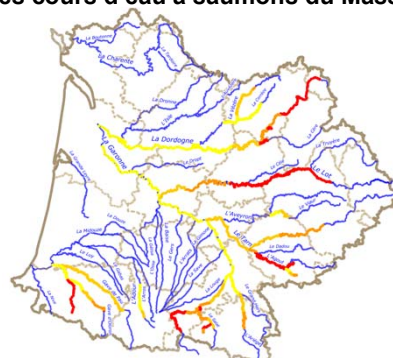
- ✓ Cette production, se décline en 4 catégories :
 - celle des installations au fil de l'eau : 7,6 GW
 - celle des usines de « lac » : 9 GW
 - celle des stations de transfert d'énergie par pompage : 4,4 GW
 - celle des usines de type « éclusées » : 4,3 GW avec un grand intérêt dans la production de pointe.
- ✓ Plus de **150 aménagements** gérés par éclusées (\approx 8000 MW et 33 TWh), certains organisés en chaîne et principalement situés dans les massifs montagneux
- ✓ Demande gouvernementale via le PPI 2009-2020 de + 3000 MW de capacité de pointe en hydroélectricité



1. Le contexte

• La problématique :

- ✓ Perturbation du régime hydrologique du cours d'eau engendrant une modification des compartiments physiques (hydromorphologie, thermie...) et donc des impacts sur les biocénoses
- ✓ Linéaires de cours d'eau impactés à l'aval des ouvrages pouvant être importants (plusieurs dizaines de km, voire 1 à 2 centaines de km [ex : Dordogne])
- ✓ De nombreux cours d'eau à grands migrants concernés, notamment des cours d'eau à saumons du Massif Central et des Pyrénées



Tronçons de cours d'eau subissant des éclusées hydroélectriques au sein du bassin Adour-Garonne (AEAG, Moor et al. [2013])

Perturbation - Indicateur Eclusées

- modérée
- modérée (Évalué)
- marquée
- marquée (Évalué)
- très marquée
- très marquée (Évalué)
- sévère ou très sévère
- sévère ou très sévère (Évalué)



1. Le contexte en images

Le Gave d'Ossau à l'aval de la centrale de Geteu (64)
Ilots de Moulaprat



1.5 m³/s



26 m³/s

Photos ECOGEA

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

2. Règlementaire

Définition d'une éclusée :

- ✓ ??? : pas de définition dans la législation.
- ✓ définition dans les SDAGE : variations rapides, répétitives et artificielles des débits

DCE : atteinte du bon état écologique et la non-dégradation des milieux

Doctrine Eviter-Réduire-Compenser

- ✓ Suite à la définition de l'impact de l'aménagement et de son fonctionnement, mise en place de mesures de réduction ou de compensation reprises dans le Règlement d'Eau et couvert par la législation.

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

2. Règlementaire

Article L214 – 18 du Code de l'Environnement : relèvement des débits réservés

- ✓ obligation de maintenir dans le cours d'eau, en aval immédiat d'un ouvrage, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la reproduction et la circulation des espèces aquatiques. Ce débit minimum biologique (DMB) ne peut être inférieur à une valeur plancher fixée au 1/10ème du module du cours d'eau, ou au 1/20ème dans les cas où le module du cours d'eau est supérieur à 80 m³/s ou pour les ouvrages hydroélectriques qui contribuent par leur capacité de modulation à la production d'électricité en période de pointe.

Article L214 – 17 du Code de l'Environnement : continuité écologique



3. Etat de l'art

- ✓ Nombreuses études et synthèses sur les impacts biologiques des éclusées.
- ✓ Dans ces études, les indicateurs hydrologiques utilisent uniquement les données administratives de l'aménagement et ne permettent pas une caractérisation des régimes d'éclusées .



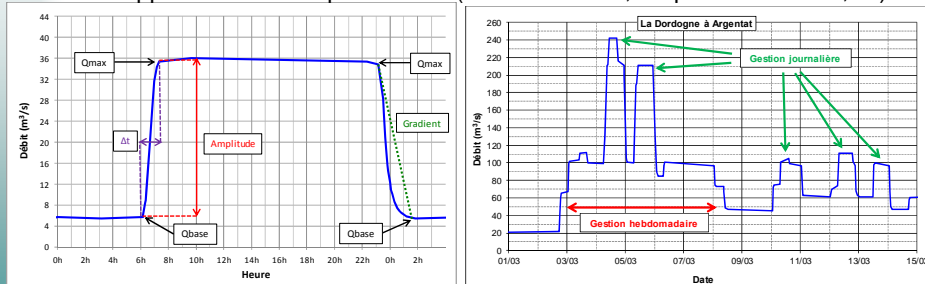
développement d'une méthodologie de caractérisation des éclusées hydroélectriques et définition d'un indicateur du niveau de la perturbation hydrologique (Courret, 2014)



4. Indicateur « éclusée » : méthodologie de repérage / caractérisation des éclusées

Paramètres caractéristiques d'une éclusée :

- ✓ Le **débit de base** et le **débit maximum** (m^3/s)
- ✓ L'**amplitude** (m^3/s) : différence entre les débits de base et maximum
- ✓ Le **gradient** ($m^3/s/h$) : vitesse de variation du débit (pente de l'hydrogramme)
- ➔ Variables rapportées au module du cours d'eau
- ➔ Rapports entre ces paramètres (Q_{base} / Q_{max} ; Amplitude / Q_{base} ; ...)



1. Identification des événements de hausse et de baisse de débits qui sont significatifs.
2. Puis, sélection parmi ces événements qui sont plus rapides que la référence naturelle du cours d'eau et donc constituent des éclusées potentielles.

4. Indicateur « éclusée » : méthodologie de repérage / caractérisation des éclusées

Sélection des éclusées au sein des hydrogrammes sur 3 critères :

1) une condition d'amplitude minimale : $\geq 10\%$ du module ET $\geq 20\%$ du débit de base

- ✓ Ne pas comptabiliser les petites variations liées aux dysfonctionnements et aux imprécisions des capteurs
- ✓ Ne pas comptabiliser les variations dont les conséquences sur les paramètres hydromorphologiques restent a priori faibles

2) Une condition de gradient minimal : \geq gradients naturel maximal, en tenant compte :

- ✓ De la taille du cours d'eau (module)
- ✓ Du type de variation : hausse ou baisse
- ✓ De la gamme de débit de la variation

3) Une limite haute sur le débit maximum : \leq débit d'équipement + marge

- ✓ Elimination des événements naturels au-delà des capacités des aménagements (crues provoquant des déversements au barrage).

4. Indicateur « éclusée » : méthodologie de repérage / caractérisation

Caractérisation du régime d'éclusées, suite à la sélection des éclusées au sein des hydrogrammes, sur la base des paramètres :

1) nombre de hausses et de baisses d'éclusées

2) 7 variables caractérisant chaque hausse et baisse d'éclusées sélectionnées :

- ✓ Débit de base
- ✓ Débits maxima
- ✓ Amplitude
- ✓ Gradient
- ✓ Rapport débit maximum sur débit de base
- ✓ Amplitude rapportée au débit de base
- ✓ gradient rapporté à la référence naturelle.

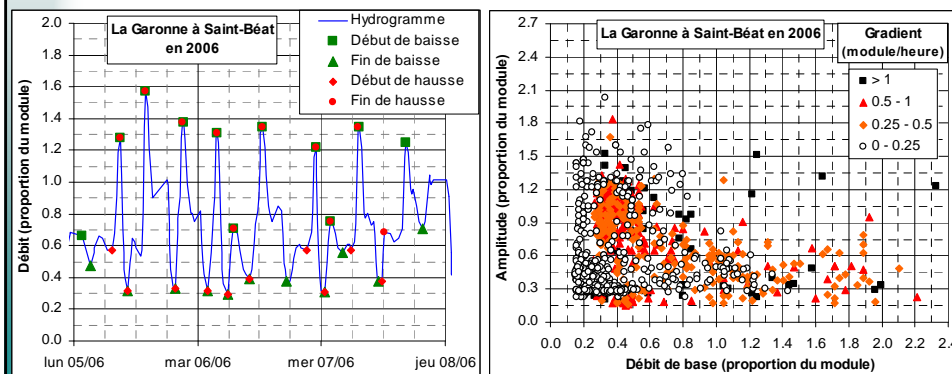


4. Indicateur « éclusée » : méthodologie de repérage / caractérisation

Représentation graphique : diagramme en bulle

• Cas de la Garonne à Saint-Béat (module de 23.6 m³/s) :

- ✓ 2 à 4 éclusées par jour, sans arrêt → 1000-1200 éclusées par an.
- ✓ Amplitudes pour la plupart inférieures à 1.5 fois le module.
- ✓ Gradients régulièrement supérieurs à 0.5 voire 1 module/heure.



4. Indicateur « éclusée » : indicateur synthétique du niveau de perturbation hydrologique

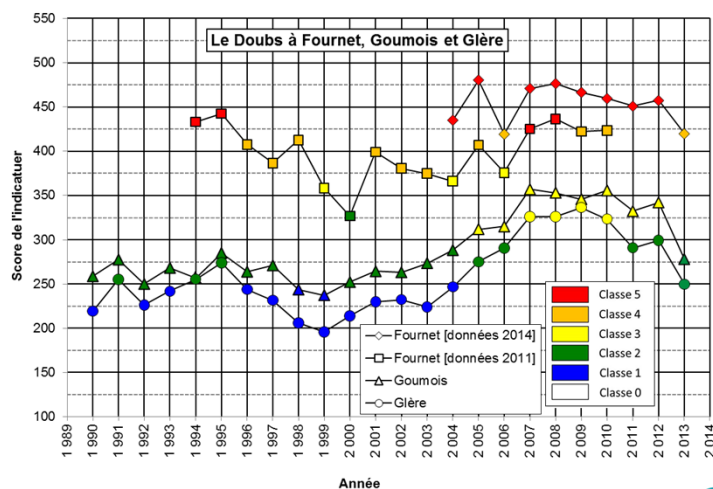
Objectifs / principe :

- ✓ Synthétiser les informations données par les descripteurs du régime d'éclusée sous forme de 5 classes (+ classe 0 hydrologie naturelle ou peu perturbée) qualifiant le niveau de perturbation hydrologique
- ✓ Permettre d'apprécier les évolutions temporelles et spatiales des régimes d'éclusées
- ✓ Etre sensible aux changements de gestion des aménagements
- ✓ Pouvant être produit « en routine » → Automatique

Classe	Code couleur	Niveau de perturbation hydrologique due aux éclusées
0		Hydrologie naturelle ou peu perturbée
1	Bleu	Perturbation hydrologique sensible.
2	Vert	Perturbation hydrologique marquée.
3	Jaune	Perturbation hydrologique très marquée.
4	Orange	Perturbation hydrologique sévère.
5	Rouge	Perturbation hydrologique très sévère.



4. Indicateur « éclusée » : indicateur synthétique du niveau de perturbation hydrologique



4. Indicateur « éclusée » : indicateur synthétique du niveau de perturbation hydrologique

Conclusions :

- ✓ Méthodologie de sélection des éclusées et calcul de l'indicateur sont entièrement automatisés
- ✓ Indicateur = outil facile d'utilisation, transférable aux gestionnaires
- ✓ Indicateur qui fournit uniquement une appréciation du niveau de perturbation hydrologique liée aux éclusées. Au vu de sa construction, il peut être interprété comme un risque d'impacts biologiques mais ne peut pas être considéré comme une indication du niveau d'impact réel de la gestion des éclusées des aménagements.
- ✓ Outil de « pré-diagnostic » et de suivi des évolutions spatiales et temporelles des régimes d'éclusées permettant d'apprécier notamment l'effet de mesures de mitigation.



5. Etudes d'impact des éclusées et mesures de mitigation

Plusieurs études de cas multi-partenariales en France, dont principalement :

- ✓ Dordogne (106-189 m³/s) à l'aval d'Argentat
- ✓ Maronne (20.1 m³/s) à l'aval d'Hauteffage
- ✓ Creuse (29-37 m³/s) à l'aval du complexe d'Eguzon
- ✓ Gave d'Ossau (15.9-19.7 m³/s) à l'aval de Geteu, puis Castet
- ✓ Doubs franco-suisse à l'aval du Châtelot

➔ Etudes couplant : 1) analyses hydrologiques, 2) modélisations hydrauliques et des habitats et 3) des suivis biologiques (reproduction, échouages-piégeages, abondance)

Présentation ici ciblée sur les modifications des caractéristiques des éclusées (mais d'autres types de solutions existent)



5. Etudes d'impact des éclusées et mesures de mitigation

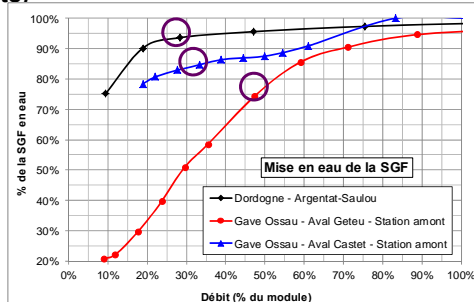
Mise en eau des zones de reproduction des salmonidés

- Définition d'un débit minimum assurant le maintien en eau des frayères, depuis la période de reproduction jusqu'à l'émergence des alevins (de novembre à avril – mai)
- + travaux ponctuels de nivellement sur les sites encore problématiques

Définition à partir de l'évolution de la mise en eau des sites de fraie en fonction du débit (évaluée par modélisation hydraulique ou mesures lors des suivis de la reproduction à plusieurs débits)

→ Débits minima préconisés :

- ✓ Dordogne* : 28-33% du module
 - ✓ Maronne* : 25% du module
 - ✓ Gave d'Ossau :
 - » Aval Geteu : 47% du module
 - » Aval Castet : 35% du module
- Cible de 80-90% d'enneiement



5. Etudes d'impact des éclusées et mesures de mitigation

Echouage-piégeage lors des baisses de débit



Sensibilité des alevins de truites et saumons : de l'émergence jusqu'à une taille d'environ 35 mm (échouage), voire 50 mm (piégeage) de mi ou fin-mars à mai – juin, voire juillet

- Définition d'un débit minimum pour maintenir en eau des sites problématiques et donc éviter de les déconnecter ou de les exonder
- Limitation du débit maximum des éclusées pour éviter de mettre en eau des zones piègeuses lors de la prochaine baisse
- Limitation des gradients de baisse entre 2.5 cm/h et 10-15 cm/h selon la morphologie du lit pour réduire les échouages d'alevins de salmonidés (pas efficace sur le piégeage).

Opportunité d'adapter le timing de l'éclusées : pas « claire » à ce jour ?

Pistes sur la durée des éclusées pour limiter la colonisation des sites problématiques

- + Travaux ponctuels sur la morphologie

5. Etudes d'impact des éclusées et mesures de mitigation

Dérive forcée lors des hausses de débit

Problématique difficile à appréhender (difficulté d'étude in situ ; question du devenir des alevins entraînés, ...)

Sensibilité des alevins de truites et saumons : de l'émergence jusqu'à une taille d'environ 50 mm ➡ Problématique probablement liée avec l'échouage-piégeage

Opportunité de limiter les gradients de hausse (valeurs ?)

Opportunité d'adapter le timing de l'éclusées pas claire à ce jour ?

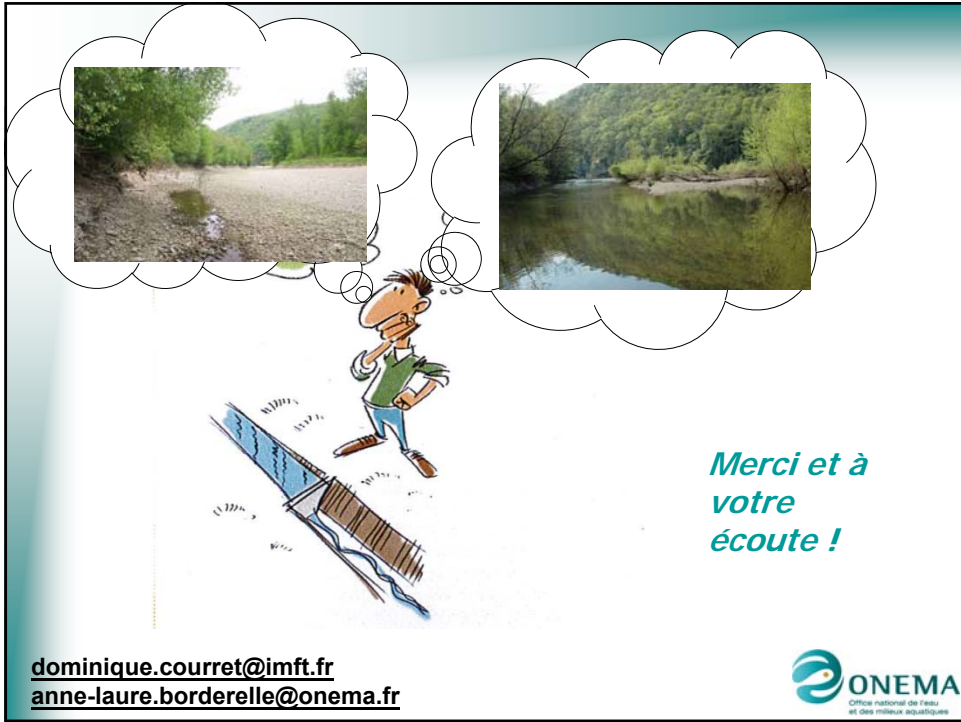
➔ Pas de mesures préconisées à ce jour



5. Etudes d'impact des éclusées et mesures de mitigation

- ✓ Le débit de base ou débit minimum est un paramètre primordial. Valeur de débit minimum bien au-delà des planchers réglementaires.
- ✓ Mais la réflexion doit également porter sur l'amplitude ou le débit maximum des éclusées et sur leurs gradients.
- ✓ Saisonnalité des mesures en fonction des phases du cycle de développement des espèces piscicoles. Phases d'émergence et les premières semaines de vie des alevins de salmonidés particulièrement sensibles.
- ✓ Intérêt des mesures structurelles sur les aménagements à explorer également.
- ✓ Manque encore d'éléments pour certaines problématiques (dérive forcée, conditions d'habitats vers les forts débits) et pour des espèces moins étudiées (ombre et cyprinidés).





dominique.courret@imft.fr
anne-laure.borderelle@onema.fr

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

*Merci et à
votre
écoute !*