

## **Indicateurs hydromorphologiques de risques écologiques associés aux éclusées hydroélectriques**

Hydromorphological indicators of ecological risks associated to hydropeaking

Benoit Terrier<sup>1</sup>, Philippe Baran<sup>2</sup>, Nicolas Lamouroux<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Direction de la planification et de la programmation, <sup>2</sup> ECOGEA, <sup>3</sup> Irstea DYNAM

### **RÉSUMÉ**

Les éclusées hydroélectriques se traduisent par des variations de débit, plus ou moins importantes et rapides, qui ont pour effet de modifier les caractéristiques de l'écoulement dans le cours d'eau qui y est soumis : augmentation des hauteurs d'eau, des surfaces ennoyées et des vitesses lors de la montée de l'écluse puis réduction de ces mêmes paramètres lors de la descente. Parmi les risques écologiques associés au fonctionnement en éclusées, certains peuvent être évalués via des indicateurs hydromorphologiques adaptés. Nous décrivons une approche des risques de piégeage/échouage, d'exondation de frayère, d'instabilité hydrodynamique avec notamment la mise en vitesse plus fréquente et plus rapide des zones de repos conduisant à des déplacements plus fréquents des individus. Sur la base de ces différents types de risques écologiques sont développés des indicateurs hydromorphologiques permettant d'évaluer la sensibilité des cours d'eau, ou tronçons de cours d'eau, aux éclusées.

### **ABSTRACT**

Hydropeaking due to hydropower plants is characterized by rapid variations in discharge rates and associated changes in flow characteristics: increased water depth, wetted area and velocity during increasing discharge rates, followed by decreasing values of the same parameters. Among the ecological risks associated to hydropeaking, some can be estimated via appropriate hydromorphological indicators. We describe an evaluation of these ecological risks: trapping/stranding, dewatering of spawning areas, and hydrodynamic instability (e.g., describing the rapid occurrence of high velocities over resting zones, causing fish movements and/or drifting). On the basis of these various types of ecological risks, we propose hydromorphological indicators allowing to estimate the sensitivity of stream reaches to hydropeaking.

### **MOTS CLES**

Eclusées hydroélectriques, hydromorphologie, risques écologiques

## 1 CONTEXTE ET CONCEPTS

Les éclusées hydroélectriques se traduisent par des variations de débit, plus ou moins importantes et rapides, qui ont pour effet de modifier les caractéristiques de l'écoulement dans le cours d'eau qui y est soumis : augmentation des hauteurs d'eau, des surfaces ennoyées et des vitesses lors de la montée de l'écluse puis réduction de ces mêmes paramètres lors de la descente.

L'objectif de notre approche est de décrire certaines caractéristiques hydromorphologiques de tronçons de rivière soumis à ce type de fonctionnement afin d'objectiver, conjointement avec un indicateur d'altération hydrologique (Courret, 2015), les risques d'impacts écologiques ainsi que les impacts réels associés à ce mode de gestion.

### 1.1 Les risques écologiques

Parmi les risques écologiques associés au fonctionnement en éclusées, certains peuvent être évalués via des indicateurs adaptés.

#### 1.1.1 *Le risque de piégeage/échouage (PE)*

Ce risque est lié aux processus de submersion/exondation de zones du lit moyen situées dans l'emprise des variations de niveau d'eau liées aux éclusées. Il y a d'abord piégeage des poissons au sein d'une macro ou micro-forme fluviale qui se met en eau au moment de l'écluse, puis potentiellement échouage si l'eau disparaît lorsque le débit redescend (reflux, infiltration, évaporation). L'échouage est souvent létal, le piégeage l'est moins.

#### 1.1.2 *Le risque d'exondation de frayère (EF)*

Ce risque est, comme le précédent, lié aux processus de submersion/exondation de zones du lit moyen situées dans l'emprise des variations de niveau d'eau liées aux éclusées.

#### 1.1.3 *Le risque d'instabilité hydraulique (IH)*

Ce risque correspond notamment à une mise en vitesse fréquente et rapide des zones de repos conduisant à des déplacements forcés des individus. Dans certains cas, ce sont de longs tronçons qui potentiellement peuvent être soumis à des valeurs critiques de vitesse. L'intensité de ce risque est, a priori, inversement proportionnelle à celle du risque PE. En effet, plus le lit moyen sera large, plus le débit d'écluse pourra s'étaler (et donc générer des risques PE). Inversement, plus il sera étroit (gorges par exemple, ou zone endiguée), plus le débit d'écluse se traduira par une augmentation des vitesses (et des hauteurs d'eau).

Sur la base de ces différents types de risques, ont été développés des indicateurs hydromorphologiques permettant d'évaluer la sensibilité des cours d'eau, ou tronçons de cours d'eau, à ces différents risques.

### 1.2 Les indicateurs hydromorphologiques

#### 1.2.1 *Indicateurs pour le risque « piégeage/échouage »*

Il existe trois grands types de zones de piégeage/échouage potentiel (PE).

- type BA (Bancs Alluviaux) : dépressions situées sur, ou en marge, des bancs alluviaux plus ou moins végétalisés (lit moyen actif)
- type CS (Chenaux Secondaires) : chenaux secondaires ou abandonnés, situés généralement en marge du lit moyen actif
- type RI (Chenaux en Ripisylve) : chenaux d'écoulement préférentiel dans la ripisylve basse.

Les deux premiers types se situent dans le lit moyen des cours d'eau plutôt actifs et mobiles, dans lesquels le transport solide est suffisamment important pour créer des vastes bancs alluviaux, et dont la dynamique fluviale active a créé puis abandonné des chenaux, soit de tressage, soit de méandrage. Le type RI est plutôt présent sur des rivières, ou tronçons de rivière, moins actifs, et dans lesquels un cordon de ripisylve s'est développé en pied de berge, en marge du lit moyen.

Par ailleurs, certains auteurs (Hauer et al., 2014) considèrent qu'il n'y a pas besoin de formes piégeantes particulières mais qu'une granulométrie grossière favorable à certaines espèces/stades (notamment les 0+ de truite) peut suffire à induire un piégeage, voire un échouage. Cette granulométrie grossière crée en effet une microtopographie favorable aux 0+ qui vont la rechercher et

potentiellement se retrouver piégés dans les flaques abandonnées lors du retrait des eaux. Un quatrième type, beaucoup plus difficile à identifier sur le terrain peut donc être défini, le type Sédiments (ou Substrat) Grossiers (SG).

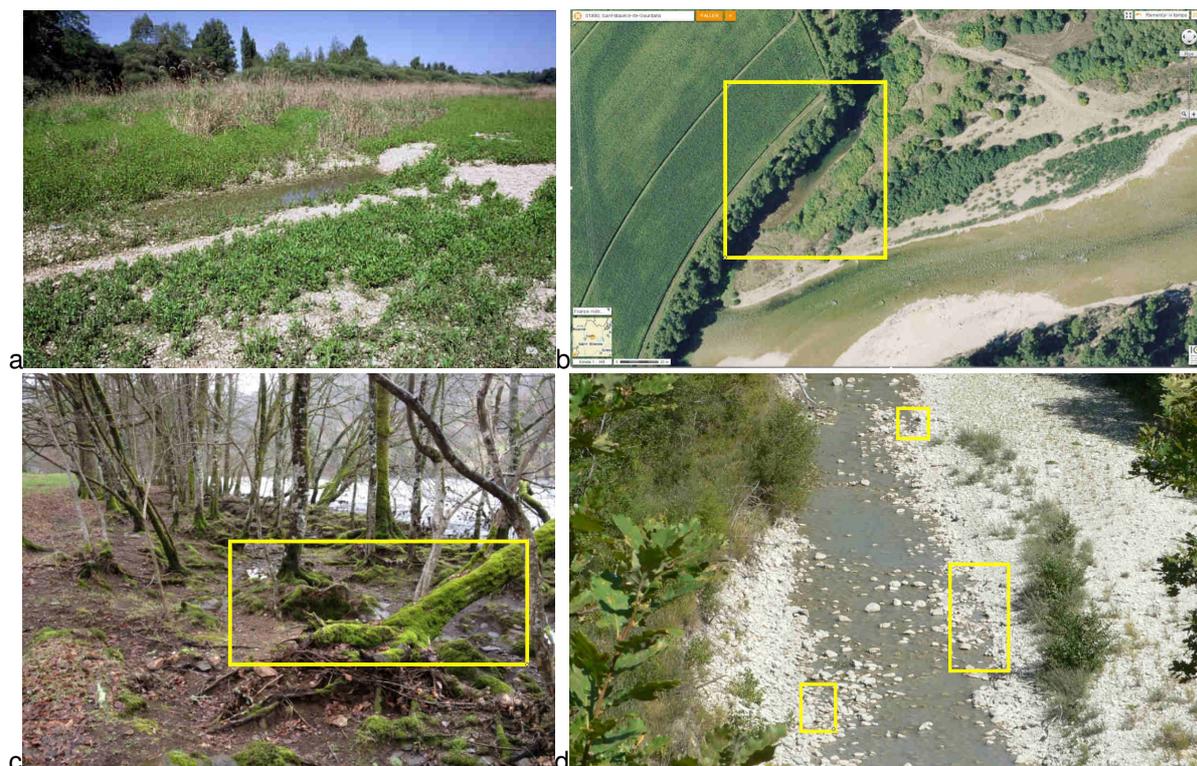


Figure 1 : exemples de zones de piégeage/échouage potentiel a) banc alluvial, b) chenal secondaire, c) chenal en ripisylve, d) substrat grossier en bordure

### 1.2.2 Indicateurs pour le risque « exondation de frayère »

Il s'agit du même processus que pour les zones de piégeage/échouage, en lien avec les alternances rapides et fréquentes sur une même zone, de périodes de submersion et d'exondation. Sont potentiellement concernées les zones présentant une granulométrie, une perméabilité du substrat, une hauteur d'eau, une vitesse, favorables à la reproduction des espèces piscicoles lithophiles (salmonidés notamment).

### 1.2.3 Indicateurs pour le risque « instabilité hydraulique »

Concernant le risque de dérive des invertébrés, plusieurs auteurs (Baumann et Klaus, 2003 ; Gibbins et al., 2007 ; cités dans Gostner et al., 2011) indiquent une valeur de force tractrice critique de l'ordre de  $10 \text{ N/m}^2$ . Gostner et al. (2011) considèrent que cette valeur est plus facilement atteinte, sur un même cours d'eau et dans des valeurs de débits identiques, dans les portions chenalisées que dans les portions naturelles.

## 2 MISE EN ŒUVRE SUR LE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE-CORSE

La méthode de description des indicateurs hydromorphologiques de risque écologique associés aux éclusées que nous avons élaborée a été mise en œuvre sur certains tronçons à éclusées de cours d'eau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Nous avons analysé environ 825 km de linéaire de tronçons soumis à un régime d'éclusée (Fig. 2). Cette approche va apporter une contribution significative à l'évaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux) dû aux éclusées qui s'exercent sur les masses d'eau du bassin. L'application de cette méthode, associée à l'indicateur hydrologique précédemment cité (Courret, 2015), doit permettre d'identifier les cours d'eau « à risque », de mieux cerner les impacts écologiques réels et d'identifier les leviers permettant de les maîtriser.

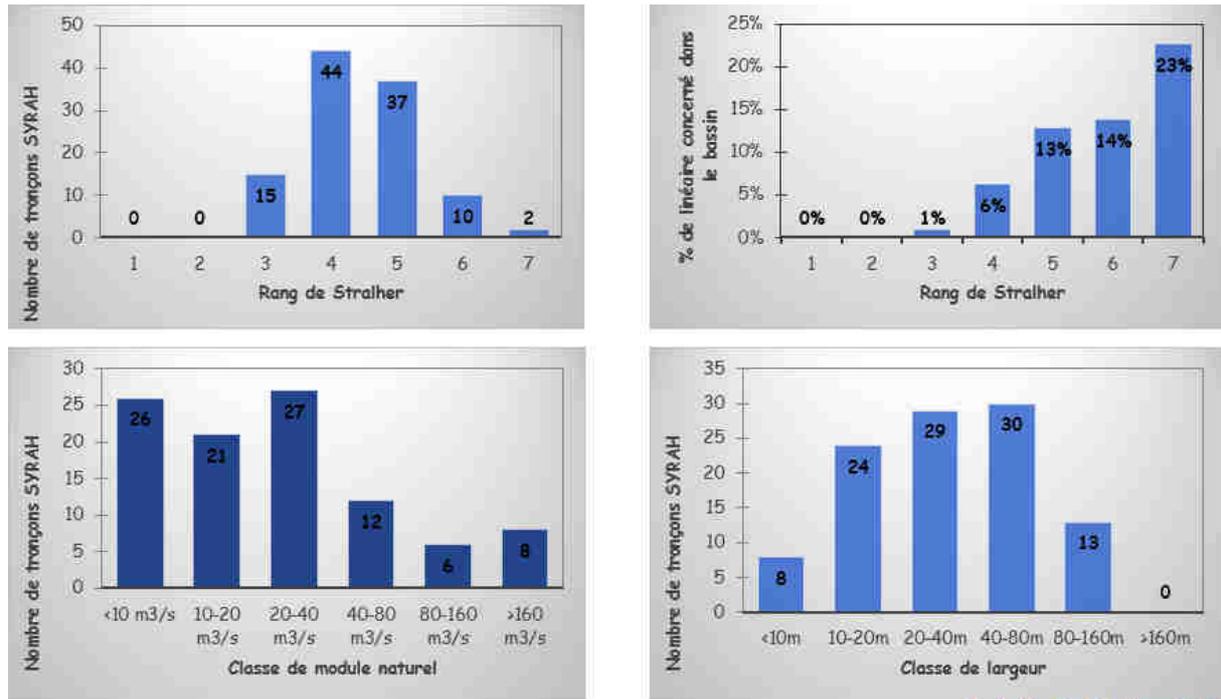


Figure 2 : Caractéristiques des tronçons à éclusées analysés (Baran, 2017)

Trois types de risques ont été recherchés : piégeage/échouage, exondation de frayère, instabilité hydraulique.

## 2.1 Piégeage/échouage

Pour définir ce risque ont été définis deux indicateurs : un indice de banc (IB+) et un indice de chenaux secondaires (CS). Lorsque ces indices n'ont pas pu être calculés de manière rigoureuse, nous avons évalué ce risque par expertise à partir des données disponibles et des visites de terrain. Tous les éléments utilisés pour aboutir à l'évaluation de ce risque sont présentés.

## 2.2 Exondation de frayère

Le risque d'exondation de frayère a été évalué à partir d'un travail de bureau (photos aériennes, rapports d'étude, cartes etc.) et des calculs hydrauliques réalisés sur la base de données récoltées sur le terrain, venant confirmer ou non le risque d'exondation des frayères lors des éclusées.

## 2.3 Instabilité hydraulique

Elle a été évaluée au moyen d'un calcul simplifié de stabilité du substrat alluvial (vitesses critiques de mise en mouvement).

## BIBLIOGRAPHIE

- Courret, D., (2015). Problématique des impacts de la gestion par éclusées des aménagements hydroélectriques sur les populations de poissons - Caractérisation des régimes d'éclusées et du niveau de perturbation hydrologique, et réflexions sur les mesures de mitigation. Thèse de Doctorat. INP-Toulouse, France : 218 p.
- Hauer, C., Unfer, G., Holzapfel, P., Haimann, M., Habersack, H. (2014): Impact of channel bar form and grain size variability on estimated stranding risk of juvenile brown trout during hydropeaking. EARTH SURF PROC LAND. 2014; 39(12): 1622-1641.
- Gostner, W., Lucarelli, C., Theiner, D., Kager, A., Premstaller, G., Schleiss, A.J. (2011). A holistic approach to reduce negative impacts of Hydropeaking". Proceedings of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenge, 79th Annual Meeting of ICOLD, Lucerne: 857-866