



2019

---

# **Méthode pour l'estimation du financement des centrales à dérivation comme mesure d'assainissement des éclusées <sup>1</sup>**

---

---

<sup>1</sup> S'applique par analogie également dans le domaine de l'assainissement du régime de charriage

## **Impressum**

### **Éditeur**

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

### **Contact**

Division Eaux, [wasser@bafu.admin.ch](mailto:wasser@bafu.admin.ch)

© OFEV 2019

## Contenu

1 Introduction .....	4
2 Nécessité de disposer d'une méthode .....	4
3 Méthode de financement pour les centrales à dérivation lorsqu'il n'existe pas de variante d'assainissement proportionnée.....	5
4 Méthode de financement pour les centrales à dérivation lorsqu'il existe une variante d'assainissement proportionnée .....	7
Annexes - Méthodes de détermination des points de valeur utile (PVU) pour l'art. 39a, al. 2, let. a-e LEaux	
Remarques préliminaires .....	8
Annexe 1 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre a « gravité des atteintes portées au cours d'eau » .....	9
Annexe 2 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre b « potentiel écologique du cours d'eau » .....	17
Annexe 3 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre c « proportionnalité des coûts » .....	22
Annexe 4 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre d « protection contre les crues » .....	60
Annexe 5 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre e « promotion des énergies renouvelables » .....	61

## 1 Introduction

Aux termes de la loi fédérale sur la protection des eaux (art. 39a LEaux), les centrales hydroélectriques qui causent des atteintes graves en générant des variations de débit artificielles (éclusées) doivent être assainies. Sur la base de l'art. 34 LEne, les détenteurs d'une installation hydroélectrique sont indemnisés pour la mise en œuvre des mesures nécessaires.

Aux termes de l'art. 41g OEaux, une étude des variantes envisageables doit être effectuée pour déterminer la mesure d'assainissement.

Aux termes de l'art. 39a, al. 2, LEaux, cette mesure est définie en fonction des facteurs suivants :

- a. la gravité des atteintes portées au cours d'eau ;
- b. le potentiel écologique du cours d'eau ;
- c. la proportionnalité des coûts ;
- d. la protection contre les crues ;
- e. les objectifs de politique énergétique en matière de promotion des énergies renouvelables.

Les centrales à dérivation constituent une mesure envisageable pour assainir les atteintes causées par les éclusées. Elles servent avant tout à la production d'énergie et causent une atteinte supplémentaire à l'écologie des eaux en raison des canaux de dérivation créés pour les débits résiduels. Les centrales à dérivation ne sont utilisées qu'à titre exceptionnel comme mesure d'assainissement pour éliminer les atteintes causées par les éclusées. Aussi faut-il disposer d'une réglementation *ad hoc* pour déterminer le montant de la contribution financière pour ces installations.

Le domaine d'application se limite aux cas où les centrales à dérivation sont proposées en guise de mesure d'assainissement. La contribution financière qui résulte de cette application représente l'indemnisation pour la direction du projet, sa mise en œuvre et le contrôle de l'efficacité.

## 2 Nécessité de disposer d'une méthode

Le montant de l'indemnisation pour l'assainissement correspond généralement aux coûts de la mesure d'assainissement raisonnable la plus favorable à l'issue de l'étude des variantes.

Il arrive cependant que l'étude des variantes ne donne lieu à aucune mesure faisable raisonnable mais qu'une centrale à dérivation doit être réalisée qui fasse office, entre autres, de mesure d'assainissement. Dans ces cas-là, il est nécessaire de pouvoir s'appuyer sur une méthode pour calculer le montant de la contribution. Selon les cas, il existe donc deux approches pour déterminer le montant du financement d'une centrale à dérivation en tant que mesure d'assainissement (cf. Figure 1).

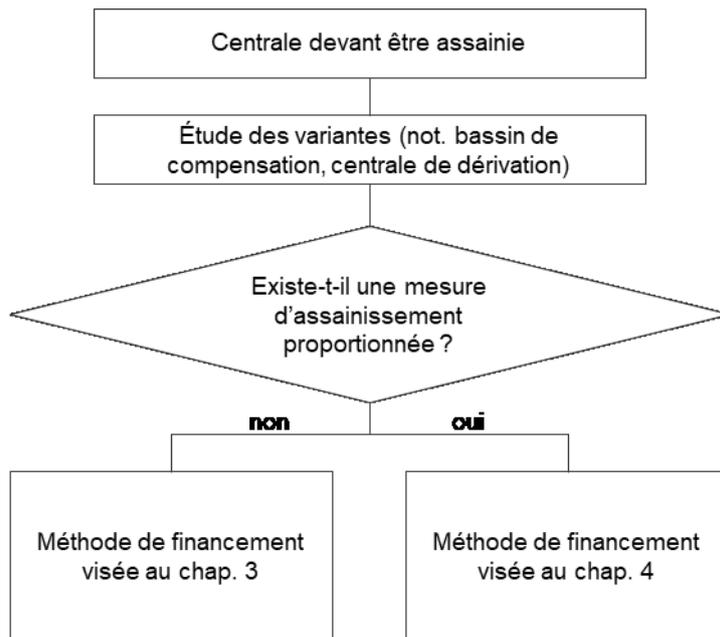


Fig. 1 Schéma sur la façon de déterminer la contribution financière pour une centrale à dérivation

### 3 Méthode de financement pour les centrales à dérivation lorsqu'il n'existe pas de variante d'assainissement proportionnée

Le montant de la contribution attribuée pour une centrale à dérivation est fixé en fonction de son utilité au sens de l'art. 39a LEaux. La démarche repose sur les points clés suivants :

- Les critères d'évaluation de l'utilité correspondent à l'art. 39a, let. a-e, LEaux ; à noter que les let.a et b sont appréciées indépendamment de la mesure d'assainissement qui est choisie.
- Les critères sont de valeur égale ; ils sont pris en compte et pondérés de façon équivalente.
- L'utilité est représentée au moyen de « points de valeur utile » (PVU) qui se répartissent sur une échelle allant de 0 (pas d'utilité) à 4 (très grande utilité). Le nombre des critères s'élevant à 5, la valeur maximale est de 20 PVU.
- Il existe pour chaque critère, c'est-à-dire pour chaque let. a-e, une méthode spécifique pour déterminer le nombre de PVU.
- La contribution financière par PVU est définie sur la base de 6<sup>2</sup> millions francs/km, qui correspond à la limite du principe de proportionnalité :

$$6 \text{ millions fr./km} : 20 \text{ PVU} = 0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)}^3$$

<sup>2</sup> Les bases légales ne permettent pas de déterminer un montant limite exact pour le principe de proportionnalité en millions de francs. Sur la base de projets d'assainissement connus, les coûts spécifiques supérieurs à 6 millions de francs/km sont cependant généralement sujets à caution sur le plan de ce principe. Sur des petits cours d'eau ou sur des cours d'eau dont le potentiel écologique est faible, certains coûts peuvent être disproportionnés sans même atteindre 6 millions de francs/km. Sur des tronçons de cours d'eau dont la valeur écologique est particulièrement élevée pour le bassin versant dans son ensemble, des coûts supérieurs à 6 millions de francs/km peuvent toutefois être proportionnés.

<sup>3</sup> Pour la lettre e, la valeur utile est corrélée avec la production énergétique, c'est-à-dire que  $PVU = f(GWh)$  et ce point est *indépendant* de la longueur du cours d'eau : par conséquent, une contribution financière spécifique est définie pour les PVU de la lettre e (cf. annexe).

- Il en résulte que la contribution financière partielle  $F_i$  par critère  $i$  est calculée comme suit :  

$$F_i = 0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times PVU_i \times km_i^4$$
 et pour le let. e :  $F_e = 6,5 \text{ millions fr./ PVU} \times PVU_e$
- Le montant global du financement ( $F_{LEaux}$ ) correspond à la somme des cinq contributions financières partielles.

Cette démarche est illustrée dans l'exemple fictif ci-après.

#### Exemple fictif 1 :

- L'étude des variantes conclut à deux variantes envisageables : un bassin de compensation à 100 millions de francs ou une centrale à dérivation. La production énergétique annuelle moyenne de la centrale à dérivation s'élève à 200 GWh.
- La longueur du cours d'eau est de 10 km.
- À 100 millions de francs/10 km, soit 10 millions de francs/km, les coûts du bassin de compensation sont au-dessus de la limite du principe de proportionnalité.

La centrale à dérivation affiche pour les let. a-e les points de valeur utile indiqués dans le tableau 1 :

Tab. 1 Détermination des points de valeur utile

Art. 39a, al. 2, LEaux		Points de valeur utile
let. a.	gravité des atteintes portées au cours d'eau	1
let. b.	potentiel écologique du cours d'eau	2
let. c.	proportionnalité des coûts	2
let. d.	protection contre les crues	0
let. e.	promotion des énergies renouvelables	4
<b>Total des points de valeur utile</b>		<b>9</b>

Il en résulte les contributions financières suivantes, indiquées dans le tableau 2 :

Tab. 2 Détermination de la contribution financière

Contributions financières partielles par let. a-e (art. 39a, al. 2, LEaux)		
$F_a$	$0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times 1 \text{ PVU} \times 10 \text{ km}$	3 millions fr.
$F_b$	$0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times 2 \text{ PVU} \times 10 \text{ km}$	6 millions fr.
$F_c$	$0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times 2 \text{ PVU} \times 10 \text{ km}$	6 millions fr.
$F_d$	$0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times 0 \text{ PVU} \times 10 \text{ km}$	0
$F_e$	$6,5 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times 4 \text{ PVU}$	26 millions fr.
<b>Total de la contribution financière au titre de la LEaux</b>		<b>41 millions fr.<sup>5</sup></b>

<sup>4</sup> Pour les lettres a-c : km = longueur écologiquement pertinente du cours d'eau ; pour la let. d : km = longueur du cours d'eau pertinente pour la protection contre les crues (tronçons qui présentent un déficit en matière de protection contre les crues).

<sup>5</sup> La contribution financière ne doit pas engendrer une rentabilité excessive. Le cas échéant, le montant doit être limité en conséquence. Dans les conditions actuelles du marché de l'électricité, ce critère ne devrait pas jouer un rôle déterminant, hormis pour les installations bénéficiant d'une rétribution de l'injection axé sur les coûts ou d'un autre type de subvention.

Les différentes méthodes utilisées pour déterminer les PVU des let. a-e sont expliquées en annexe.

#### 4 Méthode de financement pour les centrales à dérivation lorsqu'il existe une variante d'assainissement proportionnée

Lorsque l'étude des variantes aboutit à une solution d'assainissement considérée comme étant proportionnée (p. ex. bassin de compensation, etc.), il convient de procéder comme suit pour déterminer le montant de la contribution à attribuer pour une centrale à dérivation:

- Les coûts de la variante d'assainissement proportionnée sont utilisés comme base de calcul.
- Les points de valeur utile sont calculés pour la variante d'assainissement proportionnée ainsi que pour la centrale à dérivation(même méthode qu'au point 3).
- Le montant de la contribution financière correspond aux coûts de la variante d'assainissement proportionnée multipliés par le rapport entre les points de valeur utile de la centrale à dérivation et ceux de la variante d'assainissement proportionnée.

##### Exemple fictif 2 :

- Il résulte de l'étude des variantes qu'un bassin de compensation coûterait 15 millions de francs.
- Le tronçon concerné est long de 10 km.
- Les coûts pour le bassin de compensation, estimés à 15 millions fr./ 10 km = 1,5 million / km, sont considérés comme étant proportionnés.
- Au lieu de réaliser le bassin de compensation, il est envisagé de construire une centrale à dérivation avec une production énergétique annuelle moyenne de 25 GWh, qui permettrait également d'éliminer l'atteinte grave.

Les deux variantes (bassin de compensation et centrale avec dérivation) affichent pour les lettres a-e les points de valeur utile indiqués dans le tableau 3 :

Tab. 3 Détermination des points de valeur utile

<i>Mesure d'assainissement</i>		<i>Bassin de compensation</i>	<i>Centrale avec dérivation</i>
<i>Art. 39a, al. 2, LEaux</i>		<i>Points de valeur</i>	<i>Points de valeur</i>
<i>let. a.</i>	gravité des atteintes portées au cours d'eau	2	2
<i>let. b.</i>	potentiel écologique du cours d'eau	3	3
<i>let. c.</i>	proportionnalité des coûts	3	1
<i>let. d.</i>	protection contre les crues	0	0
<i>let. e.</i>	promotion des énergies renouvelables	0	0,67

**Total des points de valeur utile**

**8**

**6,67**

**Total de la contribution financière au titre de la LEaux, 15 millions fr. x 6,67 PVU / 8 PVU = 12,5 millions fr.**

# Annexes - Méthodes de détermination des points de valeur utile (PVU) pour l'art. 39a, al. 2, let. a-e LEaux

## Remarque préliminaire concernant les méthodes de détermination des PVU pour les lettres a-c (écologie des eaux) :

- Étant donné qu'il a été exigé que les méthodes puissent être appliquées de façon pragmatique dans l'ensemble du pays, elles sont le résultat d'un compromis entre des critères simples (critères hydrologiques, qui peuvent être définis de manière simple et sans occasionner de frais importants, mais qui ne prennent en compte que de façon limitée les différents types de cours d'eau pouvant entrer en ligne de compte) et des critères spécifiques (qui représentent mieux les différents types de cours d'eau mais qui supposent une évaluation par des experts et engendrent donc davantage de frais).
- La présente méthodologie doit être mise à jour à intervalles réguliers afin de suivre l'état des connaissances et d'intégrer les conclusions tirées de la pratique.
- Il faut définir l'état du cours d'eau sur lequel on se base pour l'évaluation. Pour cela, il convient de considérer, d'une part, « l'état actuel conforme à la loi », avec le régime d'exploitation actuel de la centrale qui occasionne des éclusées et, d'autre part, le débit résiduel en supposant que les assainissements ont été effectués (le délai de 2012 est échu), tout en prenant en compte les autres assainissements éventuels (concernant la libre migration des poissons, le charriage, la revitalisation). À noter qu'il convient de prendre en compte un état hypothétique mais réaliste, qui serait possible dans le cadre de la concession en vigueur et avec les constructions existantes, et qui représente les assainissements légaux nécessaires (débit résiduel, etc.), c'est-à-dire « l'état conforme à la loi avec mode d'exploitation adapté ». Pour des raisons pragmatiques, il est proposé d'utiliser la valeur moyenne entre les deux états pour déterminer les PUV (cf. annexe 3).
- Au début, il convient toujours de définir le périmètre à prendre en compte, c'est-à-dire de définir quels sont les cours d'eau concernés et sur lesquels reposera l'évaluation. Parfois, si l'évaluation est différente selon les endroits du parcours, il peut être nécessaire de répartir ces cours d'eau en tronçons. Les évaluations par tronçon doivent ensuite être agrégées afin d'établir le total des PVU par lettre (cf. annexe 3).

## **Annexe 1 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre a « Gravité des atteintes portées au cours d'eau »**

$$F_a = 0,3 \text{ million CHF/ (PVU, km)} \times PVU_a \times km_a$$

On entend par gravité des atteintes portées au cours d'eau le degré de l'atteinte causée par les éclusées actuelles résultant de la centrale hydraulique devant être assainie.

La méthode selon laquelle le degré de gravité est classé dans les PVU s'appuie avant tout sur le rapport entre le débit d'éclusee et le débit plancher et sur l'indicateur « échouage de poissons ».

$km_a$  correspond à la longueur du tronçon du cours d'eau qui subit une atteinte grave en raison des éclusées occasionnées par la centrale hydraulique devant être assainie. Lorsque les tronçons concernés s'étendent sur une longue distance, le degré de l'atteinte peut diminuer plus on se situe en aval de la centrale. C'est pourquoi il convient de réaliser une représentation adéquate en tronçons et de déterminer des moyens pondérés en fonction de la longueur.

## Degré de gravité de l'atteinte : principes

Idée de base : plus le degré de l'atteinte due aux éclusées générées par la centrale hydraulique soumise à l'obligation d'assainir est élevé, plus il est important d'assainir la centrale et plus le nombre de points de valeur utile attribués augmente.

Le degré de gravité de l'atteinte causée par les éclusées est évalué sur la base des critères suivants :

- rapport entre le débit d'éclusee et le débit plancher
- échouage de poissons, évalué au stade larvaire

Le degré de gravité de l'atteinte dépend de la situation actuelle (ou de l'état d'évaluation, cf. annexe 3). Il est indépendant de la mesure d'assainissement choisie.

On procède à une évaluation par tronçons puis on utilise une moyenne pondérée en fonction de la longueur des tronçons (cf. annexe 3, étape de traitement 3.2, concernant la répartition des tronçons des cours d'eau).

# Rapport entre débit d'éclusee et débit plancher : définition

- rapport représentatif des débits pendant les phases d'éclusee et les phases plancher.
- 80 % - quantile des rapports entre le débit maximum journalier ( $Q_{max}$ ) et le débit minimum journalier ( $Q_{min}$ ) sur un échantillon représentatif.
- Prise en compte des données de mesure d'au moins 2 mois durant la saison où les rapports entre débit d'éclusee et débit plancher sont les plus élevés.

## Échouage de poissons (stade larvaire) : définition

- Toujours prendre en compte des tronçons de cours d'eau où des larves de poissons sont susceptibles d'être présentes et où un échouage est envisageable (cf. critère de la morphologie la plus sensible, selon Baumann et al. 2012).  
*Cet indicateur n'est par exemple pas utilisé sur un tronçon complètement canalisé où le lit est toujours mouillé pendant les éclusées.*
- On utilise les limites de classe de l'aide à l'exécution « Éclusées – Mesures d'assainissement » (annexe C, indicateur P2) pour la lumière du jour.
- Seule la période du stade de développement « larvaire » est prise en compte, car, à ce stade, le risque d'échouage est accru. Les mêmes limites de taux de descente du niveau d'eau s'appliquent pour les truites fario et les ombres communs.
- Il convient de déterminer les mois à prendre en compte en fonction de l'espèce de poisson principale présente (ombres / truites fario) et du cours d'eau.

## Échouage de poissons (stade larvaire) : détermination

- Il convient de prendre en compte les mesures ou les hydrogrammes d'une période de débit représentative, avec des stades larvaires et des éclusées de large amplitude (hypothèse du pire cas possible).
- La surface mise à sec peut, selon les cours d'eau et les exigences, être calculée de façon détaillée, au moyen de modélisations en 2D, ou sommairement, avec des profils transversaux et des modèles en 1D.
- Dans la présente méthode, l'évaluation de l'indicateur est basée sur les fonctions de valeur selon les tableaux suivants de l'Éclusées – Mesures d'assainissement, annexe C, indicateur P2 :
  - tab. C7 : surfaces mises à sec
  - tab. C8 : taux de descente du niveau d'eau pour les larves d'ombre et de truite fario durant la journée
  - tab. C11 : agrégation des critères pour obtenir l'évaluation globale
- Fonction de valeur pour atteindre la valeur cible : 95 % - quantile

# Échouage de poissons (stade larvaire) : échelle d'évaluation

Tab. C7

Fonction de valeur pour les surfaces mises à sec.

Évaluation	État	Critère : pourcentage des surfaces mises à sec (sur l'ensemble de la surface inondée)
	excellent	< 10 %
	bon	≥ 10 < 30 %
	moyen	≥ 30 < 40 %
	médiocre	≥ 40 < 50 %
	mauvais	≥ 50 %

Tab. C8

Fonctions de valeur des taux de descente du niveau d'eau pour les larves d'ombre et de truite fario durant la journée.

Évaluation	État	Critère : taux de descente du niveau d'eau (cm/min)
	excellent	< 0,2
	bon	≥ 0,2 < 0,3
	moyen	≥ 0,3 < 0,4
	médiocre	≥ 0,4 < 0,5
	mauvais	≥ 0,5

Tab. C11

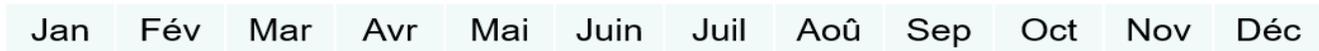
Agrégation des critères « surfaces mises à sec » et « taux de descente du niveau d'eau » pour obtenir l'évaluation globale de l'indicateur F2\*.

		Critère : pourcentage des surfaces mises à sec (sur l'ensemble de la surface inondée)				
		excellent	bon	moyen	médiocre	mauvais
Critère : taux de descente du niveau d'eau	mauvais	moyen	médiocre	médiocre	mauvais	mauvais
	médiocre	bon	médiocre	médiocre	médiocre	mauvais
	moyen	bon	moyen	médiocre	médiocre	médiocre
	bon	bon	bon	bon	bon	moyen
	excellent	excellent	bon	bon	bon	bon

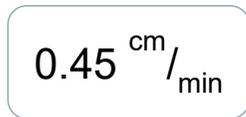
# Échouage de poissons (stade larvaire) : Exemple

## Exemple pour un tronçon

Mois durant lesquels les larves de poisson sont particulièrement sensibles

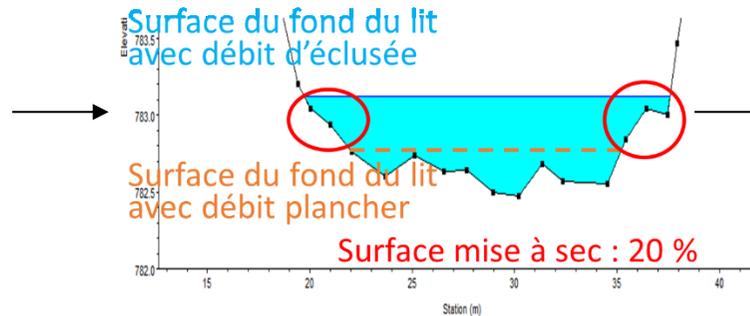


Taux de descente, 95 % quantile mar-avr



Tab. C8 : médiocre

Surface mise à sec, 95 % quantile mar-avr



Tab. C7 : bon

Évaluation globale :

Tab. C11 : médiocre

## Degré de gravité de l'atteinte

- Déduction du nombre de PUV sur la base du rapport entre débit d'éclusee et débit plancher et l'échouage de poissons, par tronçon
- Interpolation entre les limites de classes

Points de valeur utile en fonction du degré de gravité de l'atteinte avant la réalisation de mesures (état d'évaluation, cf. explications à l'annexe 3, étape 1)

<b>Rapport entre débit d'éclusee et débit plancher</b>	> 15	2	2	3	4	4
	8 – 15	2	2	3	3	4
	4 – 8	1	1	2	3	3
	1,5 – 4	1	1	1	2	2
	0 – 1,5	0	0	0	0	0
		très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais

**Échouage de poissons**

- Valeur moyenne pondérée en fonction de la longueur uniquement sur les tronçons situés dans le périmètre d'examen où il y a atteinte due aux éclusées (cf. annexe 3, étape 3.2, pour la formation des tronçons)

## **Annexe 2 : Détermination des points de valeur utile pour la lettre b « Potentiel écologique du cours d'eau »**

$$F_b = 0,3 \text{ million CHF/ (PVU, km)} \times PVU_b \times km_b$$

Conformément à l'art. 33 OEaux, on entend par potentiel écologique l'importance écologique du cours d'eau. Des critères spécifiques à cet aspect sont définis dans l'aide à l'exécution sur la revitalisation des cours d'eau - planification stratégique. Les cantons ont précisé dans la planification stratégique de leurs cours d'eau quel était le potentiel écologique de ces derniers. La méthode de détermination des points de valeur utile s'appuie, d'une part, sur ces critères ou sur l'évaluation des cantons. D'autre part, afin d'intégrer une « perspective nationale » dans l'évaluation de l'importance écologique, la taille des cours d'eau (le débit moyen est utilisé en guise d'indicateur) est également prise en compte pour déterminer les  $PVU_b$ .

$km_b = km_a$  ; lorsque les tronçons concernés sont longs, l'importance écologique peut varier selon les tronçons. C'est pourquoi il convient de réaliser une représentation adéquate en tronçons et de déterminer des moyens pondérés en fonction de la longueur.

## Potentiel écologique : explication

Conformément à l'art. 33a OEaux et au rapport explicatif y relatif, le potentiel écologique d'un cours d'eau qui n'est pas proche de l'état naturel correspond à l'importance écologique qu'il pourrait revêtir après réparation des atteintes nuisibles causées par l'homme, dans la mesure où le permettent des moyens proportionnés.

Des critères spécifiques à cet aspect sont définis dans l'aide à l'exécution sur la planification de la revitalisation des cours d'eau. Ils reposent principalement sur l'état actuel (aires protégées p. ex.) et doivent donc être complétés par des connaissances d'experts. Les cantons ont établi le potentiel écologique.

Afin d'ajouter une perspective nationale dans l'évaluation de l'importance écologique, la taille des cours d'eau, basée sur leur débit moyen, entre dans la détermination des points de valeur utile.

## Potentiel écologique : principes

Idée de base : plus l'importance écologique potentielle d'un cours d'eau est élevée, plus il est important de l'assainir et plus le nombre de points de valeur utile attribués augmente.

Le potentiel écologique est évalué au moyen des critères suivants :

- potentiel écologique selon les planifications cantonales de revitalisation (perspective cantonale), éventuellement corrigée par des experts
- taille du cours d'eau (perspective nationale)

Le potentiel écologique dépend du cours d'eau qui doit être assaini et est indépendant de la mesure d'assainissement choisie.

On procède à une évaluation par tronçon (cf. formation des tronçons à l'annexe 3, étape 3.2) puis on utilise une moyenne pondérée en fonction de la longueur.

## Potentiel écologique : détermination

- Débit moyen naturel MQ
- Potentiel écologique d'après le plan de revitalisation (év. corrigé)
- Interpolation entre les limites de classe

		MQ naturel [m <sup>3</sup> /s]	Points de valeur utile en fonction du potentiel écologique				
Taille du cours d'eau devant être assaini	très petit	< 0,25	0	0	1	1	2
	petit - moyen	0,25 – 2	0	0	1	2	2
	moyen - grand	> 2 – 10	0	1	2	2	3
	grand -très grand	> 10 – 50	1	2	2	3	4
	grandes rivières	> 50	2	2	3	4	4
			très faible	faible	moyen	grand	très grand
			potentiel écologique (d'après Revitalisation - planification stratégique)				

- valeur moyenne pondérée des tronçons du cours d'eau dans le périmètre d'examen affecté par les éclusées

# Potentiel écologique (exemple)

Le potentiel écologique est déterminé pour chaque tronçon affecté par les éclusées en tenant compte du débit (MQnat) dans le périmètre examiné, puis il est agrégé avec une pondération en fonction de la longueur.

	MQnat - potentiel écol.	PVU par tronçon	Pondération des tronçons (longueur)
Tronçon 1		→ 3,2	30 %
Tronçon 2		→ 4,5	11 %
Tronçon 3		→ 4,0	45 %
Tronçon 4		→ 1,2	14 %
<b>Total des points de valeur utile (PVU)</b>		<b>3,4</b>	

### **Annexe 3 : Détermination des points de valeur utile pour la let. c « Proportionnalité des coûts »**

$$F_c = 0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times PVU_c \times km_c$$

Le principe de proportionnalité des coûts comporte deux aspects : a) la proportionnalité des coûts et b) l'utilité. a) représente les coûts proportionnés, critères des let. a-e considérés dans leur ensemble, et cet aspect est compris dans la méthode de la limite du principe de proportionnalité des coûts de 6 millions de francs/km. Dans l'aspect b), on apprécie l'amélioration apportée par la mesure d'assainissement, à moins que celle-ci ait déjà été prise en compte dans les autres lettres. Étant donné que l'amélioration de la protection contre les crues ainsi que la promotion des énergies renouvelables sont considérées aux let. d et e, seule l'amélioration en ce qui concerne l'écologie des eaux due à la centrale à dérivation est prise en compte pour la détermination des  $PVU_c$ <sup>6</sup>.

Dans la méthode  $PVU_c$ , on établit un bilan écologique de la centrale à dérivation dans lequel on oppose l'amélioration de la situation relative aux éclusées à la détérioration qui résulte de la réduction du débit à la suite de la dérivation et des canaux de débit résiduel associés aux nouveaux aménagements des cours d'eau latéraux.

---

<sup>6</sup> Les lettres a et b sont évaluées indépendamment de la mesure choisie.

## Proportionnalité : principes

La caractéristique proportionnée dépend de la mesure d'assainissement choisie.

Pour déterminer les points de valeur utile à attribuer pour le caractère proportionné, on évalue les **améliorations de la situation écologique des cours d'eau**.

(Les autres aspects de la proportionnalité sont déjà pris en compte, voir la page précédente.)

On détermine l'amélioration écologique du cours d'eau à partir du bilan entre les réductions des atteintes dues aux éclusées et les nouvelles dégradations qui résultent de la dérivation (nouveaux tronçons pour les débits résiduels).

On procède à une évaluation par tronçon puis on effectue une pondération en fonction de la longueur, du potentiel écologique et du débit (formule de pondération  $l * (m + \ddot{o})$  selon l'étape 5).

# Détermination de l'amélioration de la situation écologique d'un cours d'eau : principes

- La méthode présentée ci-après permet de comparer différentes atteintes écologiques causées aux cours d'eau par les centrales hydrauliques. Elle ne convient que pour les cas où un assainissement par dérivation est prévu.
- La méthode adopte une **approche pragmatique** afin de pouvoir comparer à un haut niveau les différentes atteintes écologiques auxquelles sont exposés les cours d'eau.
- La méthode doit pour l'essentiel être applicable au moyen d'examens et de **données déjà disponibles**.
- L'objectif est de mettre à disposition une méthode robuste qui permette de représenter et de comparer les **principales atteintes** causées par les éclusées et les débits résiduels. La méthode doit être applicable dans l'ensemble de la Suisse et produire des résultats comparables.

## Étapes de travail pour déterminer l'amélioration de la situation écologique apportée au cours d'eau par la variante d'assainissement

1. Définir les états à considérer

2. Définir les critères à traiter (délimitation thématique)

3.1 Déterminer le périmètre à considérer (délimitation spatiale)

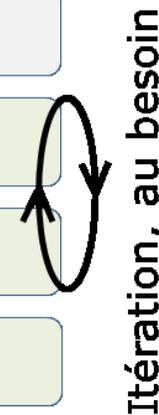
3.2 Former des tronçons (différenciation spatiale)

4.1 Décrire les tronçons au moyen des critères

4.2 Évaluer les tronçons au moyen des critères

5. Pondérer et agréger

6. Établir un bilan



## 1. États à considérer

a)	<b>État actuel</b>
b)	<b>État conforme à la loi <sup>1)</sup></b> débit résiduel suite aux assainissements effectués (délai de fin 2012 échu), les autres assainissements éventuels doivent être pris en compte (not. charriage, libre migration des poissons, revitalisations), mais sans l'assainissement des éclusées
c)	<b>État conforme à la loi avec mode d'exploitation adapté <sup>2)</sup></b> comme b) et avec la prise en compte du mode d'exploitation adapté de la centrale hydraulique causant des éclusées
d)	<b>État avec la mesure d'assainissement 1 <sup>3)</sup></b> (généralement la centrale à dérivation) « <i>variante évaluée</i> »

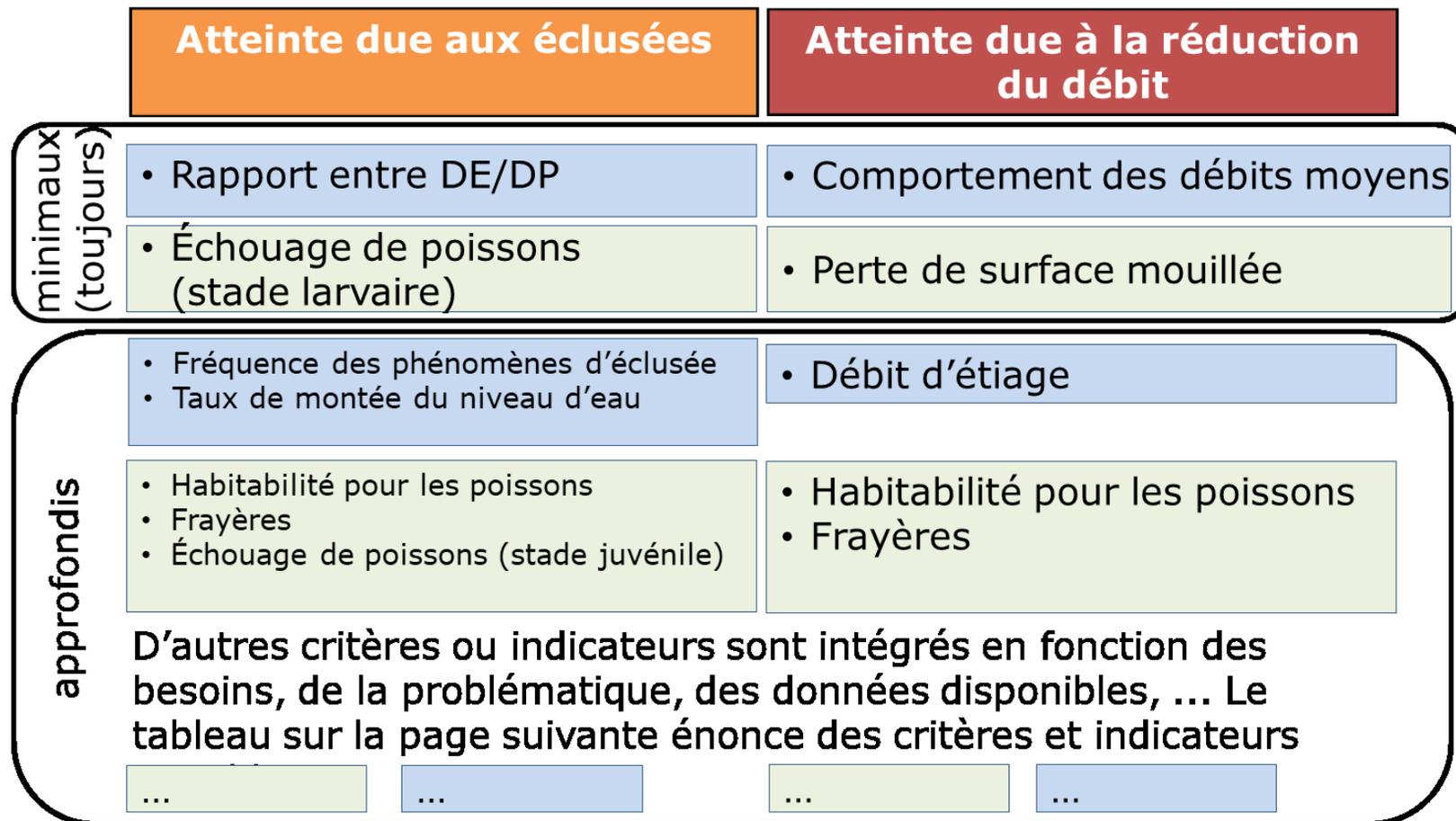
(1), (2), (3) Voir page suivante pour les remarques

Pour des raisons pragmatiques, il est proposé d'utiliser pour l'évaluation globale la moyenne des PVU résultant de la comparaison (état delta d - b) et (delta d - c).

## Remarques concernant les états à considérer

- <sup>1</sup> Ce ne sont pas les modifications par rapport à l'état actuel qui sont pertinentes mais un état hypothétique dans lequel les assainissements qui sont en tout état de cause nécessaires au niveau de la gestion des débits résiduels ou au niveau d'autres mesures relatives à la protection des eaux sont déjà effectués (selon Éclusées, Mesures d'assainissement, chap. 4.2). Il convient de définir des hypothèses plausibles.
- <sup>2</sup> Si les possibilités juridiques et techniques ne sont pas pleinement exploitées par la concession en place dans l'exploitation actuelle de la centrale hydraulique à l'origine des éclusées, il convient de prendre en compte une exploitation qui serait possible dans le cadre de la concession en vigueur, avec les constructions existantes. Ce mode d'exploitation adapté doit cependant être judicieux et réaliste et ne pas reposer sur une simple hypothèse.  
→ évaluation par des experts
- <sup>3</sup> S'il y a d'autres installations qui causent des éclusées dans la zone examinée, il convient de les coordonner et de considérer toutes les installations conjointement. Les atteintes qui sont aggravées par la réduction du débit de la centrale à dérivation et qui sont dues à des éclusées causées par d'autres installations doivent être intégrées dans la préparation des données et l'établissement du bilan.

## 2. Sélectionner les critères et indicateurs



**Indice couleurs :**

*Indicateurs relatifs au caractère naturel du régime de débit*

*Indicateurs relatifs au caractère naturel de l'habitat aquatique*

## Liste de critères et d'indicateurs possibles (non exhaustive)

	Critères	Indicateurs	
1	<input checked="" type="checkbox"/> Caractère naturel du régime de débit	a) Évaluation des éclusées <input checked="" type="checkbox"/> 1. Rapport entre DE/DP <input type="checkbox"/> 2. Taux de descente du niveau d'eau <input type="checkbox"/> 3. Taux de montée du niveau d'eau <input type="checkbox"/> 4. Fréquence	B) Évaluation de la réduction du débit <input type="checkbox"/> ... <input checked="" type="checkbox"/> 1. Comportement des débits moyens <input type="checkbox"/> 2. Débit d'étiage <input type="checkbox"/> 3. Dynamique de crue
2	<input type="checkbox"/> Habitat aquatique	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Échouage de poissons (stade larvaire) <input type="checkbox"/> 3. Habitabilité pour les poissons <input type="checkbox"/> 4. Frayères <input type="checkbox"/> 5. Échouage de poissons (stade juvénile) <input type="checkbox"/> 6. Pertes de surfaces mouillées	<input checked="" type="checkbox"/> 2. Pertes de surfaces mouillées <input type="checkbox"/> 7. Habitabilité pour le MZB <input type="checkbox"/> ... <input type="checkbox"/> 8. Zones alluviales <input type="checkbox"/> 9. Colmatage interne <input type="checkbox"/> 10. Colmatage externe
5	<input type="checkbox"/> Qualité de l'eau	<input type="checkbox"/> 1. Turbidité <input type="checkbox"/> 2. Température <input type="checkbox"/> 3. Nutriments	<input type="checkbox"/> 4. Polluants <input type="checkbox"/> ... <input type="checkbox"/> 5. Oxygène
6	<input type="checkbox"/> Eaux souterraines	<input type="checkbox"/> 1. Alimentation des eaux souterraines	<input type="checkbox"/> 2. Mise à sec <input type="checkbox"/> ...
7	<input type="checkbox"/> Morphologie	<input type="checkbox"/> 1. Écomorphologie <input type="checkbox"/> 2. Longueur du rivage	<input type="checkbox"/> 3. Variabilité de la largeur du lit mouillé <input type="checkbox"/> ... <input type="checkbox"/> 4. Aménagement ponctuel
8	<input type="checkbox"/> Charriage	<input type="checkbox"/> 1. Charriage sans obstacle	<input type="checkbox"/> 2. Dynamique du charriage <input type="checkbox"/> ...
9	<input type="checkbox"/> Libre migration des poissons	<input type="checkbox"/> 1. Profondeur de l'eau <input type="checkbox"/> 2. Réseau longitudinal	<input type="checkbox"/> 3. Réseau latéral <input type="checkbox"/> ... <input type="checkbox"/> ...

Évaluation minimale, critères/indicateurs qui doivent toujours être évalués.

Évaluation approfondie, évaluer en fonction des besoins, de la problématique, des données disponibles.

## Évaluation « minimale » vs « approfondie »

Évaluation minimale	Évaluation approfondie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• doit toujours être effectuée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• en fonction des besoins, de la problématique, des données disponibles</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• méthodes et échelles d'évaluation définies</li> </ul>	selon l'indicateur choisi : <ul style="list-style-type: none"> <li>• sur la base de méthodes existantes</li> <li>• évaluations d'experts</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pas d'adaptation par expertise de l'évaluation des tronçons</li> <li>• adaptation possible des états à considérer, justifiée par expertise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• appréciation par expertise au niveau de « l'évaluation des tronçons » et</li> <li>• adaptation par expertise des états à considérer</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• généralement possible sans relevés sur le terrain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• selon les bases disponibles, des relevés sur le terrain peuvent se révéler nécessaires</li> </ul>

## Définition des critères et indicateurs et discussion à ce propos

Les définitions sont applicables pour l'évaluation des améliorations écologiques lorsque les éclusées sont assainies par de nouvelles dérivations, pas dans d'autres contextes. Dans la mesure du possible, on reprend des définitions et échelles d'évaluation existantes. Autrement, de nouvelles définitions sont établies de façon pragmatique.

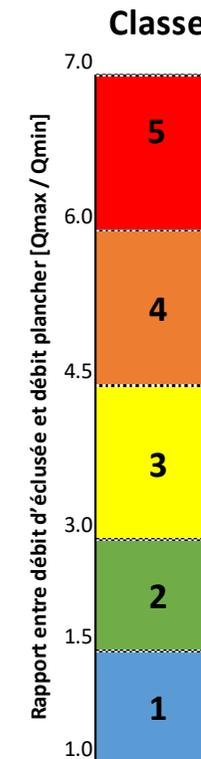
## Indicateurs visant à évaluer les éclusées : explications

- Il ressort d'études antérieures qu'en évaluant les atteintes portées aux cours d'eau selon le HYDMOD-R, l'amplitude des éclusées a tendance à être trop prise en compte et le taux de descente du niveau de l'eau insuffisamment.
- Voilà pourquoi, dans les tronçons de cours d'eau où des larves de poissons sont susceptibles d'être présentes et où un échouage est envisageable (cf. critère de la morphologie la plus sensible, selon Baumann et al. 2012), on intègre toujours également l'indicateur « échouage de poissons ».  
(Si p. ex. la surface mouillée ne change pas entre le débit d'éclusee et le débit plancher, cet indicateur ne doit pas être pris en compte.)
- Un régime d'éclusee constitue cependant également une atteinte à l'écologie d'un cours d'eau lorsque le taux de descente du niveau d'eau évolue très lentement. C'est pourquoi l'indicateur « échouage de poissons » ne suffit pas non plus et est combiné avec celui du rapport entre débit d'éclusee et débit plancher.

## Rapport entre débit d'éclusee et débit plancher : définition

Indicateur de l'approche minimale

- Rapport représentatif des débits pendant les phases d'éclusee et les phases plancher
- 80 % - quantile des rapports entre le débit maximum journalier et le débit minimum journalier sur un échantillon représentatif
- Prise en compte des mesures d'au moins 2 mois durant la saison où les rapports entre débit d'éclusee et débit plancher sont les plus élevés
- Source : échelle d'évaluation inspirée du HYDMOD-R



# Échouage de poissons (stade larvaire)

Indicateur de l'approche minimale

- Voir la définition, la détermination et l'exemple dans l'annexe 1.

Tab. C7

Fonction de valeur pour les surfaces mises à sec.

Évaluation	État	Critère : pourcentage des surfaces mises à sec (sur l'ensemble de la surface inondée)
	excellent	< 10 %
	bon	≥ 10 < 30 %
	moyen	≥ 30 < 40 %
	médiocre	≥ 40 < 50 %
	mauvais	≥ 50 %

Tab. C8

Fonctions de valeur des taux de descente du niveau d'eau pour les larves d'ombre et de truite fario durant la journée.

Évaluation	État	Critère : taux de descente du niveau d'eau (cm/min)
	excellent	< 0,2
	bon	≥ 0,2 < 0,3
	moyen	≥ 0,3 < 0,4
	médiocre	≥ 0,4 < 0,5
	mauvais	≥ 0,5

Tab. C11

Agrégation des critères « surfaces mises à sec » et « taux de descente du niveau d'eau » pour obtenir l'évaluation globale de l'indicateur F2\*.

		Critère : pourcentage des surfaces mises à sec (sur l'ensemble de la surface inondée)				
		excellent	bon	moyen	médiocre	mauvais
Critère : taux de descente du niveau d'eau	mauvais	moyen	médiocre	médiocre	mauvais	mauvais
	médiocre	bon	médiocre	médiocre	médiocre	mauvais
	moyen	bon	moyen	médiocre	médiocre	médiocre
	bon	bon	bon	bon	bon	moyen
	excellent	excellent	bon	bon	bon	bon

## Fréquence des phénomènes d'éclusée : définition

- Nombre des phénomènes d'éclusée par 24 heures, valeur moyenne d'une série représentative
- Les régimes de débit où les phénomènes d'éclusée sont très nombreux doivent être considérés comme étant moins bons que les autres.
- On utilise un « malus » afin de déclasser l'évaluation résultant d'autres indicateurs. (Voir l'étape agrégation)
- Échelle d'évaluation inspirée de l'évaluation des pics de température dans l'aide à l'exécution « Assainissement des éclusées - Planification stratégique » :

Nombre des phénomènes d'éclusée	Évaluation
$\leq 5$ phénomènes / 24h	pas de déclassement
$> 5$ phénomènes / 24h	déclassement d'un échelon

## Taux de montée du niveau d'eau : définition

- On utilise un « malus » afin de déclasser l'évaluation résultant d'autres indicateurs lorsque les régimes présentent un taux élevé de montée du niveau d'eau. (Voir l'étape agrégation)
- Échelle d'évaluation : les effets du taux de montée du niveau d'eau font encore l'objet de travaux de recherche.
- Il ressort d'essais non encore publiés de dérive avec des macro-invertébrés que les dérives sont plus marquées dès 1,5 cm/min.

Taux de montée du niveau d'eau	Évaluation
< 1,5 cm/min	pas de déclassement
≥ 1,5 cm/min	déclassement d'un échelon

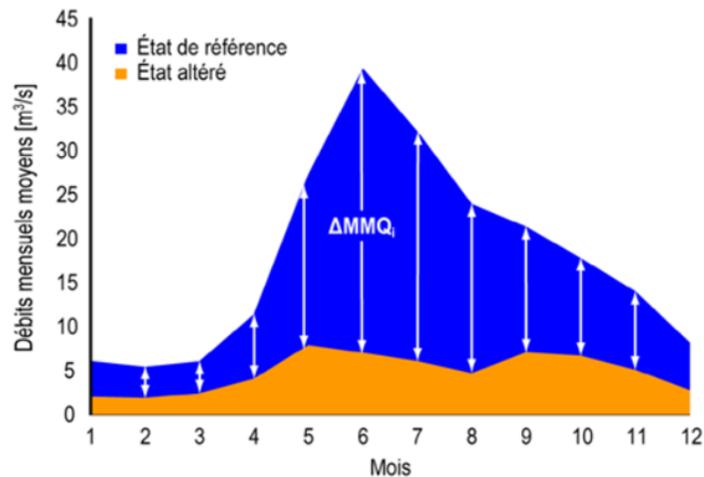
## Comportement des débits moyens : définition

- Cet indicateur évalue la réduction des débits causés par la centrale à dérivation (débits résiduels).
- Évaluation d'après le HYDMOD-R

Indicateur de l'approche minimale

Fig. 16 > Référence naturelle et état altéré

Comportement naturel (référence, série de mesures 1904–1958) et comportement altéré (atteinte, série de mesures 1963–2000) des débits mensuels moyens ainsi que différences  $\Delta MMQ_i$  pour le Brenno à Loderio.



Évaluation de la  $\sum(\Delta MMQ)$  en fonction des types de régime

Fig. 17 > Règle de classement pour le comportement des débits moyens

Classe 1	$R_{r,a} < R_{j,régime\ 50\ \%}$ ou $R_{r,a} < 30\ \%$
Classe 2	$R_{r,a} < R_{j,régime\ 65\ \%}$ ou $R_{r,a} < 45\ \%$
Classe 3	$R_{r,a} < R_{j,régime\ 80\ \%}$ ou $R_{r,a} < 60\ \%$
Classe 4	$R_{r,a} < 85\ \%$
Classe 5	$R_{r,a} \geq 85\ \%$

## Débit d'étiage : définition

- Lorsque le débit résiduel de la centrale à dérivation est nettement inférieur au débit d'étiage naturel, il convient de déclasser la centrale par rapport aux autres indicateurs.
- On utilise pour cela un malus.
- Évaluation d'après le HYDMOD-R

**Fig. 22** > Règle de classement pour le débit d'étiage

*Selon l'ordre de grandeur de la valeur absolue de  $Q_{347,r}$ , il faut utiliser d'autres chiffres. La règle de classement est donnée pour quatre valeurs  $Q_{347,r}$ , les valeurs intermédiaires devant être interpolées; en cas de valeurs inférieures, ce sont les plus petites valeurs qui s'appliquent, en cas de valeurs supérieures, les plus grandes.*

	$Q_{347,r} = 50$ l/s	$Q_{347,r} = 200$ l/s	$Q_{347,r} = 500$ l/s	$Q_{347,r} = 1000$ l/s		
Classe 1	$\Delta Q_{347,r,a} < CV \cdot Q_{347,r}$				Classe selon le HYDMOD-R	Évaluation
Classe 2	$\Delta Q_{347,r,a} < 20\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 25\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 35\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 45\%$	1, 2	pas de déclassement
Classe 3	$\Delta Q_{347,r,a} < 40\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 45\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 55\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 65\%$		
Classe 4	$\Delta Q_{347,r,a} < 65\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 70\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 80\%$	$\Delta Q_{347,r,a} < 85\%$	3	déclassement de 0,5 échelon
Classe 5	$\Delta Q_{347,r,a} \geq 65\%$	$\Delta Q_{347,r,a} \geq 70\%$	$\Delta Q_{347,r,a} \geq 80\%$	$\Delta Q_{347,r,a} \geq 85\%$	4, 5	déclassement d'un échelon

## Perte de surface mouillée : application pour une réduction de débit

Indicateur de l'approche minimale

$$\text{Perte de surface mouillée (\%) par le débit résiduel} = \text{Surface mouillée à l'état d'évaluation (débit médian)} - \text{Surface mouillée à l'état naturel (valeur médiane)}$$

On procède à une évaluation par saison puis les 4 évaluations sont agrégées (moyenne p. ex.)

Données de base nécessaires :

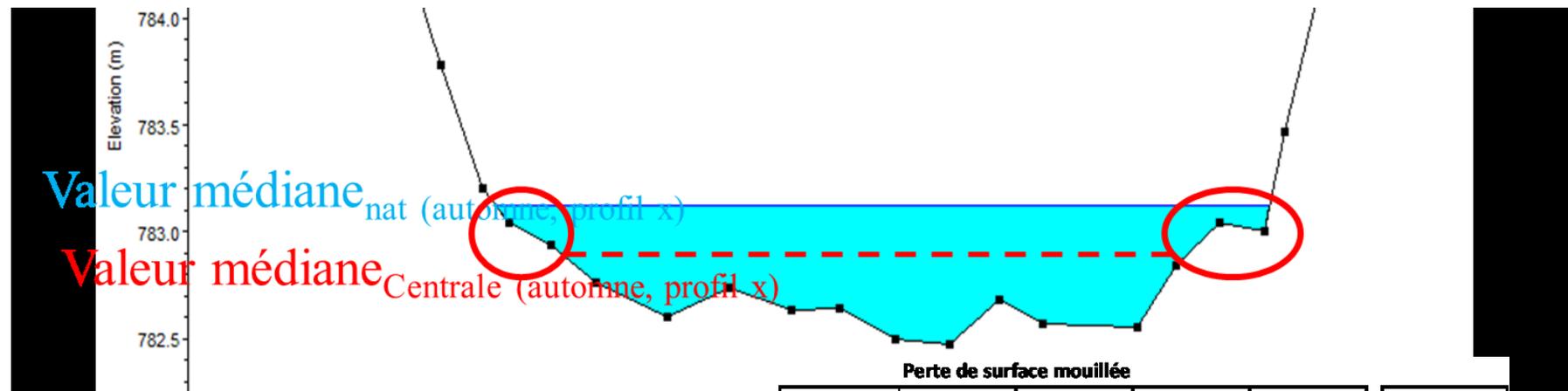
- Débits (valeurs médianes ou, à défaut, moyennes)
- Profils transversaux (OFEV, p. ex.) ou modèle hydraulique

Évaluation	Perte de surface mouillée (%)
excellent	< 5 % ou gain de surface
bon	5 < 10 %
moyen	10 < 20 %
médiocre	20 < 30 %
mauvais	≥ 30 %

## Exemple : perte de surface mouillée

Calcul pour l'ensemble de la distance affectée par les éclusées, avec un modèle hydraulique ou, sous forme simplifiée, avec un modèle de débit en sur la base de profils transversaux

Indicateur de l'approche minimale



Évaluation	Perte de surface mouillée (%)
excellent	< 5 % ou gain de surface
bon	5 < 10 %
moyen	10 < 20 %
médiocre	20 < 30 %
mauvais	≥ 30 %

Tronçon	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
1	14%	7%	6%	12%	10%
2	8%	21%	19%	19%	17%
3	11%	19%	19%	23%	18%
4	14%	16%	17%	20%	17%
5	10%	14%	14%	19%	14%
6	9%	11%	14%	17%	13%
7	5%	7%	8%	13%	8%
8	10%	4%	5%	12%	8%

## Habitabilité pour les poissons : définition

- Perte de surfaces adaptées pour les poissons
- Offre de surface correspondant aux exigences en matière d'habitat de l'espèce de poisson considérée (profondeur de l'eau, vitesse d'écoulement, granulométrie du substrat), à différents stades de développement
- Évaluation des cours d'eau et espèces spécifiques de poissons au moyen de modèles. Pas applicable sans connaissances d'expert
- Inspiré de l'indicateur P6 dans l'aide à l'exécution « Éclusées - Mesures d'assainissement »
- Recommandation : pour les stades de développement peu mobiles (larvaire, juvénile) et lorsque les habitats aux débits d'éclusee et plancher sont éloignés l'un de l'autre, seuls les habitats permanents (d'après l'annexe F dans Éclusées – Mesures d'assainissement) sont à prendre en compte.

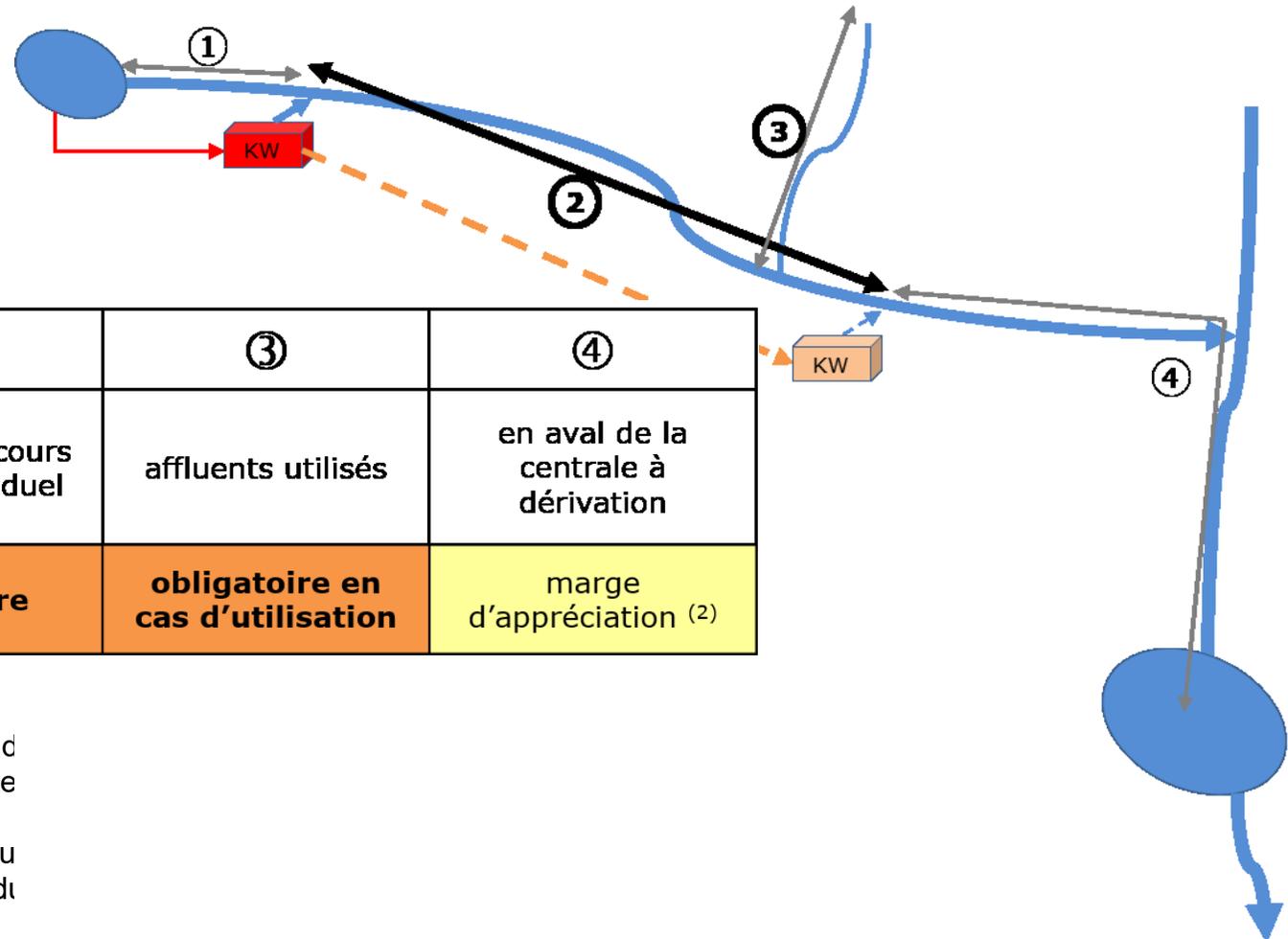


Tab. C13

Fonction de valeur pour le changement de la superficie de l'habitat disponible par rapport à l'état de référence  $Q_{182}$  de la courbe des débits classés.

Évaluation	État	Critère : perte de surface (%)
Excellent	excellent	< 10 ou gain de surface
Bon	bon	10 < 20
Moyen	moyen	20 < 30
Médiocre	médiocre	30 < 50
Mauvais	mauvais	≥ 50

### 3.1 Déterminer le périmètre à considérer (délimitation spatiale)



①	②	③	④
en amont de la centrale fonctionnant par éclusées	nouveau parcours du débit résiduel	affluents utilisés	en aval de la centrale à dérivation
souvent non pertinent <sup>(1)</sup>	<b>obligatoire</b>	<b>obligatoire en cas d'utilisation</b>	marge d'appréciation <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Pertinent avec de nouveaux ouvrages de dérivation ou lorsqu'il y a de longues zones d'écluse

<sup>(2)</sup> Le fait de savoir si et, le cas échéant, justifier les analyses dépend de l'atteinte résiduelle de la qualité de l'eau

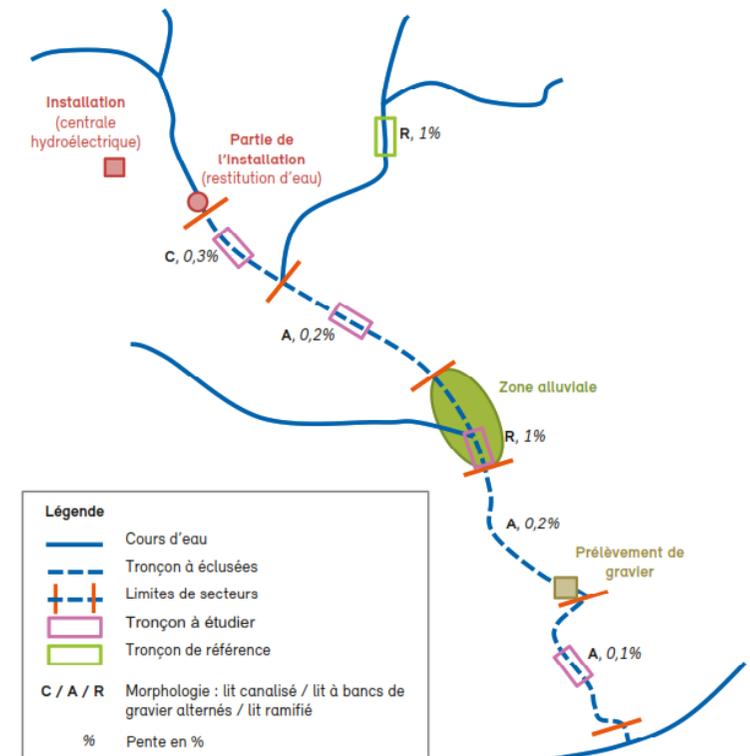
## 3.2 Former des tronçons (différenciation spatiale)

Les tronçons sont formés de façon uniforme, dans la mesure du possible

- conditions de débit, p. ex. délimitations au niveau d'affluents importants
- évent. la morphologie
- évent. des pentes
- ...

Procéder selon l'aide à l'exécution « Éclusées - Mesures d'assainissement »

**Exemple :** répartition du tronçon d'éclusee conf. à Éclusées - Mesures d'assainissement, annexe B



## Commentaires concernant la formation des tronçons

Les tronçons n'ont pas besoin de correspondre à ceux de l'étude des variantes ; des sous-répartitions peuvent par exemple être judicieuses pour la nouvelle situation concernant le débit résiduel.

Dans les situations peu complexes, il peut être indiqué de simplifier la répartition :

1. conserver les tronçons des évaluations existantes (p. ex. ceux de l'étude des variantes ou de l'EIE)
2. former des tronçons moins nombreux mais plus longs

## 4.1 Décrire les tronçons au moyen des critères (de façon quantitative)

Tout d'abord, il convient de décrire les tronçons de cours d'eau. Ensuite seulement, ils sont évalués. Il convient d'effectuer une description pour tous les états d'évaluation, pour tous les tronçons et ce avec tous les critères et indicateurs retenus.

### Exemple pour 4 tronçons et 3 critères (avec 7 indicateurs quantitatifs)

Critères et indicateurs			État conforme à la loi avec le mode d'exploitation adapté					État avec centrale de dérivation				
			Tronçons de cours d'eau					Tronçons de cours d'eau				
			1	2	3	4	...	1	2	3	4	...
Éclusées	Rapport entre débit d'éclusee et débit plancher (1:x)		5	5	4	3,5		1	1	1	3,2	
	Taux de descente du niveau de l'eau avril (cm/min)		1,5	1,5	1,2	1,0		0	0	0	0	
	Fréquence (phénomènes / 24h)		3	3	3	3		0	0	0	3	
	Taux de montée du niveau de l'eau (cm/min)		1,8	1,6	1,4	1,4		0	0	0	1	
	Débits moyens (m <sup>3</sup> /s)		14	16	18	20		5	7	9	11	
	Débit d'étiage (m <sup>3</sup> /s)		3,5	4	4,5	5		2,8	3,0	3,3	3,4	
	...											
Habitat aquatique	Perte de surface mouillée DR (%)							12	15	9	8	
	Surface mise à sec par éclusée avril (%)		22	16	10	9						
	...											

## 4.1 Décrire les tronçons (de façon qualitative)

- Un tableau comme sur la page précédente ne se prête pas forcément à l'appréciation qualitative.
- Dans les appréciations qualitatives faites par les experts, il est fréquent que la description et l'évaluation soient confondues.
- Pour les descriptions tant qualitative que quantitative, il importe de toujours regrouper de façon transparente les bases utilisées et de justifier l'évaluation de façon compréhensive.

## 4.2 Évaluer les tronçons au moyen des critères

- L'évaluation porte sur le degré du caractère naturel dans tous les états considérés.
- Évaluation quantitative / qualitative, selon le degré d'approfondissement du traitement

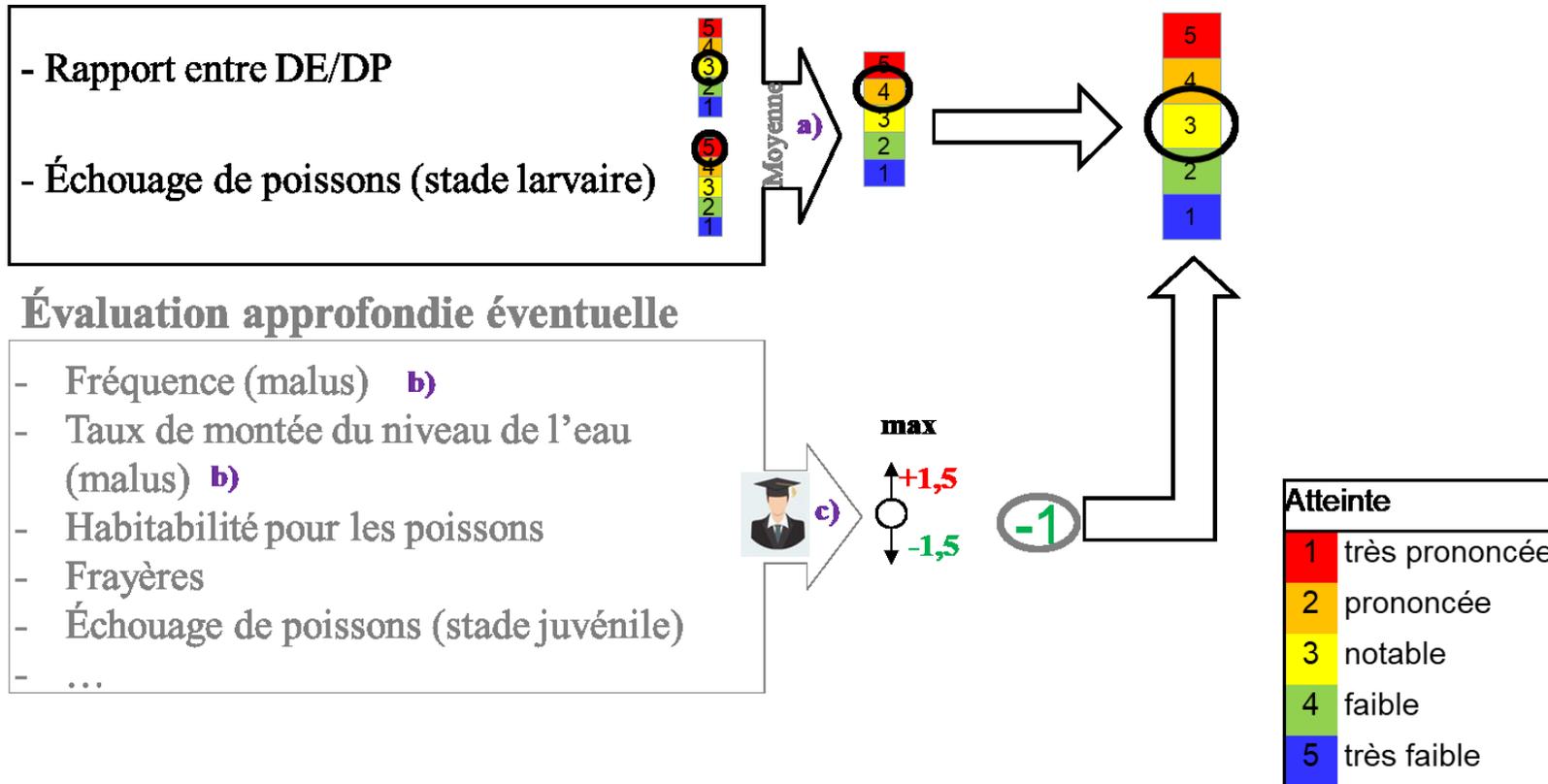
**Valeurs fictives**

Critère	Indicateur	État considéré				État actuel				État conforme à la loi				État conforme à la loi avec mode d'exploitation adapté				État avec centrale de dérivation			
		Tronçon				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Indicateur de l'approche minimale	Éclusée	Rapport entre DE/DP	2	1	1	1	2	1	1	1	4	4	3	3	1	1	1	3			
	Éclusée	Échouage de poissons	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	1	1	1	1			
	Éclusée	Fréquence	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Indicateur de l'approche minimale	Éclusée	Taux de montée du niveau de l'eau	3	3	2	2	3	3	2	2	1	1	5	5	1	1	1	1			
	Réduction du débit	Comportement des débits moyens	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	2	4	3	3	2			
	Réduction du débit	Débit d'édage	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	3	2	2	2			
Indicateur de l'approche minimale	Milieu naturel aquatique	Perte de surface mouillée	3	2	2	1	3	2	2	1	4	3	2	2	3	3	2	2			

## 5. Pondération + agrégation par tronçon

# Agrégation des atteintes dues aux éclusées

Exemple pour un tronçon dans un état d'évaluation

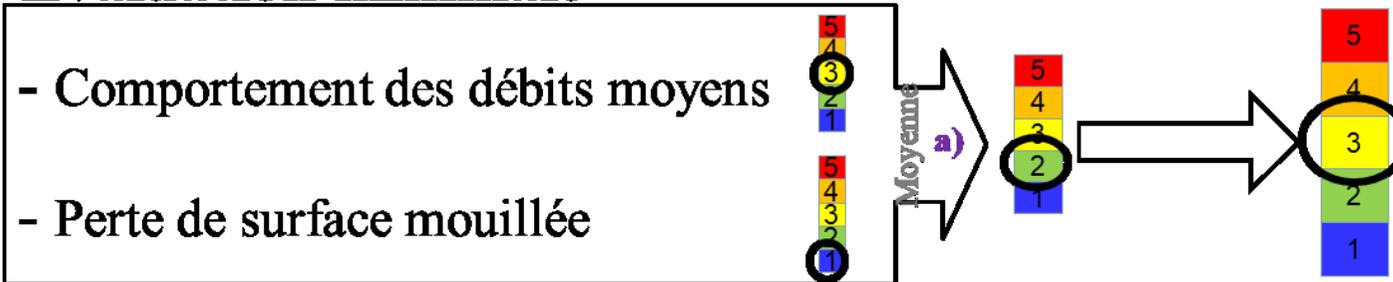


- a) valeur moyenne entre le rapport entre DE/DP et l'échouage de poissons
- b) valeur supérieure des deux éventuels malus (fréquence et taux de montée du niveau de l'eau)
- c) évaluation et agrégation des autres indicateurs par les experts

# Agrégation et atteintes dues à la réduction de débit

Exemple pour un tronçon dans un état d'évaluation

## Évaluation minimale



## Évaluation approfondie éventuelle



Atteinte	
1	très prononcée
2	prononcée
3	moyenne
4	faible
5	aucune

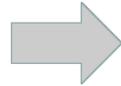
a) valeur moyenne entre le comportement des débits moyens et la perte de surface mouillée

b) addition d'un éventuel malus (débit d'étiage)

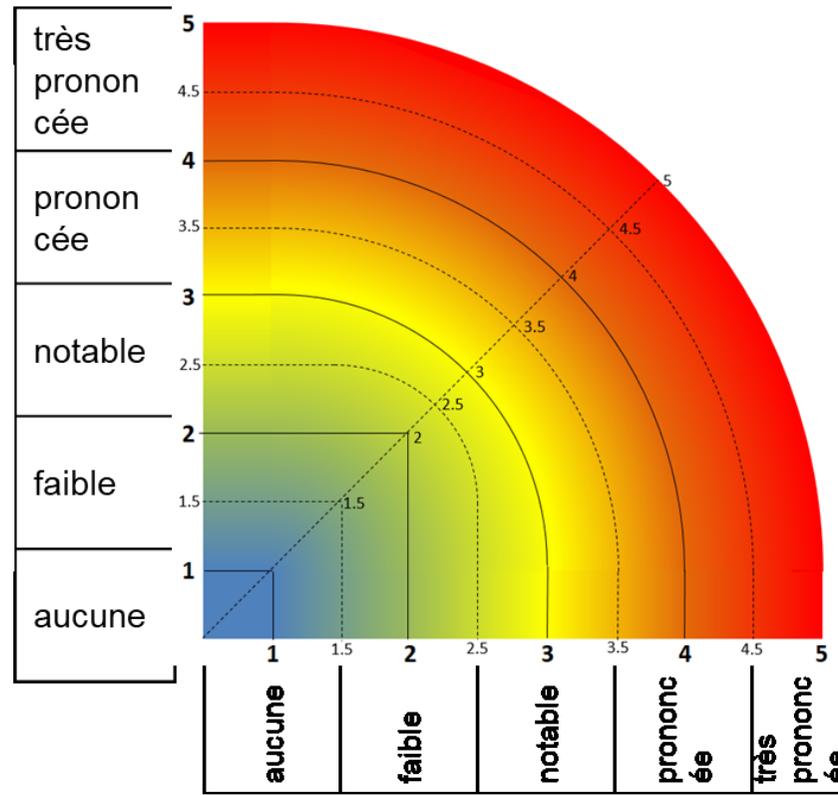
c) évaluation et agrégation des autres indicateurs par les experts

**Indicateurs relatifs aux éclusées**

- Rapport DE/DP
- Échouage de poissons (stade larvaire)
- Fréquence
- Taux de montée du niveau d'eau
- Habitabilité pour les poissons
- Frayères
- ...



**Atteinte due aux éclusées**

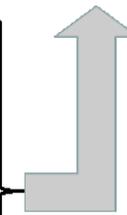


**Atteinte due à la réduction du débit**

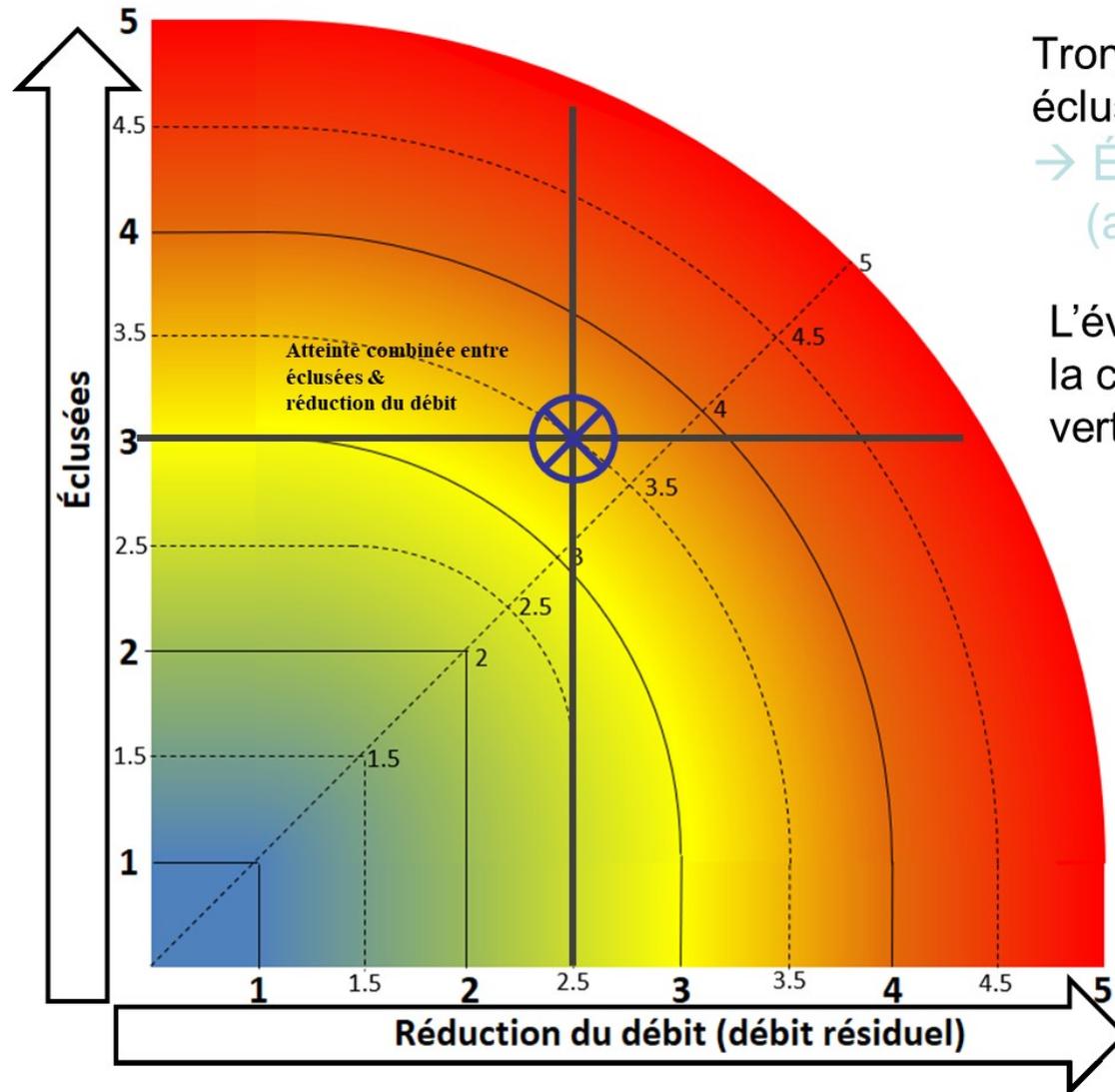
**Pour chaque tronçon de cours d'eau et chaque état d'évaluation, on combine les atteintes dues aux éclusées ET celles dues à la réduction du débit**

**Indicateurs relatifs au débit résiduel**

- Comportement des débits moyens
- Perte de surface mouillée
- Débit d'étiage
- Habitabilité pour les poissons
- Frayères
- ...



# Matrice des atteintes



Tronçons sans atteinte due aux éclusées ou au DR :

→ **Évaluation1**  
(axe correspondant)

L'évaluation du tronçon résulte de la combinaison horizontale et verticale des différentes atteintes.

<b>Ex. :</b>	
Éclusées :	atteinte notable (3)
Réd. du débit :	atteinte faible (2,5)
<b>Tronçon :</b>	<b>atteinte notable à prononcée (3,5)</b>

## 5. Agrégation des tronçons pour l'évaluation globale

## Pondération des tronçons [%]

$$\text{Pondération des tronçons [\%]} = \frac{l * (m + \acute{e})}{\sum_{i=1}^n l * (m + \acute{e})}$$

### Longueur du tronçon [l]

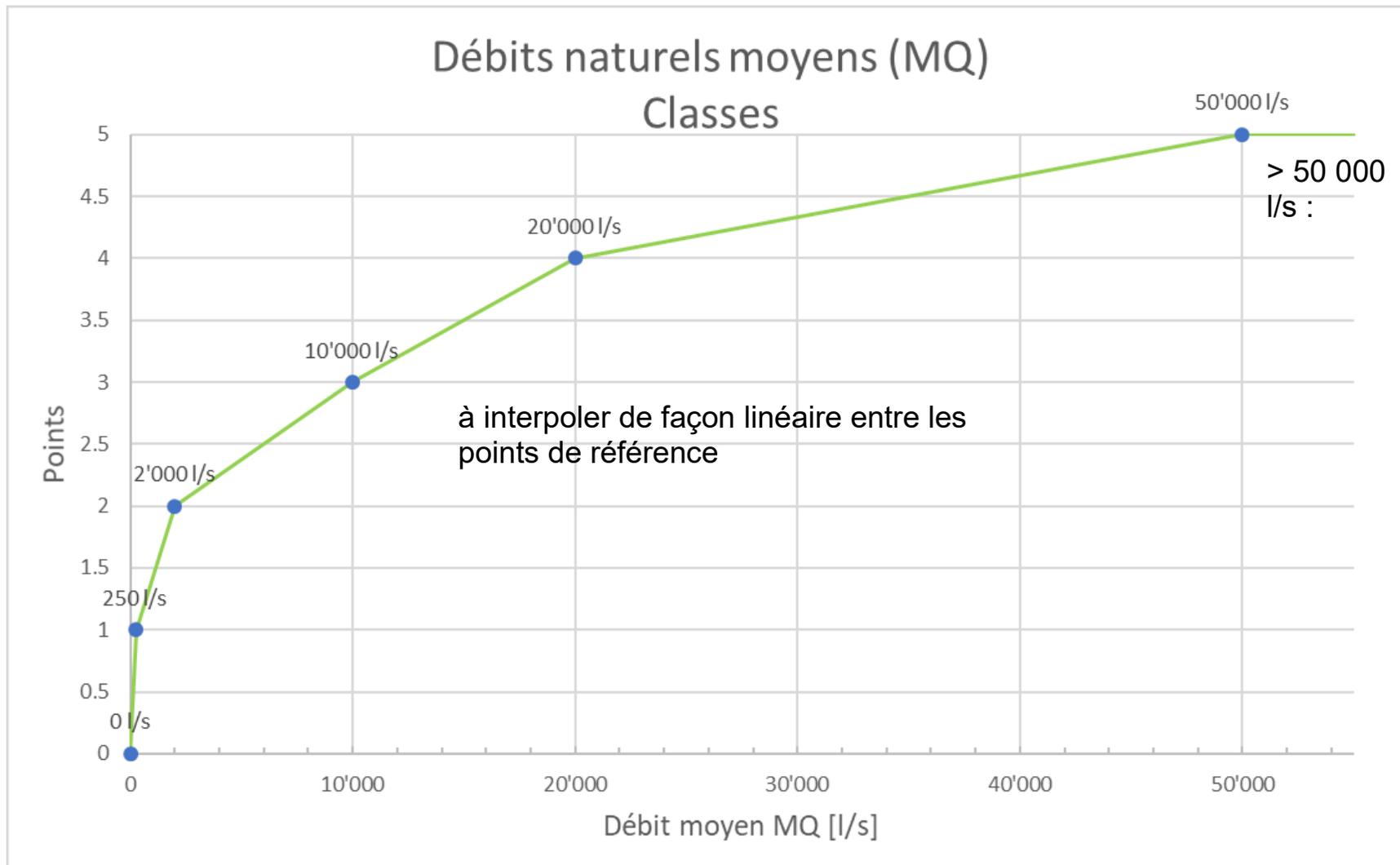
MQ naturel [m] : Classement	
MQ <sub>nat</sub> [l/s]	Classe <sup>1)</sup>
0	0
250	1
2 000	2
10 000	3
20 000	4
≥ 50 000	5

<sup>1)</sup> à interpoler de façon linéaire entre les classes

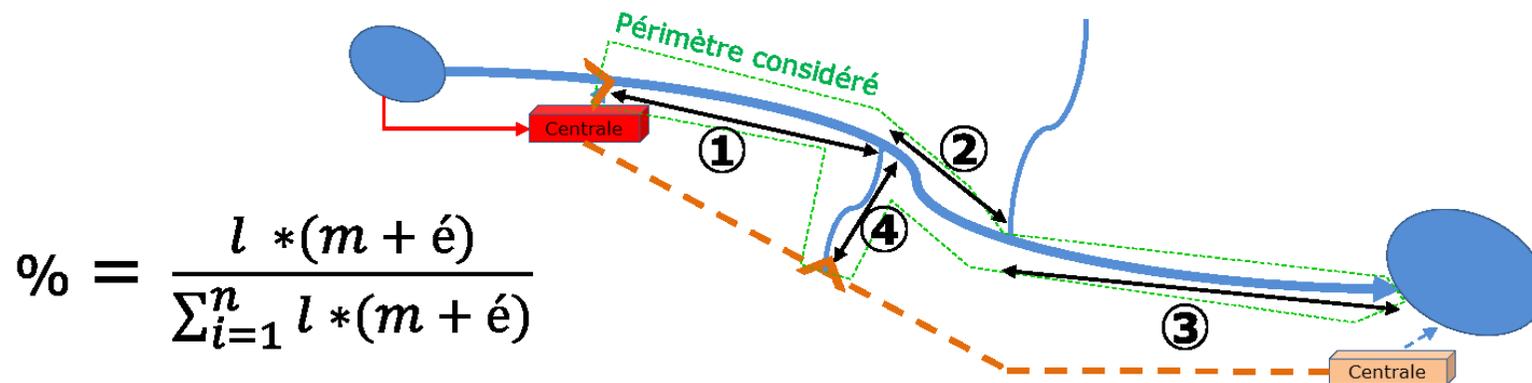
Potentiel écologique [é] : d'après le plan de revitalisation	
	Classe <sup>2)</sup>
faible	1
faible à moyen	2
moyen	3
moyen à élevé	4
élevé	5

<sup>2)</sup> à adapter en fonction du plan cantonal de revitalisation (correction évent. par des experts)

## Pondération des tronçons : MQ



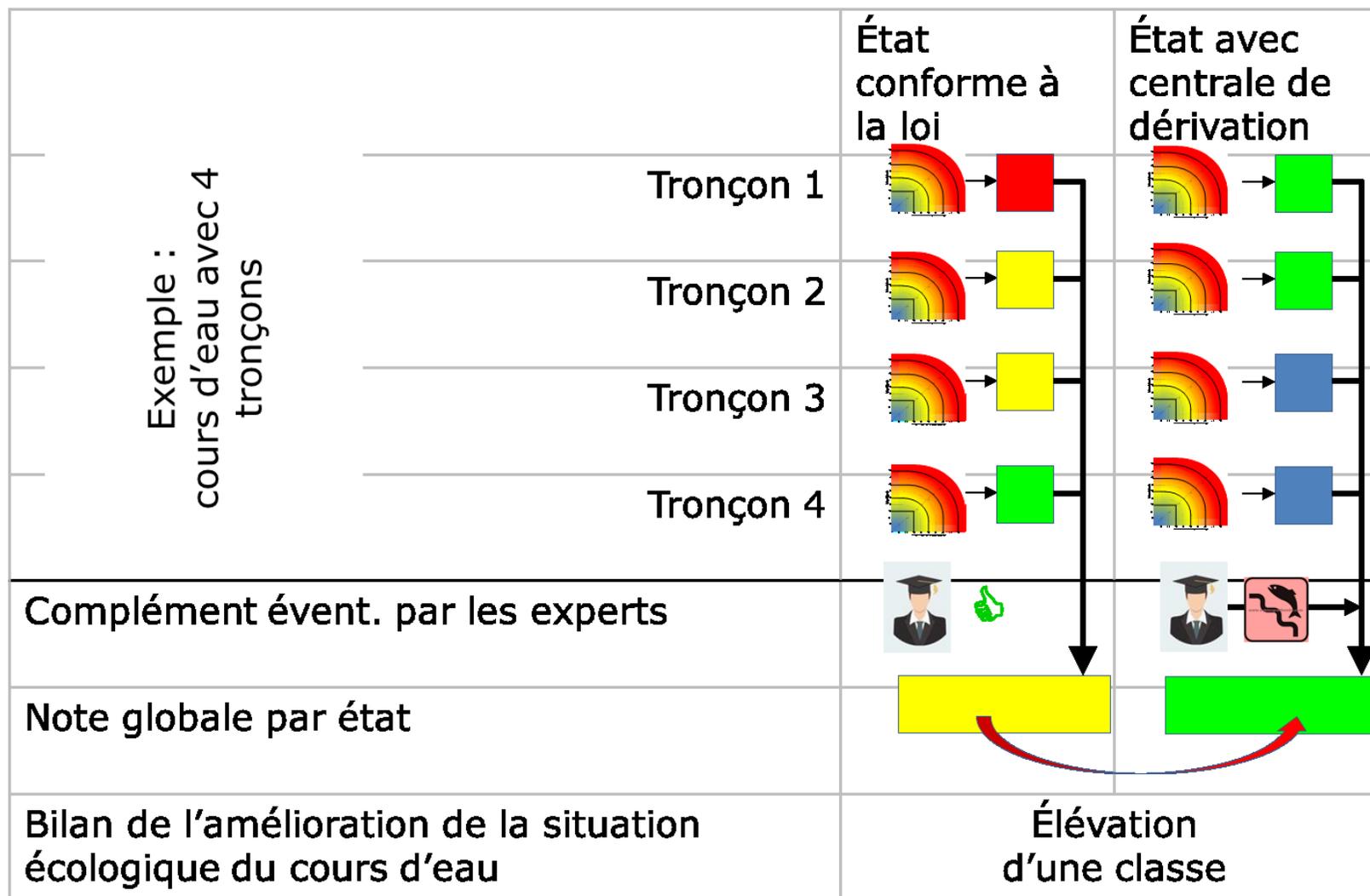
## Ex. : pondération des tronçons sur la base de la longueur, du potentiel écol. et du débit



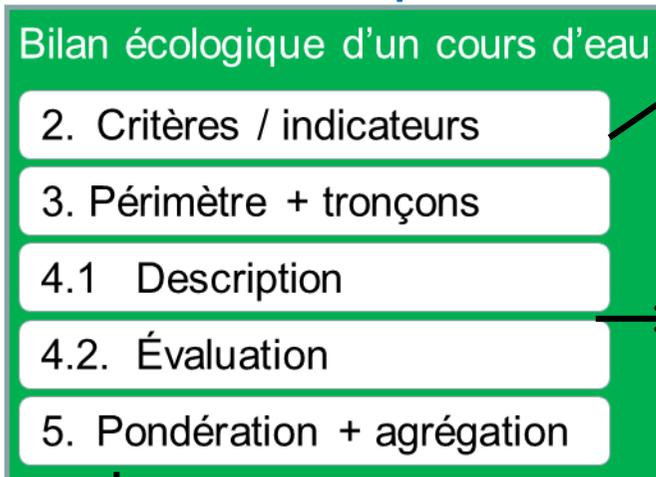
$$\% = \frac{l * (m + \acute{e})}{\sum_{i=1}^n l * (m + \acute{e})}$$

Tronçon	1	2	3	4	Σ
Longueur [km] (l)	3,5	1,2	5	1,5	11,2
MQ <sub>nat</sub> [m <sup>3</sup> /s]	12	14	20	0,75	
Classe MQ <sub>nat</sub> (m)	3,2	3,4	4	1,3	
Classe potentiel écol. (é)	3	5	4	2	
Points l*(m+é)	21,7	10,08	40	4,95	76,73
<b>Pondération [%]</b>	<b>28 %</b>	<b>13 %</b>	<b>52 %</b>	<b>6 %</b>	100 %

## 5. Agrégation des tronçons pour l'évaluation globale



## Le rôle des experts



2. Complément éventuel de l'évaluation minimale au moyen d'un choix de critères et d'indicateurs supplémentaires (évaluation approfondie)

4.1 et 4.2 Des méthodes définies n'existent que pour certains des critères de l'évaluation approfondie, et doivent parfois être complétées par des expertises.



5. L'agrégation des critères approfondis se fait par des experts ; l'adaptation qui s'ensuit ne peut excéder 1,5 classe.

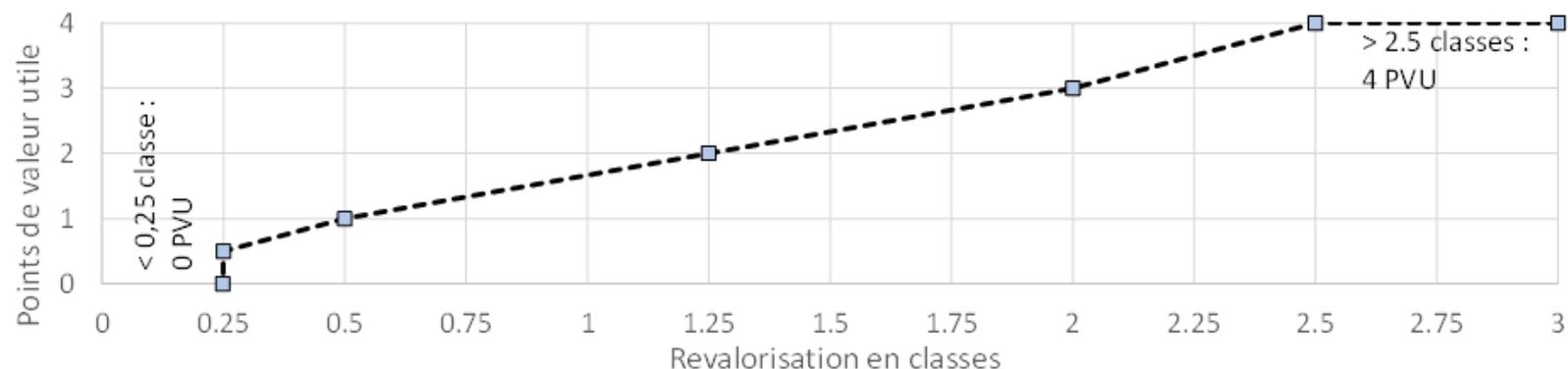
5. L'évaluation agrégée des tronçons pour les éclusées et pour la réduction de débit est contrôlée et vérifiées par un expert.

5. La note globale par état peut, au besoin, être complétée par des experts avec des critères difficilement différenciables par tronçon tels que les effets des ouvrages de captage ponctuels, la libre migration des poissons, le charriage, ...

## 6. Bilan de l'amélioration de la situation écologique du cours d'eau

- Différence des atteintes écologiques à un cours d'eau entre deux états (voir « États à considérer », étape 1)
- Interpolation entre les limites de classes

Revalorisation en classes		Points de valeur utile
≥ 2,5 classes	amélioration très marquée	4
2,0 classes	amélioration marquée	3
1,25 classe	amélioration moyenne	2
0,5 classe	amélioration faible	1
0,25 classe	amélioration très faible	0,5
< 0,25 classe	pas d'amélioration	0



#### Annexe 4 : Détermination des points de valeur utile pour la let. d « Protection contre les crues »

$$F_d = 0,3 \text{ million fr./ (PVU, km)} \times PVU_d \times km_d$$

Pour déterminer le nombre de points de valeur utile pour la let. d, on examine si, sur le tronçon influencé par la centrale avec dérivation, il existe un déficit en matière de protection contre les crues et, le cas échéant, dans quelle mesure cette centrale contribue à réduire ce déficit. Le tableau suivant décrit le classement des PVU<sub>d</sub> dans ce domaine.

PVU <sub>d</sub>	Description
0	Il n'existe pas de déficit en matière de protection contre les crues sur le tronçon influencé par le projet d'assainissement, ou Il existe un déficit en matière de protection contre les crues sur le tronçon influencé par le projet d'assainissement mais la mesure d'assainissement envisagée ne contribue pas à réduire ce déficit.
1	Il existe un déficit en matière de protection contre les crues sur le tronçon influencé par le projet d'assainissement mais il peut être comblé par des mesures d'aménagement du territoire ou d'ordre organisationnel → il n'est pas nécessaire de mettre en place des ouvrages de protection. Le projet d'assainissement contribue à réduire le déficit.
2	Il existe un déficit en matière de protection contre les crues sur le tronçon influencé par le projet d'assainissement, le service cantonal compétent reconnaît que les pouvoirs publics doivent agir, le déficit ne peut être comblé qu'avec un projet d'ouvrage de protection (les mesures d'aménagement du territoire ou d'ordre organisationnel ne suffisent pas). Le projet d'assainissement permet de combler en partie le déficit en matière de protection contre les crues et des mesures de construction (ouvrages de protection) complémentaires sont nécessaires.
3	Il existe un déficit en matière de protection contre les crues sur le tronçon influencé par le projet d'assainissement, le service cantonal compétent reconnaît que les pouvoirs publics doivent agir, le déficit ne peut être comblé qu'avec un projet d'ouvrage de protection (les mesures d'aménagement du territoire ou d'ordre organisationnel ne suffisent pas). Le projet d'assainissement permet de combler l'essentiel du déficit en matière de protection contre les crues mais des mesures complémentaires d'ordre organisationnel sont nécessaires.
4	Il existe un déficit en matière de protection contre les crues sur le tronçon influencé par le projet d'assainissement, le service cantonal compétent reconnaît que les pouvoirs publics doivent agir, le déficit ne peut être comblé qu'avec un projet d'ouvrage de protection (les mesures d'aménagement du territoire ou d'ordre organisationnel ne suffisent pas). Le projet d'assainissement comble intégralement le déficit en matière de protection contre les crues.

km<sub>d</sub> = la longueur du tronçon qui présente un déficit en matière de protection contre les crues et qui profite du projet d'assainissement ; s'il y a plusieurs tronçons présentant différents déficits en matière de protection contre les crues et/ou qu'ils profitent à des degrés différents du projet d'assainissement (c.-à-d. si le nombre de points de valeur utile varie selon les tronçons), la contribution financière F<sub>d</sub> est déterminée séparément pour chaque tronçon i : F<sub>d,i</sub> = 0,3 million fr./ (PVU, km) × PVU<sub>d,i</sub> × km<sub>d,i</sub>

La somme de toutes les contributions pour les différents tronçons F<sub>d,i</sub> correspond donc à la contribution financière globale pour la let. d, c'est-à-dire pour la protection contre les crues.

## Annexe 5 : Détermination des points de valeur utile pour la let. e « Promotion des énergies renouvelables »

La valeur utile en ce qui concerne la promotion des énergies renouvelables est corrélée avec la production énergétique ; autrement dit,  $PVU = f(\text{GWh})$ , et ce indépendamment de la longueur du cours d'eau. Le montant de la contribution spécifique, en millions de francs par PVU, est déterminé sur la base de 6,5 millions de francs.

La contribution financière pour la let. e est ainsi calculé selon la formule suivante :

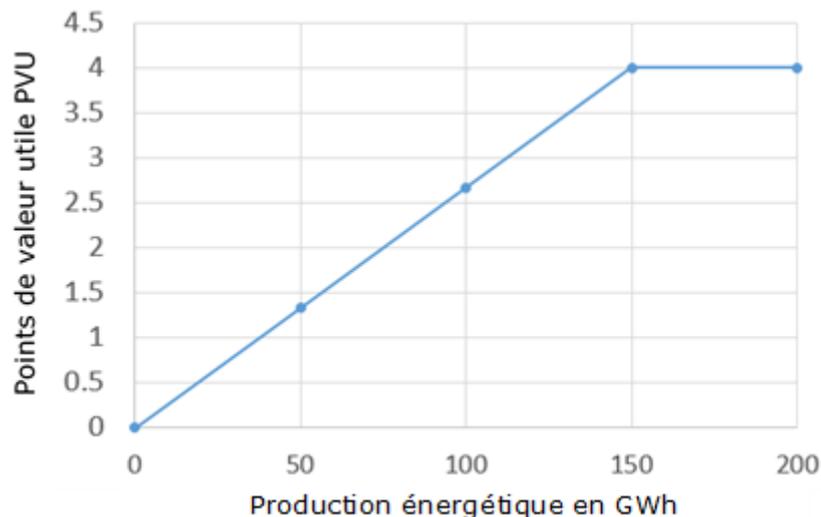
$$F_e = 6,5 \text{ millions fr./ PVU} \times PVU_e$$

La loi sur l'énergie définit dans son art. 2 des valeurs indicatives pour le développement de l'électricité issue d'énergies renouvelables. Concernant la production indigène moyenne d'électricité d'origine hydraulique, la loi mentionne 37 400 GWh pour l'année 2035. Elle n'évoque pas d'autres critères tels que, par exemple, la flexibilité de la production. Par conséquent dans la méthode pour déterminer la contribution pour la lettre e, il semble approprié de se baser également sur la production annuelle moyenne (GWh/a). Sans compter que définir les modifications de flexibilité d'une centrale hydraulique supposerait d'engager des frais considérables.

D'après les estimations concernant le potentiel énergétique disponible, les nouvelles grandes installations hydroélectriques présentent un potentiel de tout juste 1 500 GWh/a. Les installations qui contribuent à plus de 10 % à ce potentiel obtiennent 4 PVU.

Les points de valeur utile sont attribués d'après les valeurs clés suivantes (cf. graphique) :

- Production énergétique 0 GWh/a => PVU = 0
- Production énergétique plus de 150 GWh/a => PVU = 4
- Entre 0 et 150 GWh/a, le nombre de PVU sont interpolés de façon linéaire entre 0 et 4 (cf. graphique ci-après)



Pour une centrale qui produit 150 GWh et qui reçoit 4 PVU, la contribution financière pour la let. e serait de 26 millions de francs, c'est-à-dire de 0,17 million/GWh.