



Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

David Dorchies

david.dorchies@irstea.fr

Rencontre technique annuelle AIRMF / IRSTEA
Salon-de-Provence, le 12 mars 2019



Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)
- Méthodologie de l'étude
- Principes de régulation du débit restitué
- Caractérisation du risque de non respect du débit
réservé
- Adaptation des prises pour le respect du débit
réservé
- Sites pilotes : mesures en continu

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU



Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- **Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)**
- Méthodologie de l'étude
- Principes de régulation du débit restitué
- Caractérisation du risque de non respect du débit réservé
- Adaptation des prises pour le respect du débit réservé
- Sites pilotes : mesures en continu

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU



Convention de recherche Irstea-ONEMA 2016-2018

Action **MADRiD**

Méthodologie d'**A**ménagement des prises gravitaires de canaux en rivière pour la conception de **D**ispositifs de **R**estitution du **D**ébit minimal

- Public : Canaux d'irrigation gravitaire de petites tailles contraints par le débit réservé
- Contexte :
 - application de l'augmentation du débit réservé de 1/40^{ème} à 1/10^{ème} du module (Loi sur l'eau de 2006)
 - Comptage des volumes prélevés (redevance Agence de l'Eau)
- **Objectifs : Proposer des aménagements hydrauliques simples, bon marché et rustiques, permettant le respect du débit minimal et une optimisation du débit prélevé**

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Contenu de l'action

2016-2017 Typologie des prises d'eau

- Visite de prises de canaux (levés topographiques et jaugeages systématiques)

Objectifs :

- Élaborer une typologie hydraulique des prises d'eau gravitaire permettant de diagnostiquer le risque de non respect du débit restitué



Programme 2016/2018
Thème Gestion équilibrée de la ressource en eau
Action n°31

Typologie des prises d'eau des canaux d'irrigation gravitaire

Méthodologie d'aménagement des prises gravitaires de canaux en rivière pour la conception de dispositifs de restitution du débit minimal (MA-DRID)

Rapport

David Dorchies (Iristea)
Pierre Le Fauchoux (Iristea)

Décembre 2018



Crédit photos : David Dorchies (Iristea)

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU



Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages

Contenu de l'action

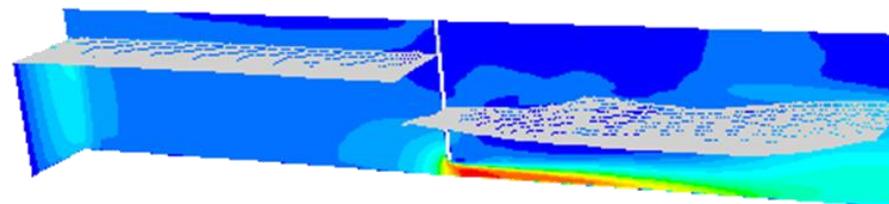
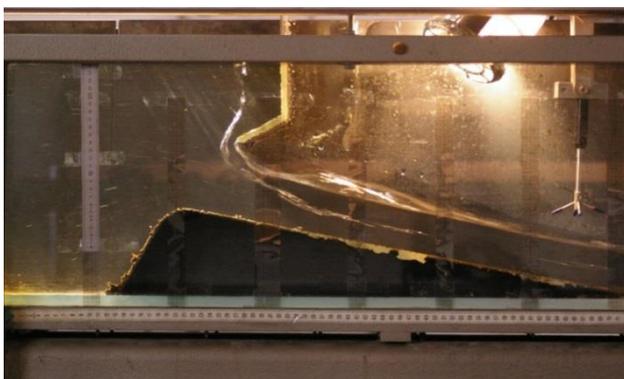
Études hydrauliques

- Étude du fonctionnement hydraulique d'ouvrage à faible charge peu sensibles aux variations de niveau (expérimentation labo + modélisation)

Objectifs :

- Etre capable de dimensionner des ouvrages répondant aux différentes contraintes rencontrées sur le terrain

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU



Modélisation 2D/3D



Contenu de l'action

Sites pilotes

2017-2018 Suivi des débits en continu sur deux sites pilotes

Actions prévues (2019-2020 ?)

- Test d'aménagement sur sites pilotes
- Rédaction de la méthodologie d'aménagement des prises gravitaires
- Développement d'un logiciel de dimensionnement des installations

Objectifs :

- Pour le gestionnaire, être capable de définir s'il est nécessaire d'aménager la prise d'eau et si oui proposer un aménagement robuste et économique :
 - permettant de respecter au mieux les contraintes (débit minimum, droit d'eau)
 - à partir de la topographie de la prise d'eau

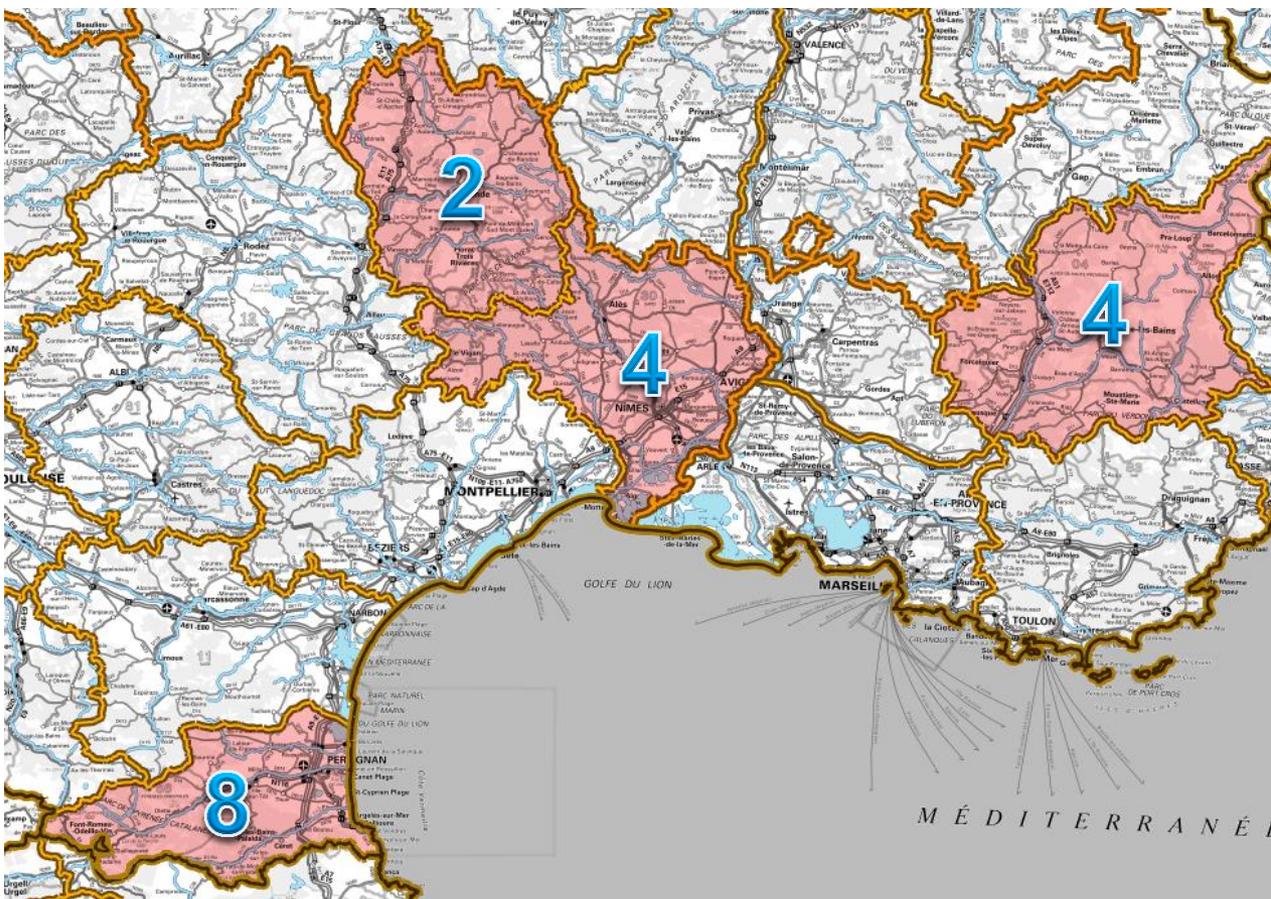


Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)
- **Méthodologie de l'étude**
- Principes de régulation du débit restitué
- Caractérisation du risque de non respect du débit
réservé
- Adaptation des prises pour le respect du débit
réservé
- Sites pilotes : mesures en continu

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Méthodologie : localisation des canaux étudiés



RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Méthodologie : relevés sur le terrain

Mesures des débits

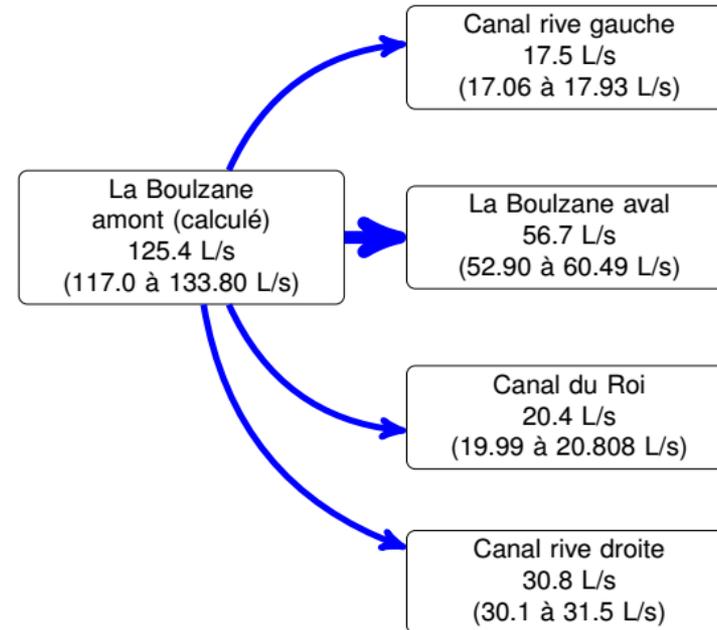


FIGURE 10.21 – Synoptique des débits Canal de Caudiès

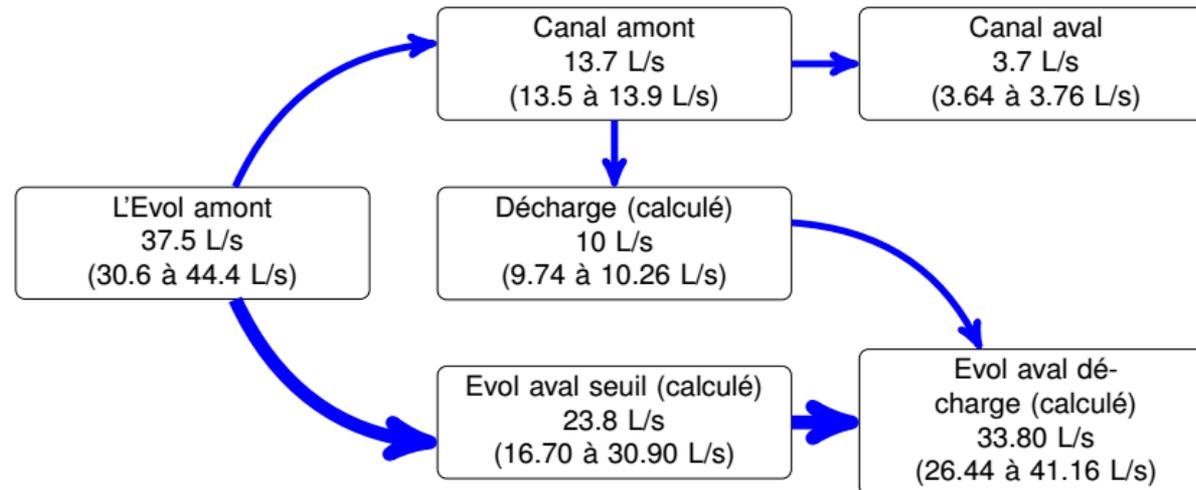


FIGURE 10.104 – Synoptique des débits Canal d'Évol



Méthodologie : relevés sur le terrain

Topographie du seuil de dérivation, des ouvrages de régulation et des canaux

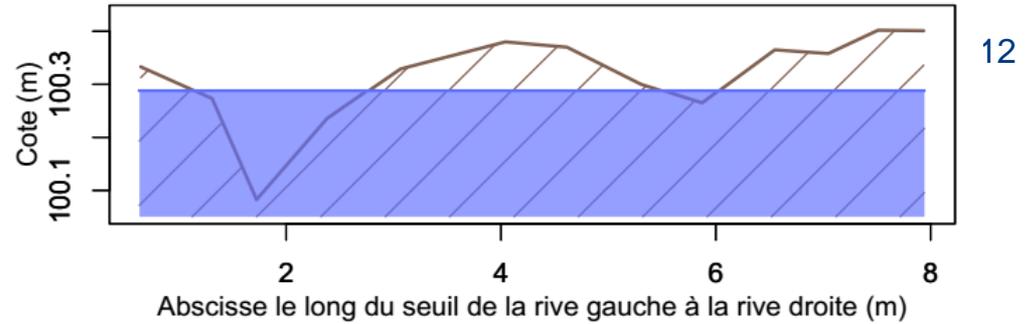


FIGURE 10.105 – Profil transversal du seuil de dérivation Canal d'Évol

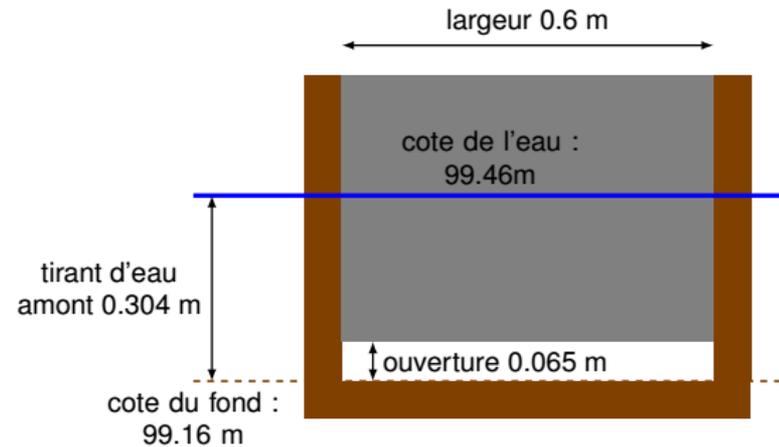
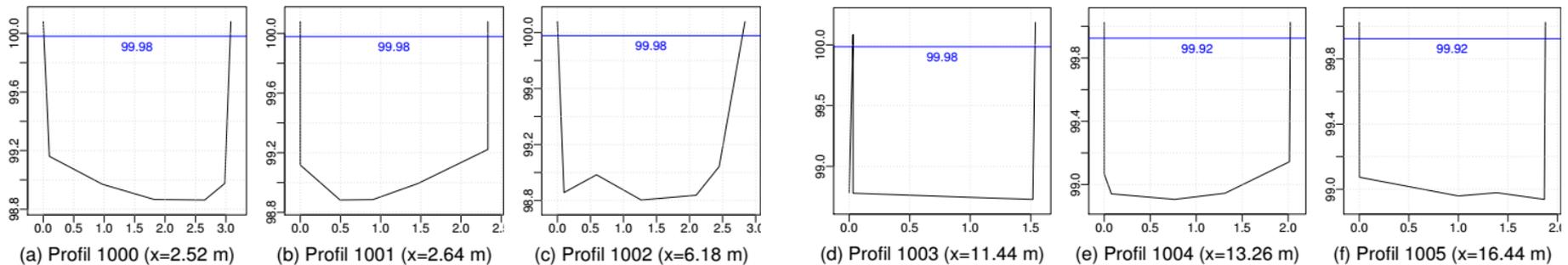


FIGURE 10.26 – Coupe transversale de la vanne de la prise d'eau du canal rive droite



Méthodologie : Modélisation de prise

Modélisation des
écoulements au
dessus du seuil
de dérivation

Développement d'une
formule pour les seuils à
profil en travers
quelconque

Calage avec le débit
mesuré

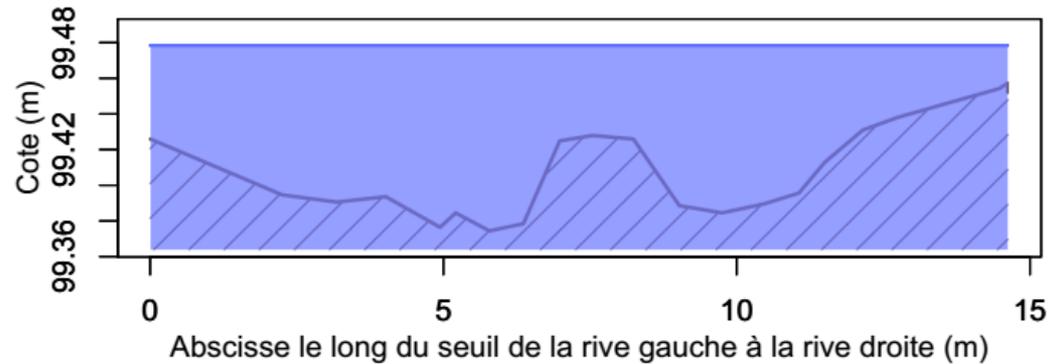


FIGURE 10.22 – Profil transversal du seuil de dérivation Canal de Caudiès

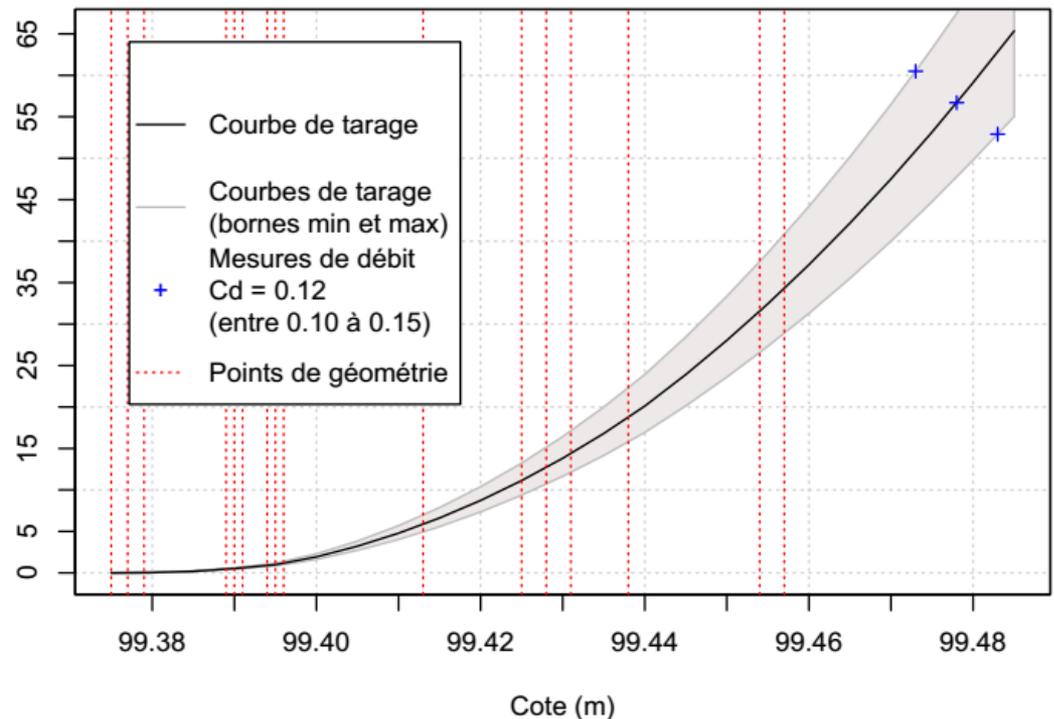


FIGURE 10.23 – Courbe de tarage (Débit fonction de la cote de l'eau) Canal de Caudiès



Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)
- Méthodologie de l'étude
- **Principes de régulation du débit restitué**
- Caractérisation du risque de non respect du débit
réservé
- Adaptation des prises pour le respect du débit
réservé
- Sites pilotes : mesures en continu

Définitions des débits minimum biologique, plancher, réservé...

Débit minimum biologique :

- débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux
- Déterminé par une étude hydrologique, hydraulique ou « d'habitat »

Exemple : étude par la méthode des micro-habitats avec le logiciel HABBY (HABitat suitability) développé par Irstea, EDF et l'AFB

<https://github.com/YannIrstea/habby>

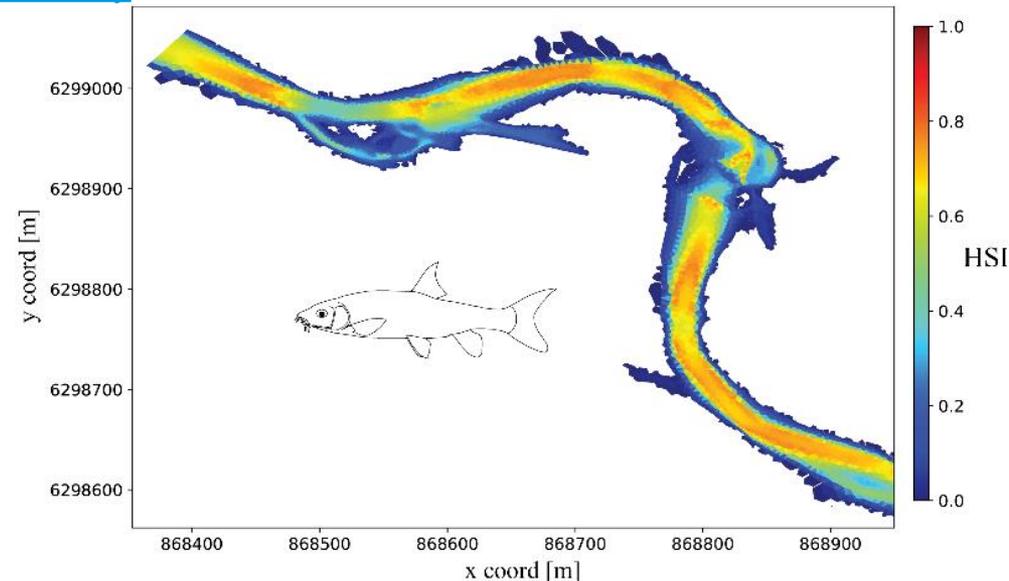
$Q = 21.2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Débit plancher :

- 10^{ème} ou 20^{ème} du module

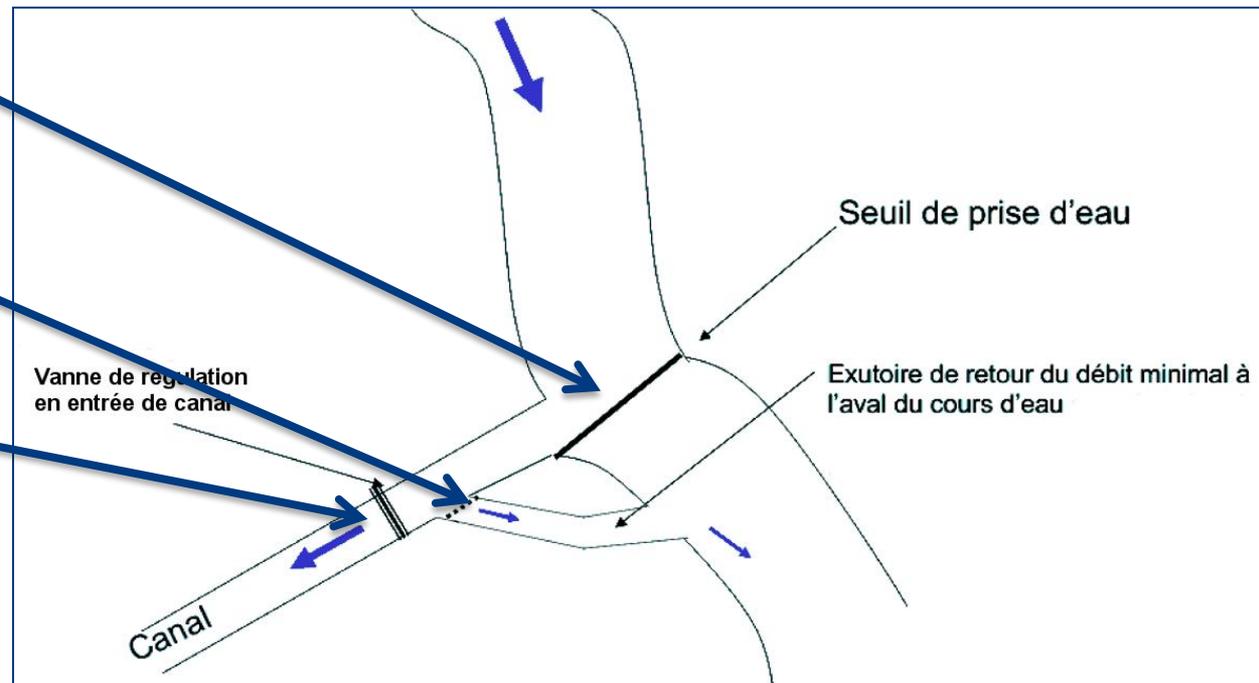
Débit réservé :

- Plus forte valeur entre le débit minimum biologique et le débit plancher



Comment réguler le débit restitué et le débit prélevé avec des ouvrages fixes ?

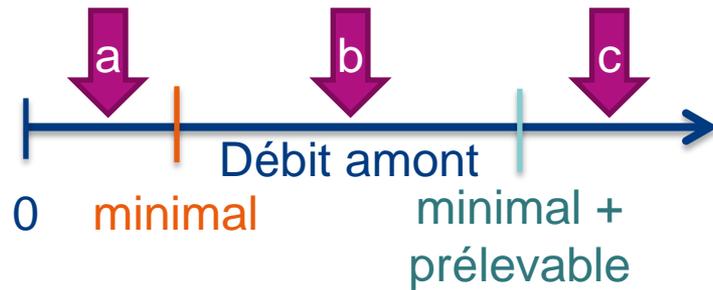
1. Un seuil de dérivation canalisant le débit d'étiage
2. Un exutoire aménagé pour garantir le DMB
3. Un ouvrage de régulation du débit prélevé



RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Aménagement type d'un dispositif de restitution du débit minimal

En fonction du débit amont,
3 cas de figures :



Vanne de régulation
en entrée de canal

Canal

Seuil de prise d'eau

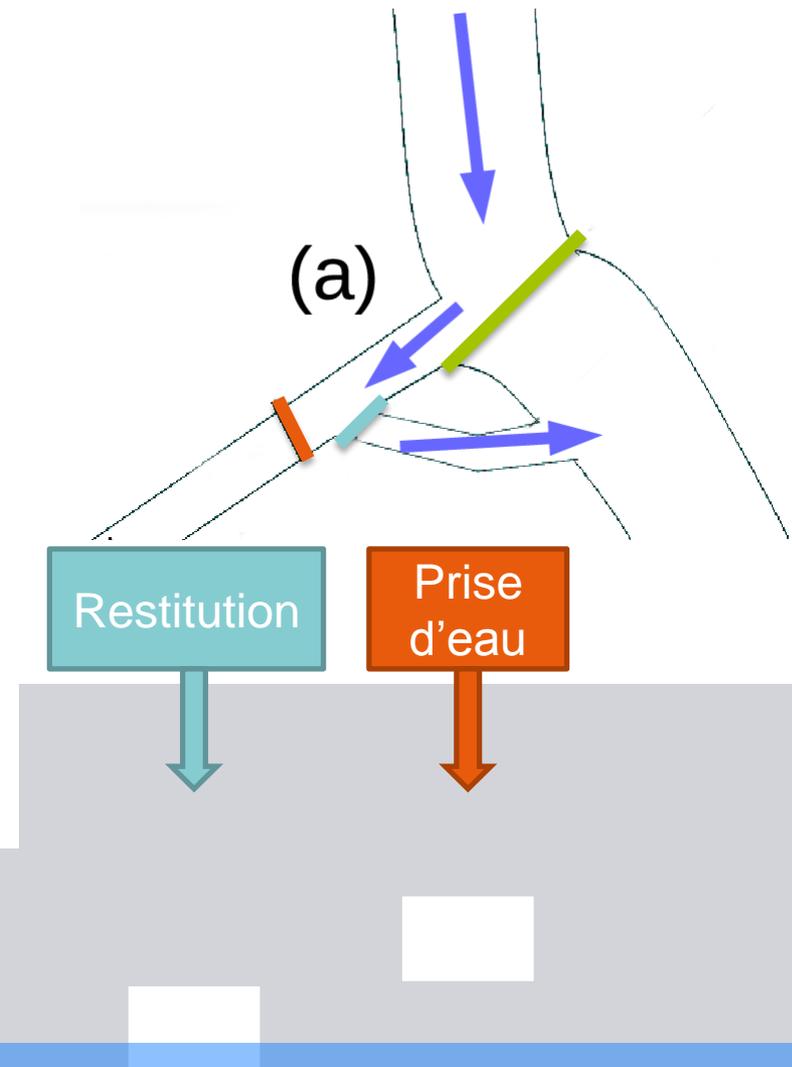
Exutoire de retour du débit minimal à
l'aval du cours d'eau

Extrait de D. Baril, D. Courret, and B. Faure. Note technique sur la conception des dispositifs de restitution du débit minimal. Note technique, ONEMA, Janvier 2014.

(a) Le débit est inférieur au débit minimal

La totalité du débit doit passer par le canal de restitution :

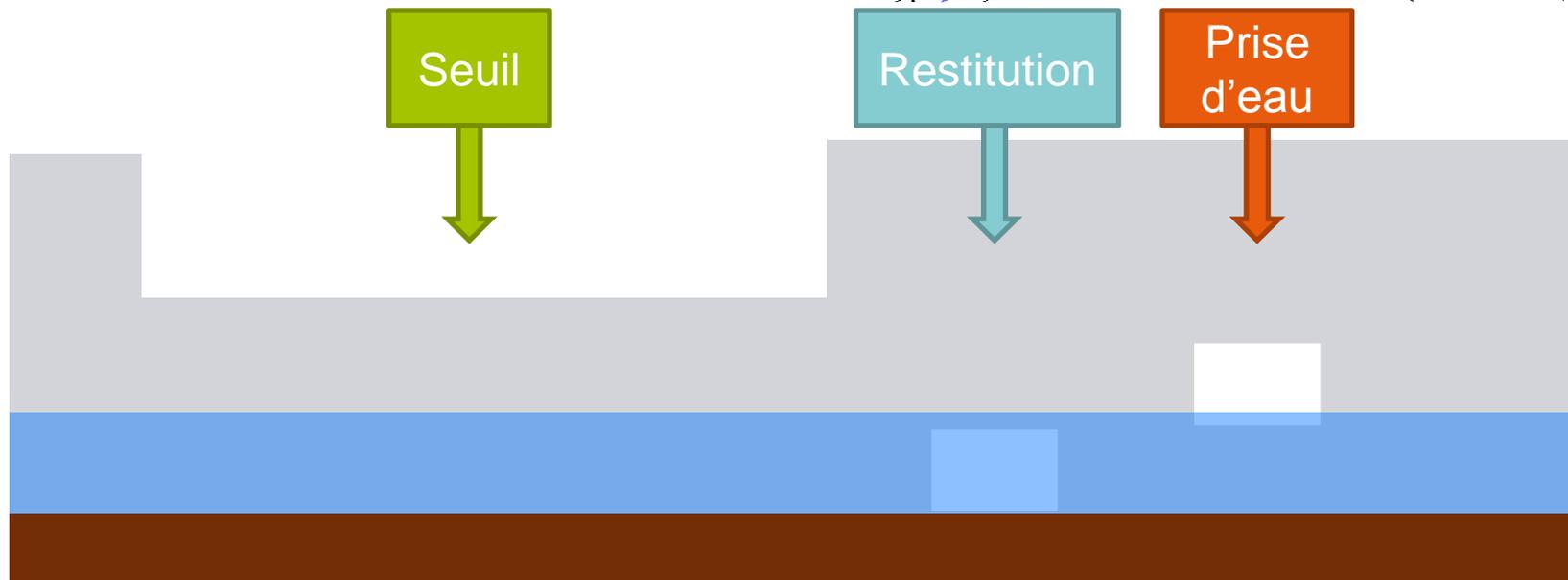
- Le seuil du canal de restitution est le seuil le plus bas du dispositif
- La prise du canal est située suffisamment haute pour n'effectuer aucun prélèvement pour un débit inférieur au débit réservé



(b) Le débit est supérieur au débit minimal mais insuffisant pour satisfaire le droit d'eau du canal

Le surplus par rapport au débit minimal passe par la prise du canal :

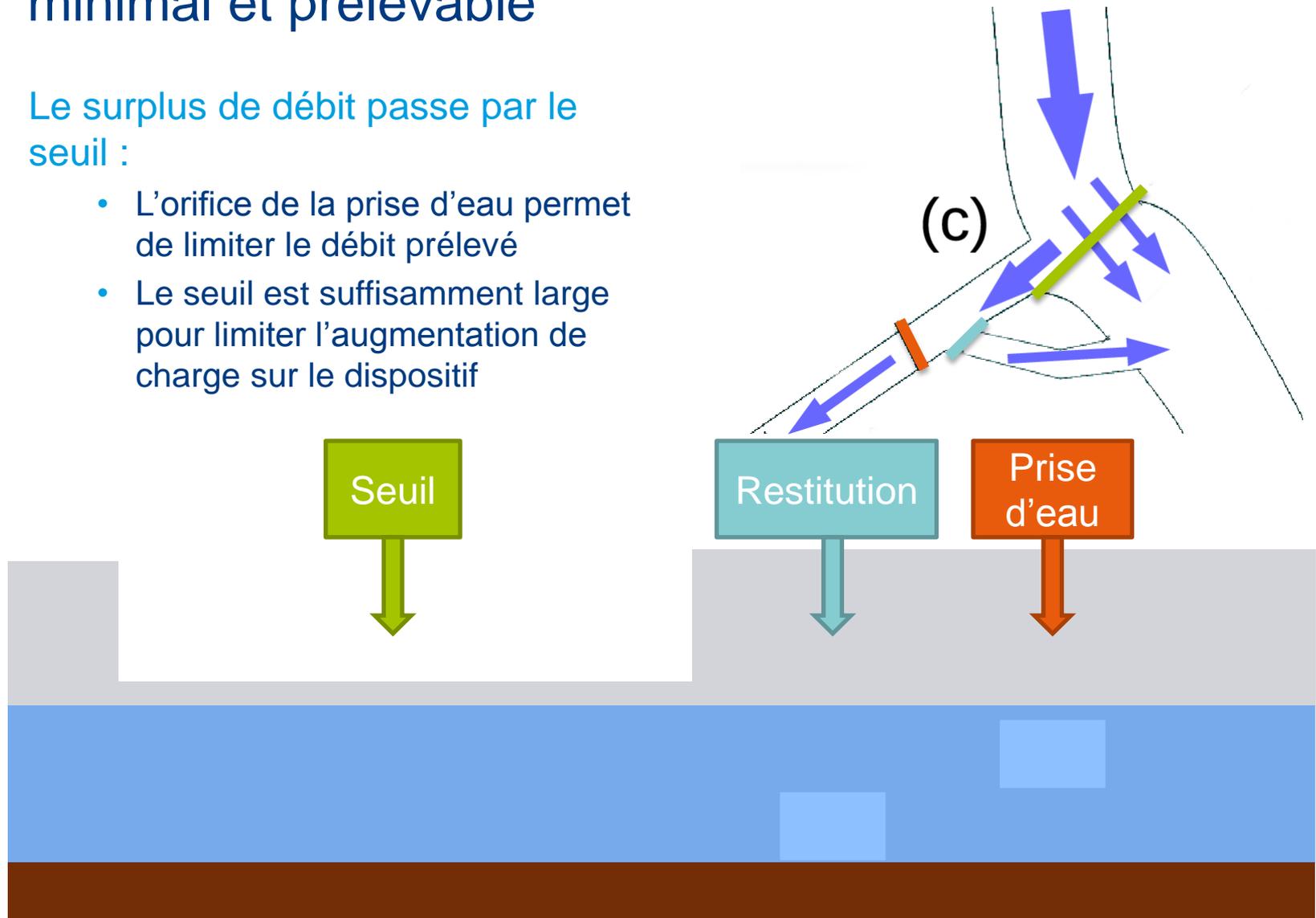
- L'orifice du canal de restitution permet de limiter le débit restitué
- Le seuil est placé suffisamment haut pour garantir le prélèvement du droit d'eau avant surverse du seuil



(c) Le débit est supérieur à la somme du débit minimal et prélevable

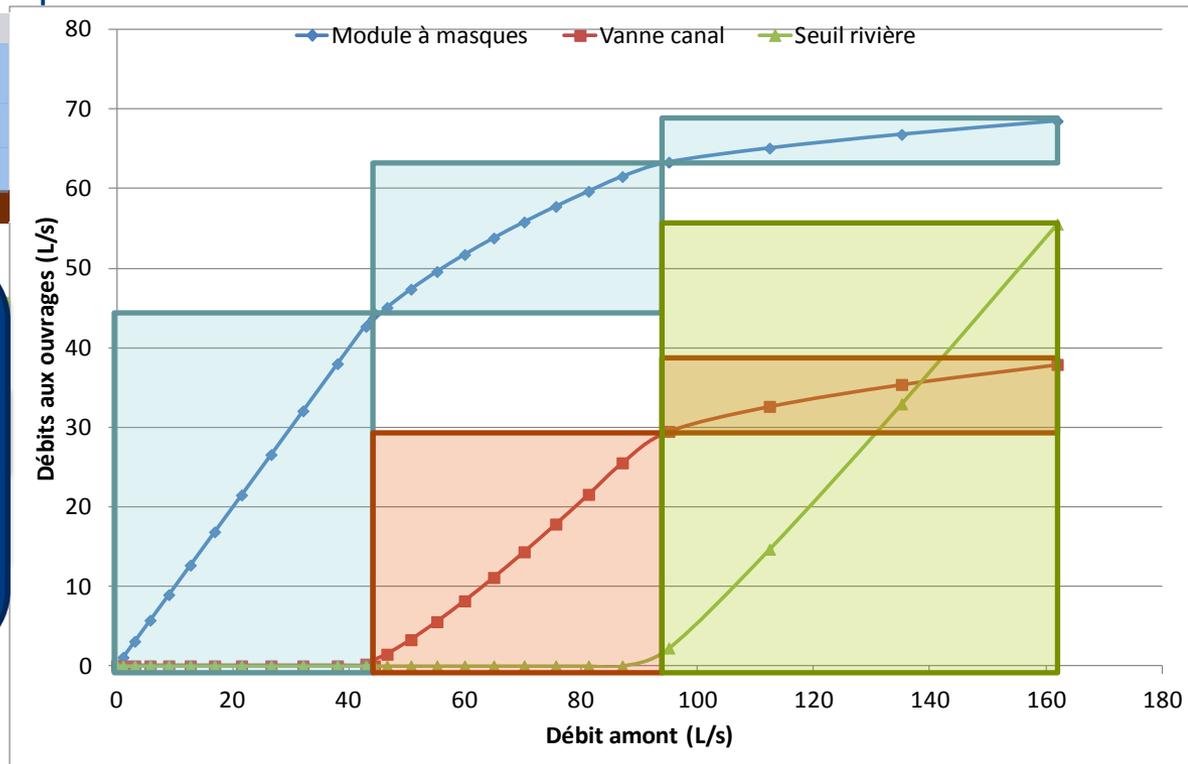
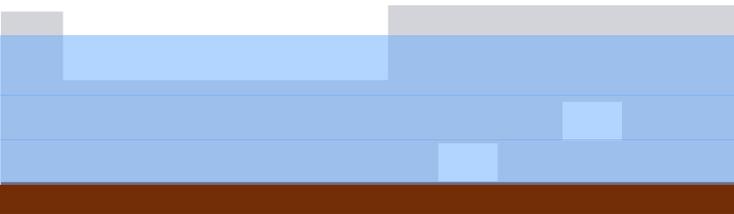
Le surplus de débit passe par le seuil :

- L'orifice de la prise d'eau permet de limiter le débit prélevé
- Le seuil est suffisamment large pour limiter l'augmentation de charge sur le dispositif



Distribution des débits en fonction du débit amont

- Débit réservé 50 L/s : orifice de 500 cm²
- Débit prélevable 30 L/s : Vanne rectangulaire (B=50 cm, W=10 cm, cote de seuil 11,6 cm au dessus du seuil de l'orifice)
- Seuil de 5 m de large avec une cote de crête 21,6 cm au dessus du seuil du module à masque



Comment limiter le débit restitué et le débit prélevé ?

Dimensionnement des ouvrages

Baril, D., Courret, D., Faure, B., 2014. Note technique sur la conception des dispositifs de restitution du débit minimal (Note technique), RefMADI. ONEMA.

http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/note-technique-dispositifs-restitution-debit-minimal-2014-01-20-f_cle21e2b7.pdf

Convention
Irstea-
ONEMA
2016-2018
Action
MADRiD

A développer :
Outil d'aide au dimensionnement des ouvrages de prise (restitution et prélèvement)



NOTE TECHNIQUE SUR LA CONCEPTION DES DISPOSITIFS DE RESTITUTION DU DEBIT MINIMAL

REFMADI

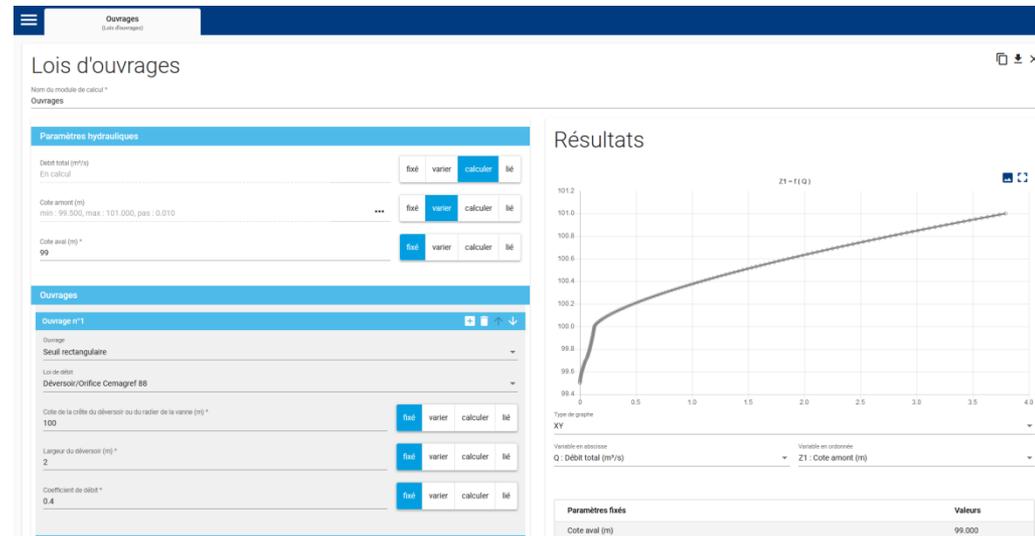
BARIL D¹ - COURRET D² - FAURE B³

¹ ONEMA DCUAT

² ONEMA - Pôle Ecohydraulique

³ OIEAU

JANVIER 2014

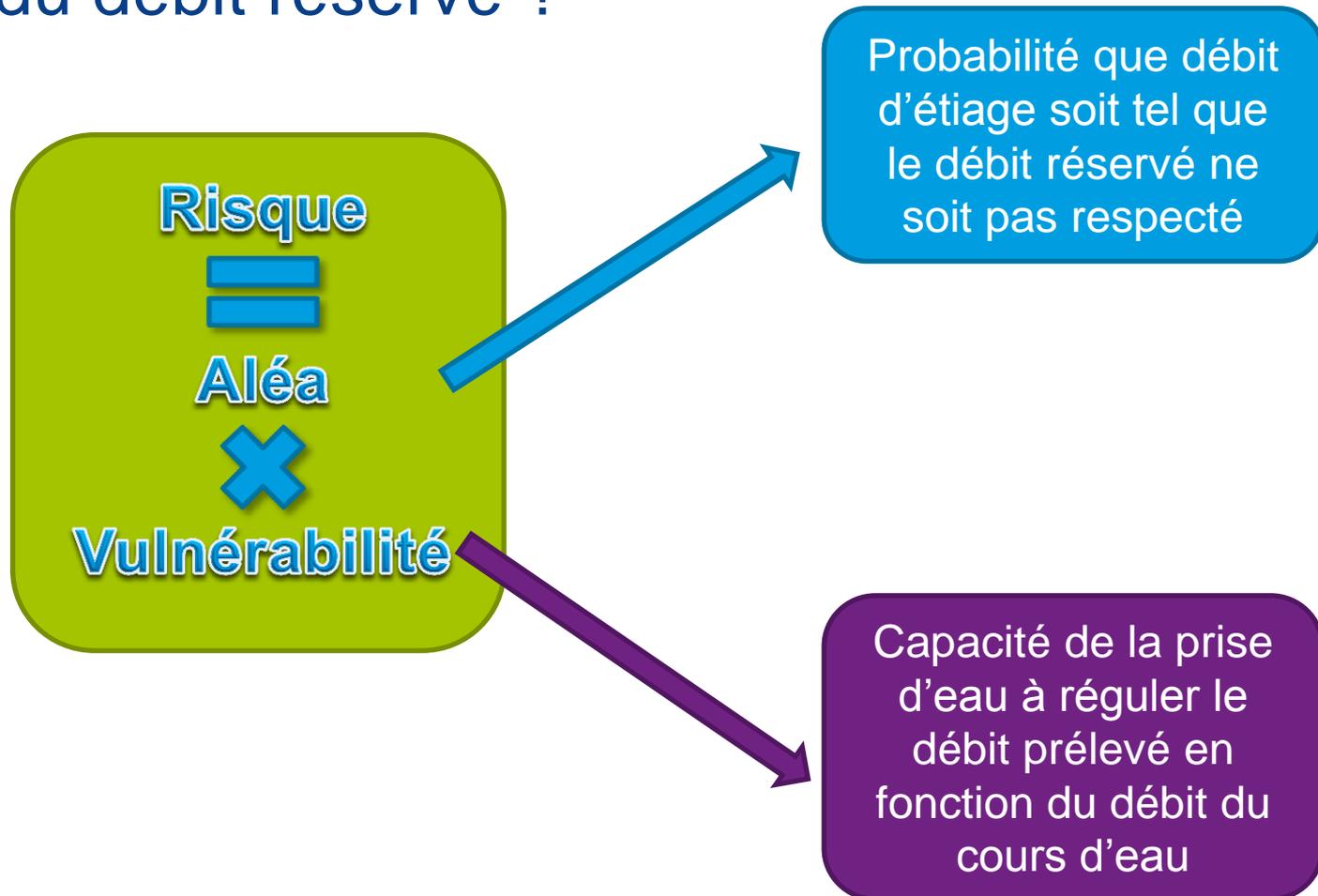




Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)
- Méthodologie de l'étude
- Principes de régulation du débit restitué
- **Caractérisation du risque de non respect du débit réservé**
- Adaptation des prises pour le respect du débit réservé
- Sites pilotes : mesures en continu

Comment caractériser le risque de non respect du débit réservé ?



Définition de l'aléa du non respect du débit réservé

Comment définir la probabilité d'avoir :

Débit restitué < Débit réservé

Informations disponibles sur les 18 canaux étudiés :

- 8 canaux avec un débit réservé
- 9 canaux avec un droit d'eau
- 6 canaux avec module du cours d'eau

⇒ Difficulté voire Impossibilité dans la plupart des cas de caractériser la probabilité de ne pas respecter le débit réservé

⇒ La définition du régime hydrologique des cours d'eau prélevés n'était pas prévue dans l'étude

Difficultés métrologiques pour mesurer le débit du cours d'eau à l'étiage

Mesure en continue impossible en l'absence d'un seuil de dérivation étanche et d'un exutoire de restitution.

Mesures ponctuelles très délicates sur les cours d'eau à fort transport solide :

- Cours d'eau à tresse
- Flux non négligeable dans un épais lit de galet

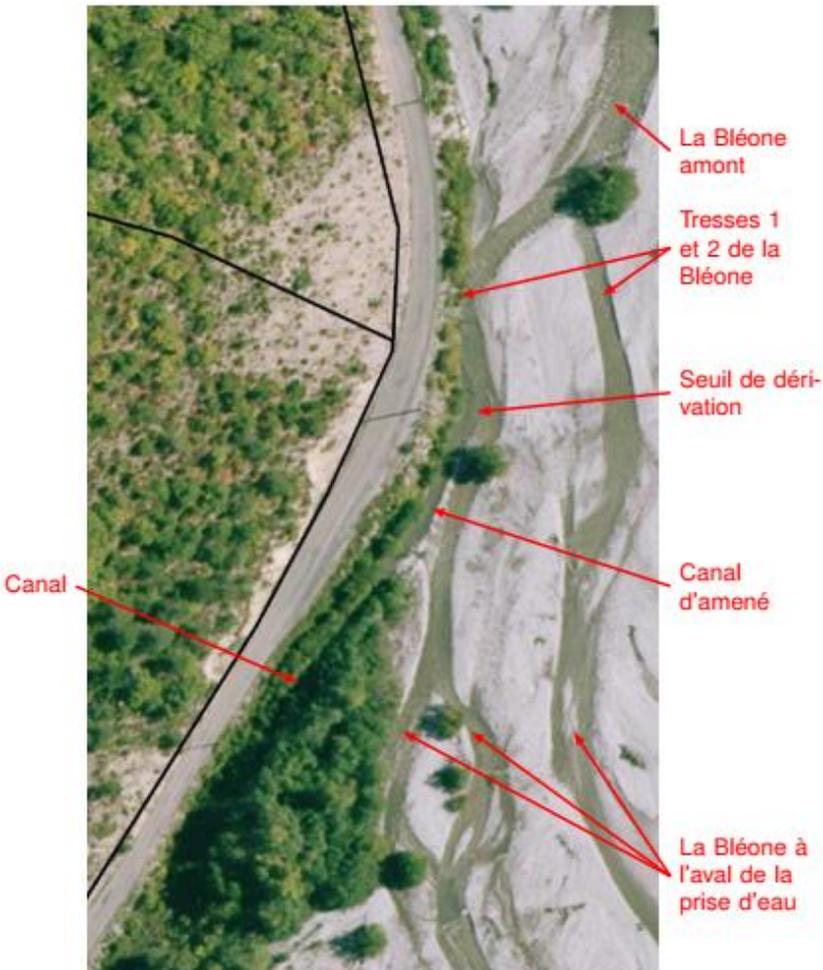


FIGURE 11.1 – Plan de la prise d'eau Canal de Chaudol ©IGN

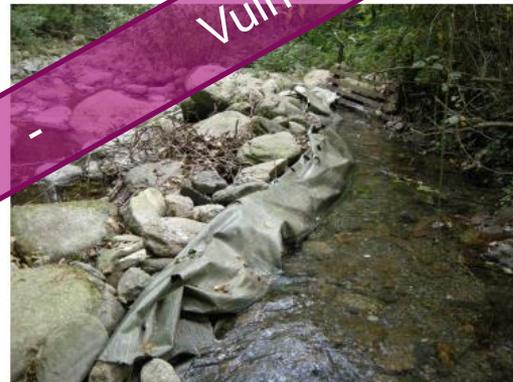
Vulnérabilité des prises d'eau : Seuil de dérivation

8/18



(a) Canal de la plaine (P.-O.)

FIGURE 3.8 – Photo d'un seuil non étanche (Canal de Chaudol)



(b) Canal de Cambon (Gard)

FIGURE 3.9 – Photo d'un seuil partiellement étanche (Canal de la Lliteria)

Seuil non étanche ou partiel

Seuil étanche

Sans seuil
Canal de Joncet (P.-O.)

2/18

8/18

8/18

Vulnérabilité

+

++

Pierre Le Fauchoux © Irstea

Pierre Le Fauchoux © Irstea

David Dorchies © Irstea

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU



Vulnérabilité des prises d'eau : Exutoire de restitution

12/18

Avec dispositif

6/18



Aucun dispositif de restitution du débit réservé



David Dorchies © Irstea

FIGURE 3.11 – Echanture dans le seuil de dérivation (Canal du Prat-Pialoux)



Orifice du canal du Prat (30)



RÉGULATION DES DÉBITS SUR LES PRISES GRAVITAIRES : TYPOLOGIE DES RISQUES LIÉS AU DÉBIT RESTITUÉ ET RÉSULTATS DE MESURES EN CONTINU



Vulnérabilité des prises d'eau : Régulation débit prélevé



(a) Canal de Caudiès (P.-O.)

Vanne en tête



(a) Canal du Bac de Joncet (P.-O.)

Vanne aval avec déversoir



Buse

(a) Entrée de la buse



(b) Canal de Cambon (Gard)

Déversoir de décharge

4/18

5/18

3/18

2/18

4/18

Vulnérabilité

Aucun dispositif de régulation du débit prélevé

David Dorchies © Irstea

RÉGULATION DES DÉBITS SUR LES PRISES GRAVITAIRES TYPOLOGIE DES RISQUES LIÉS AU DÉBIT RESTITUÉ ET RÉSULTATS DE MESURES EN CONTINU

Vulnérabilité des prises d'eau : Prises multiples sur un seuil

3/18

Prises multiples
sur un seuil

Vulnérabilité +

Prise unique
sur un seuil

15/18

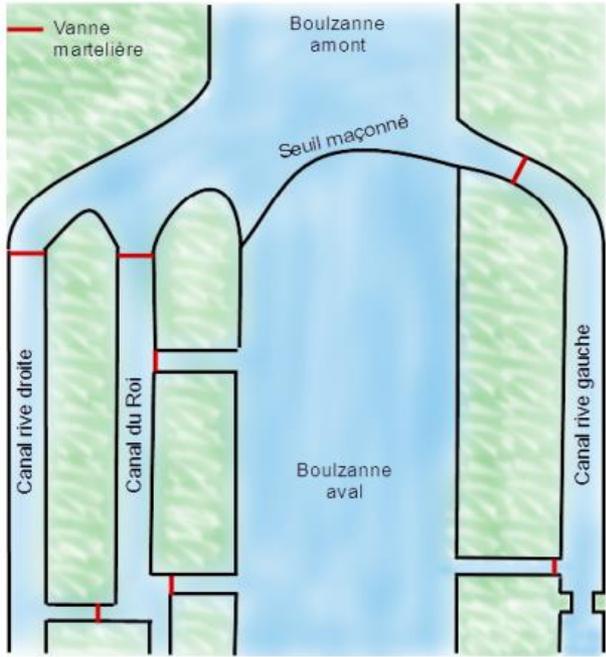


FIGURE 4.12 – Plan de la prise d'eau Canal de Caudiès

FIGURE 4.9 – Plan de la prise d'eau Canal de Prat ©IGN

David Dorchies © Irstea

RÉGULATION DES DÉBITS SUR LES PRISES GRAVITAIRES : TYPOLOGIE DES RISQUES LIÉS AU DÉBIT RESTITUÉ ET RÉSULTATS DE MESURES EN CONTINU





Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)
- Méthodologie de l'étude
- Principes de régulation du débit restitué
- Caractérisation du risque de non respect du débit
réservé
- **Adaptation des prises pour le respect du débit
réservé**
- Sites pilotes : mesures en continu

Adaptabilité des prises pour le respect du débit réservé



Sans seuil



FIGURE 5.4 – Photo d'un seuil partiellement étanche (Canal de la Literà)

Seuil non étanche sans exutoire



(b) Canal de Cambon (Gard)

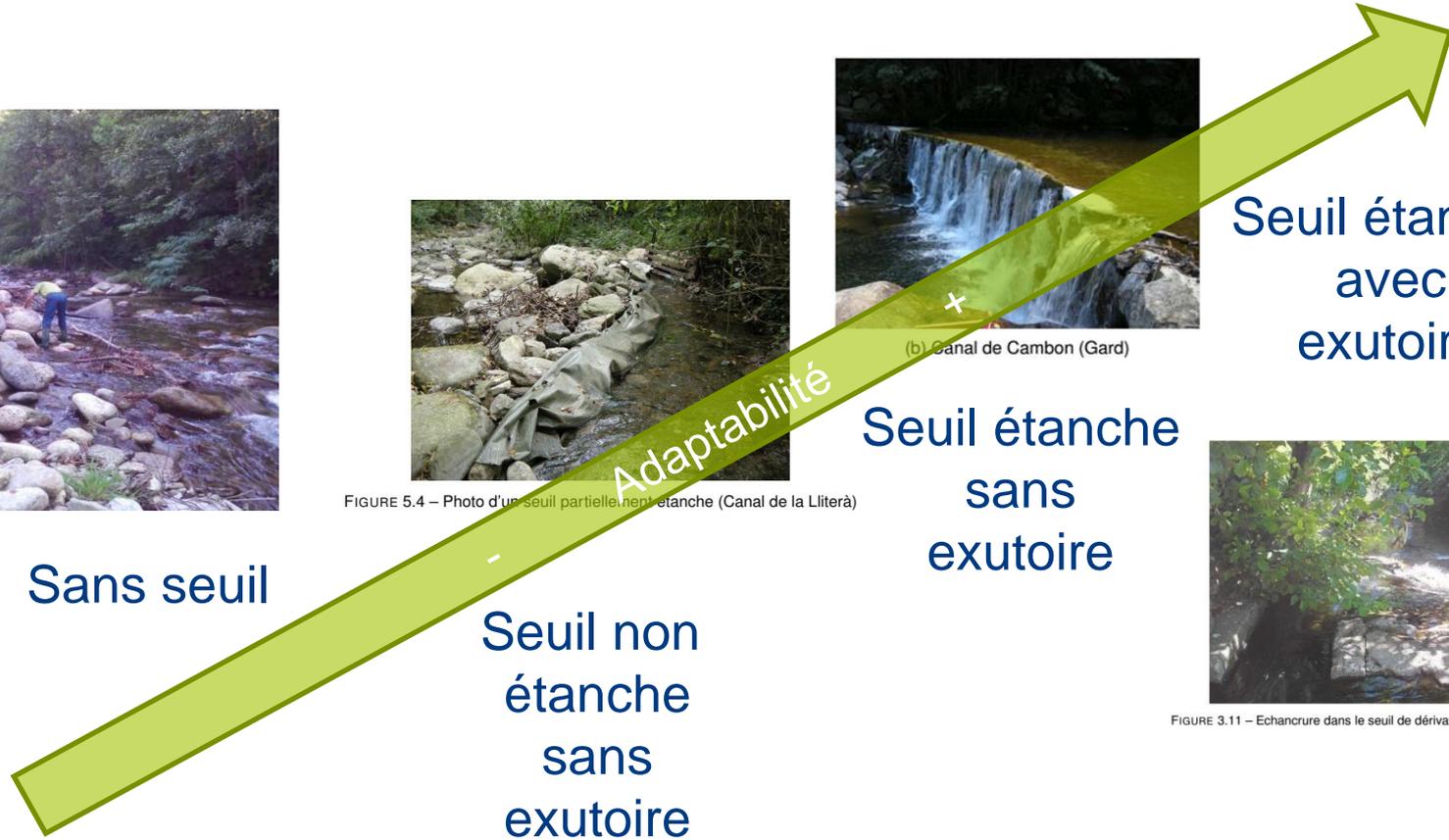
Seuil étanche sans exutoire



FIGURE 3.11 – Echanture dans le seuil de dérivation (Canal du Prat-Pialoux)

Seuil étanche avec exutoire

Adaptabilité



RÉGULATION DES DÉBITS SUR LES PRISES GRAVITAIRES : TYPOLOGIE DES RISQUES LIÉS AU DÉBIT RESTITUÉ ET RÉSULTATS DE MESURES EN CONTINU

Comment adapter les prises pour respecter le débit réservé

Prise sans seuil ou avec seuil partiel (rivière en tresse...)

- Impossible de contrôler le débit restitué mais vulnérabilité faible

Prise avec seuil non étanche

- Étanchéifier le seuil (batardeaux amovibles...)
- Aménager un exutoire pour le débit réservé (échancrure, orifice...)
- Rehausser la prise d'eau avec un batardeau (priorité au débit restitué)



Seuil et prise d'eau
Canal du Gion (04)

Adaptabilité des prises pour le respect du débit réservé

Prise avec seuil étanche sans exutoire de restitution

- Aménager un exutoire de restitution :
 - Échancrure ou orifice dans le seuil
 - Créer un orifice à l'aval de la prise
- Rehausser la prise d'eau (priorité restitution)
 - Batardeau sur la prise si échancrure ou orifice dans le seuil
 - Batardeau à l'aval de la décharge si exutoire à l'aval de la prise

Prise avec seuil étanche et exutoire de restitution

- Ouvrir l'exutoire de restitution
 - La totalité des vannes de fond et de décharge était fermées lors de l'inventaire
- Rehausser la prise d'eau (priorité restitution)
 - Batardeau sur la prise si échancrure ou orifice dans le seuil
 - Batardeau à l'aval de la décharge si exutoire à l'aval de la prise



Régulation des débits sur les prises gravitaires : Typologie des risques liés au débit restitué et résultats de mesures en continu

- Présentation du projet MADRiD
(convention ONEMA 2016-2018)
- Méthodologie de l'étude
- Principes de régulation du débit restitué
- Caractérisation du risque de non respect du débit
réservé
- Adaptation des prises pour le respect du débit
réservé
- **Sites pilotes : mesures en continu**

Sites pilotes : mesures en continu

Canal du Gion à Clumanc dans le ravin du Gion (Alpes-de-Haute-Provence)



Canal de Caudiès sur la Boulzane à Caudiès-de-Fenouillèdes (Pyrénées-Orientales)

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Canal du Gion



RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Prise d'eau du canal du Gion



Gion amont

Gion aval

Canal

Seuil non
étanche

RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Seuil de mesure sur le Gion à l'aval de la prise

Construit à l'aval du seuil
Suffisamment bas pour ne pas
perturber la dérivation actuelle
(Seuil de dérivation dénoyé)



RÉG
DES
SUR
PRIS
GRA
TYPO
DES
LIÉS
RÉSULT
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Seuil de mesure sur le Gion à l'aval de la prise

Seuil avec une échancrure comprenant un seuil mince

- Seuil mince de 69 cm de large
- Seuil épais de 20 cm situé 11 cm plus haut de 2,71 m de large

La pente est suffisante pour que le seuil de dérivation et le seuil de mesure soient dénoyés



RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

Seuil de mesure sur le canal du Gion



Seuil situé suffisamment loin de la prise pour que la courbe de remous du seuil ne perturbe pas le débit prélevé.

Seuil mince paroi de 40 cm de large avec une hauteur max de 30 cm.

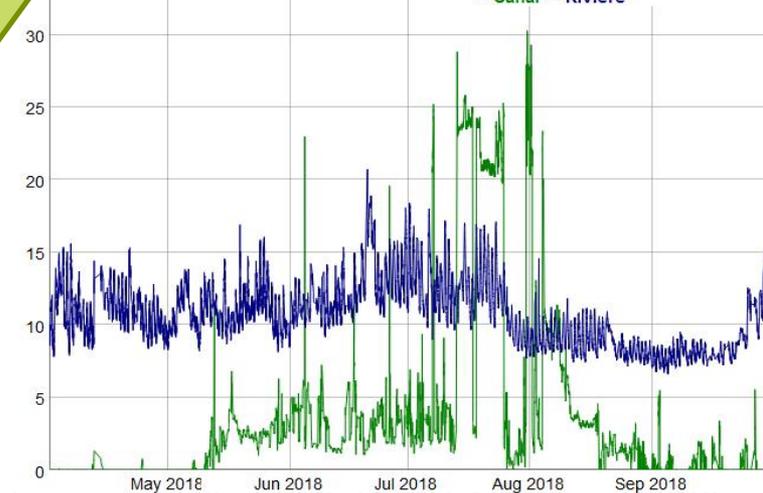
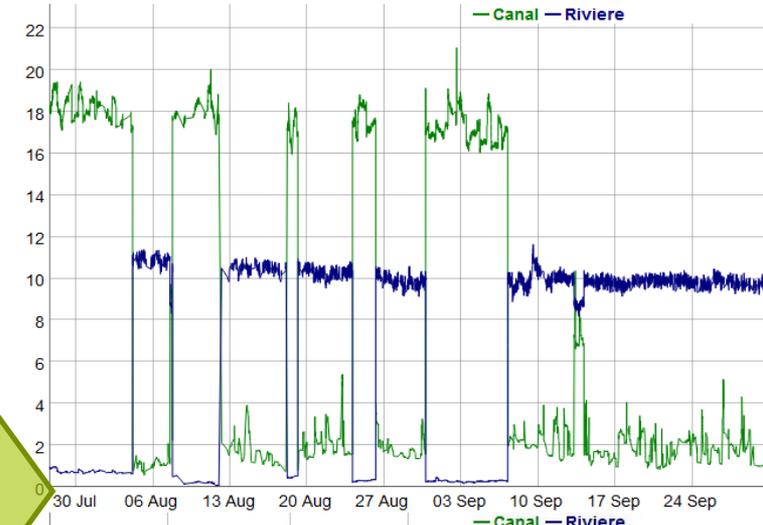
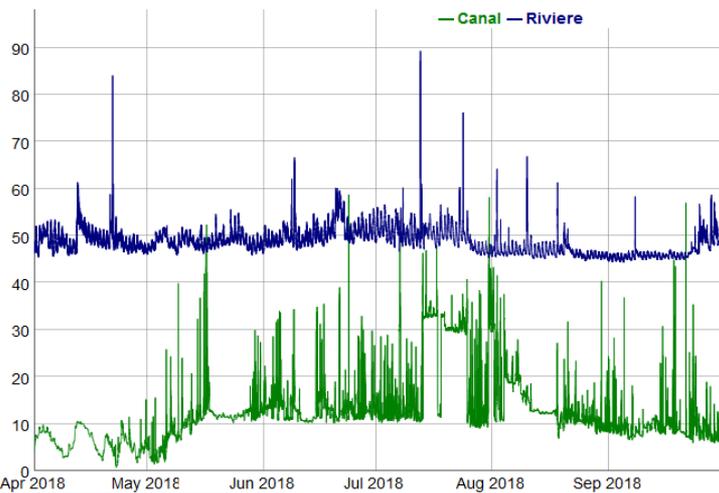
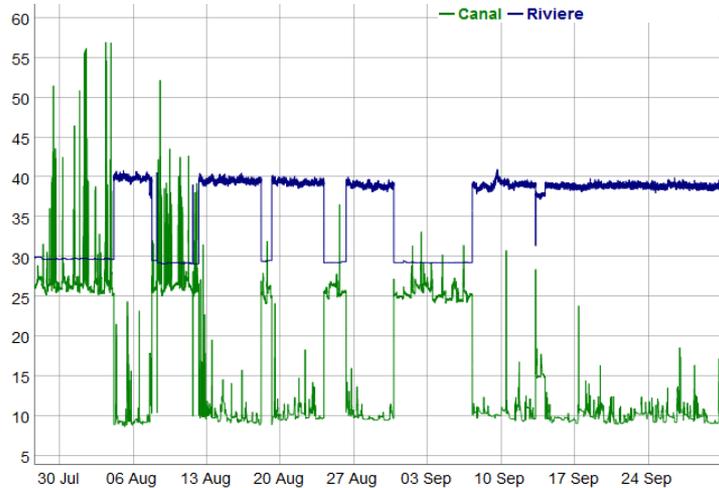
Matériel de mesure

Mesure de niveau d'eau à l'amont de chaque seuil par capteur de pression

Enregistrement des données sur Centrale Campbell CR800 alimentée par batterie 12 V.



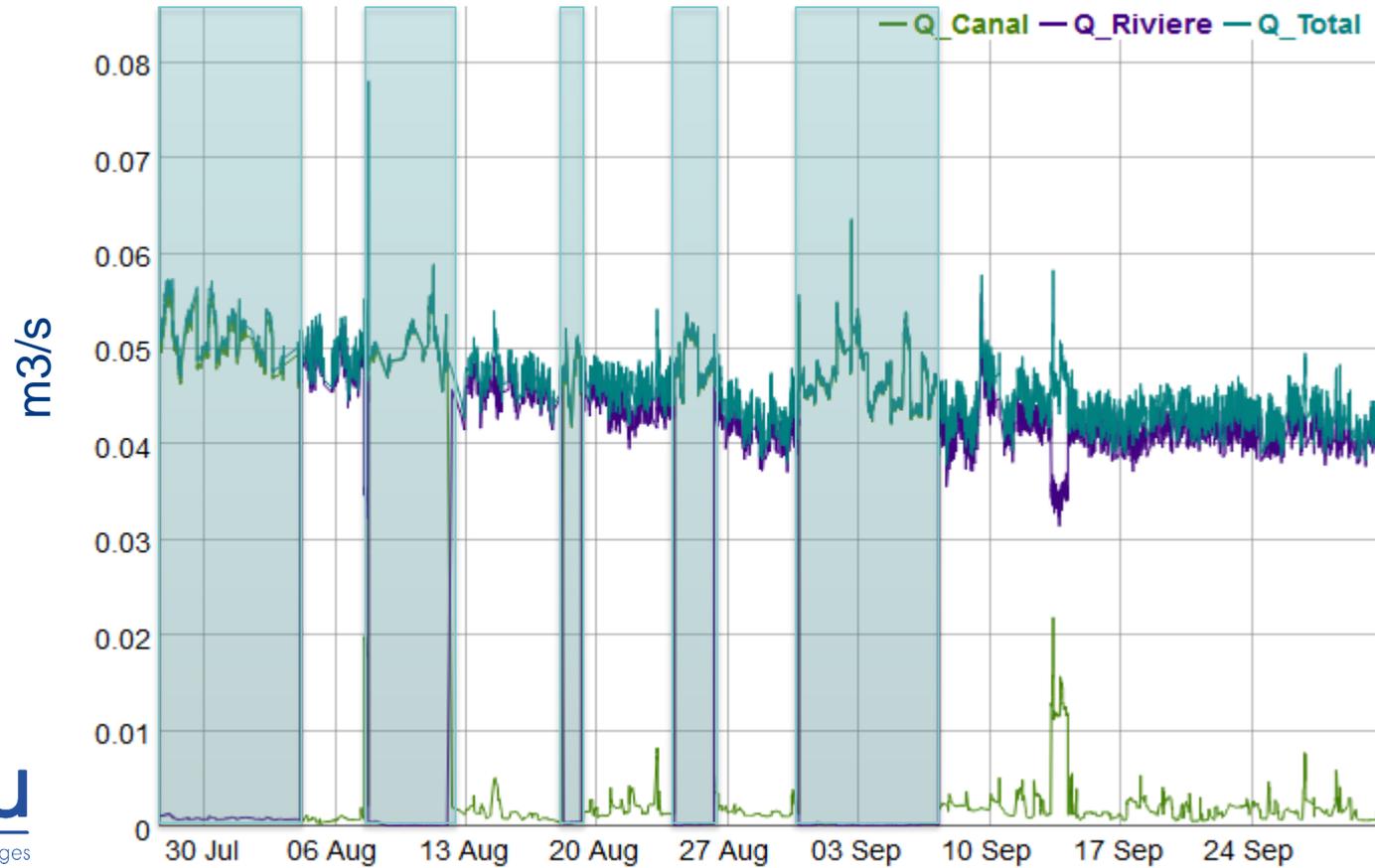
Mesures des niveaux d'eau



Calcul des débits: Saison 2017

■ Périodes de prélèvements

Débit de la rivière quasi-nul durant les prélèvements

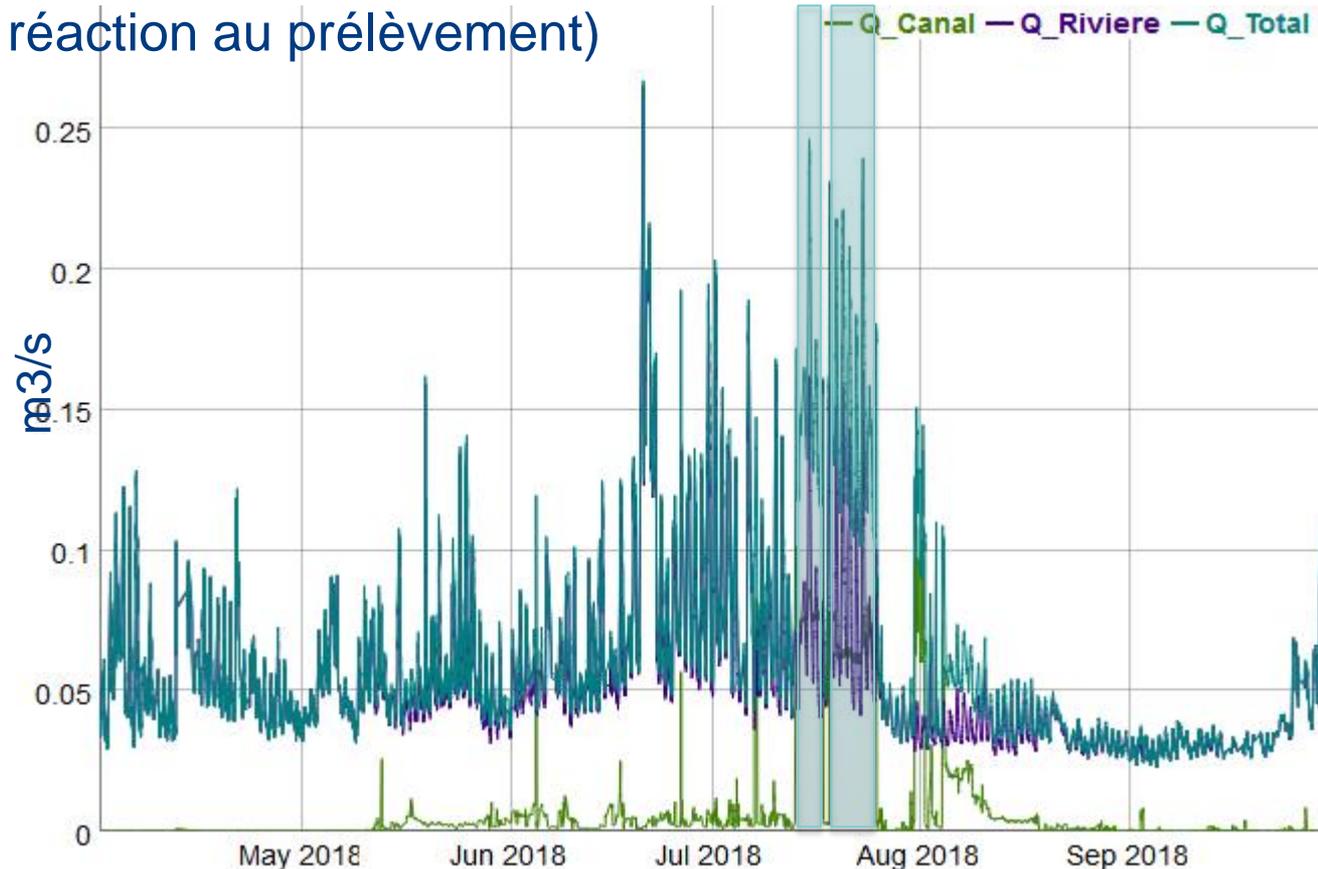


RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU

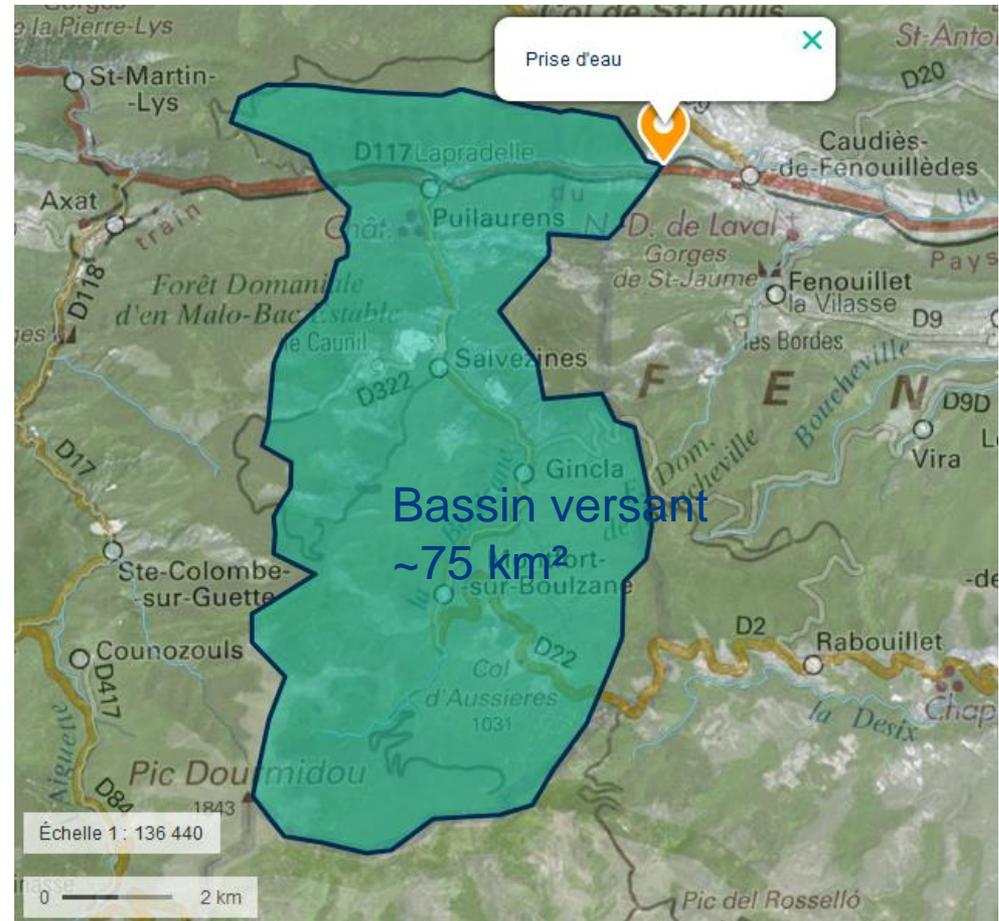
Calcul des débits: Saison 2018

Périodes de prélèvements

Capteur rivière défaillant (oscillations anormales + absence de réaction au prélèvement)



Canal de Caudiès



RÉGULATION
DES DÉBITS
SUR LES
PRISES
GRAVITAIRES :
TYPOLOGIE
DES RISQUES
LIÉS AU DÉBIT
RESTITUÉ ET
RÉSULTATS
DE MESURES
EN CONTINU



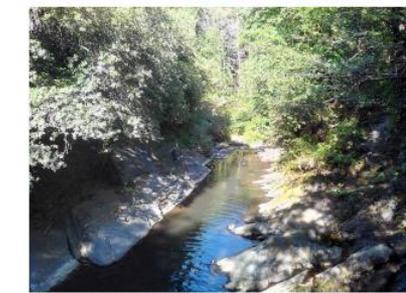
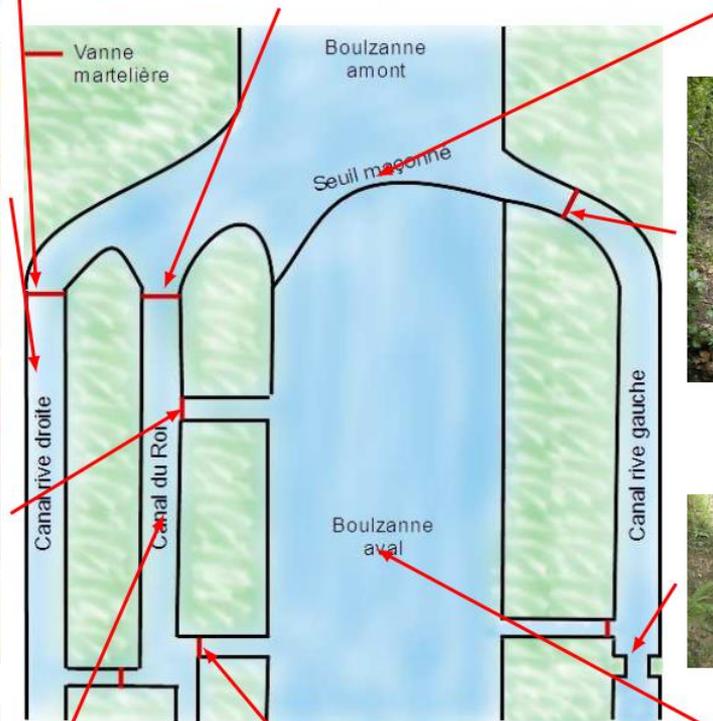
Description du site

Caractéristiques principales

Un seuil étanche

3 prises d'eau équipées de vannes martellières

Exutoires de décharge sur les 3 canaux



RÉGULATION DES DÉBITS SUR LES PRISES GRAVITAIRES : TYPOLOGIE DES RISQUES LIÉS AU DÉBIT RESTITUÉ ET RÉSULTATS DE MESURES EN CONTINU



Matériel de mesure



Seuil de mesure sur chaque canal :

- Canal rive droite : mesure amont-aval (ennoisement du seuil possible)
- Canal du Roi : mesure amont
- Rivière : mesure à l'amont du seuil de dérivation



RESPECT DU
DÉBIT MINIMAL
SUR LES
PRISES D'EAU
D'IRRIGATION :
ÉTAT DES
LIEUX

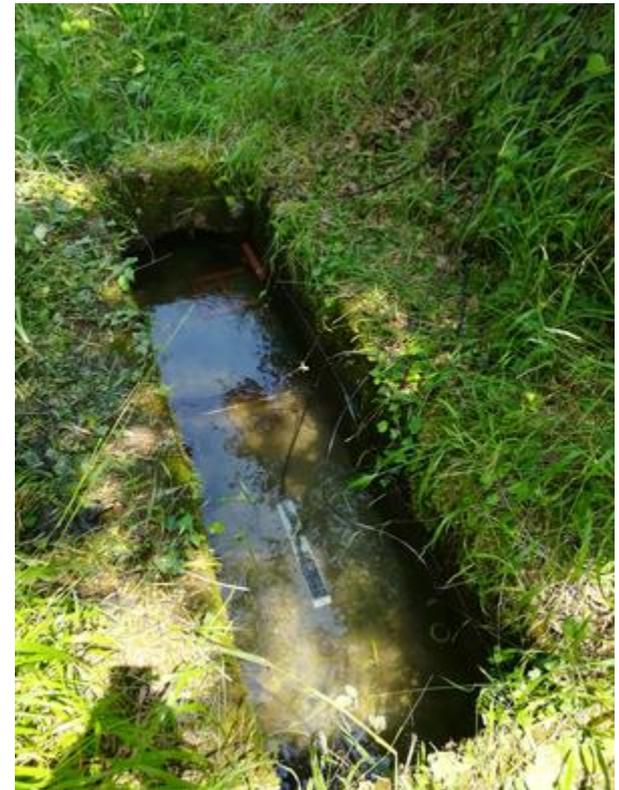
Canal gauche seuil noyé : sabot ADCP

Problématique

- Le niveau de prélèvements à l'aval noie le seuil
- La mesure amont / aval ne suffit pas pour mesurer les faibles débits

Solution technique testée

- Mesure des niveaux amont et aval du seuil
- Mesure de la vitesse moyenne de l'écoulement au milieu de la section avec un sabot ADCP





Difficultés métrologiques pour le débit de la rivière

Fiabilité du débit de la rivière pour les faibles débits

- Seuil très large \Rightarrow débit très sensible aux faibles variations de niveau
- Le seuil n'est pas parfaitement horizontal
- Faible niveau très sensible aux embâcles

Solution à tester

- Utiliser les manœuvres d'ouverture / fermeture des canaux pour caler la loi de débit du seuil

Traitement des données en cours...

Remerciements

- Noël Piton (CRA PACA)
- Christophe Lafon (CRA Languedoc-Roussillon)
- Jonathan Perrot et Jean Bertrand (CA P.-O.)
- Maud Kerlaud et Fabienne Guytot (CA Alpes-de-Hautes-Provence)
- Muriel Leroux (CA Gard)
- Anne-Claire Guenée et Marie-Anne Le Gall (CA Lozère)
- Ainsi que les présidents d'ASA et les gestionnaires de canaux qui nous ont ouvert leurs canaux et nous ont parfois accompagnés sur le terrain 😊

