

Logiciel Cassiopée 4

Guide de prise en main illustré

> Version 4.12.0 – Septembre 2020

*Sylvain Richard (OFB), Dominique Courret (OFB)
David Dorchies (INRAE), Mathias Chouet (INRAE)
Ludovic Cassan (IMFT)*



pôle de recherche et développement en écohydraulique



Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages

Sommaire (1/2)

- Introduction : [installation](#) et [principes de fonctionnement](#)
- [Enregistrer](#) et [charger](#) une session
- Conception des [passes à bassins](#)
 - Module « [Passe à bassins : chute](#) »
 - Module « [Passe à bassins : nombre de chutes](#) »
 - Module « [Passe à bassins : puissance dissipée](#) »
 - Module « [Passe à bassins : dimensions](#) »
 - Module « [Passe à bassins : cloisons](#) »
 - Module « [Passe à bassins](#) »
 - Module « [Passe à bassins](#) » pour la vérification des passes existantes
 - Module « [Lois d'ouvrage](#) » pour le dimensionnement des entrées piscicoles des passes à bassins
 - Module « [Lechapt-Calmon](#) » pour le dimensionnement d'une conduite de débit d'attrait
- Conception des [passes à macrorugosités en enrochements régulièrement répartis](#)
 - Module « [Concentration de blocs](#) »
 - Module « [Passe à macro-rugosités](#) » (radier sans pente latérale)
 - Module « [Passe à macro-rugosités complexe](#) » (devers latéral ou radiers multiples)
- Conception des [passes à ralentisseurs](#)
 - Module « [Passe à ralentisseurs : calage](#) »
 - Module « [Passe à ralentisseurs : simulation](#) »

Sommaire (2/2)

- Vérification des critères de franchissement des passes à poissons
 - Module « Caractéristiques d'une espèce »
 - Module « Vérification d'une passe »
- Conception des prises d'eau ichtyocompatibles
 - Module « Pertes de charge, grille de prise d'eau »
 - Module « Lois de déversoirs dénoyés »
 - Module « Régime uniforme »
 - Module « Trajectoire et impact d'un jet »



- Logiciel accessible en ligne :

<https://cassiopee.g-eau.fr>

➔ *via un navigateur internet récent (Firefox, Chrome, Chromium, Safari, Edge)*

- Versions exécutables pour Windows, macOS, Linux/Debian et Android :

<https://cassiopee.g-eau.fr/cassiopee-releases/>

- Accès à la documentation (en ligne et en .pdf) :

<https://cassiopee.g-eau.fr/assets/docs/fr/index.html>

https://cassiopee.g-eau.fr/assets/docs/pdf/cassiopee_doc_fr.pdf

- Cassiopée est un logiciel consacré à l'hydraulique des rivières avec notamment **l'aide au dimensionnement des dispositifs de franchissement**, l'hydraulique agricole et l'hydraulique à surface libre en général.
- Dans sa version actuelle, Cassiopée permet la conception et la vérification :
 - Des passes à bassins (avec échancrures rectangulaires et triangulaires, fentes, orifices) et des passes en enrochement à rangées périodiques
 - Des passes à ralentisseurs (plans, Fatou, suractifs, chevrons)
 - Des passes en enrochements régulièrement réparties (radier horizontal, radier avec devers, radiers multiples, rugosités à faces planes et arrondies)
 - Des prises d'eau ichtyocompatibles inclinées et orientées (vitesses et pertes de charges au niveau des grilles, seuil de contrôle du débit et canal, trajectoire et vitesse d'impact du jet)
 - Intègre des outils de calculs hydrauliques complémentaires
- Cassiopée permet de vérifier le respect des critères de franchissabilité des dispositifs pour les espèces cibles
- Un module pour les pré-barrages (alimentation en eau complexe) est en cours de développement

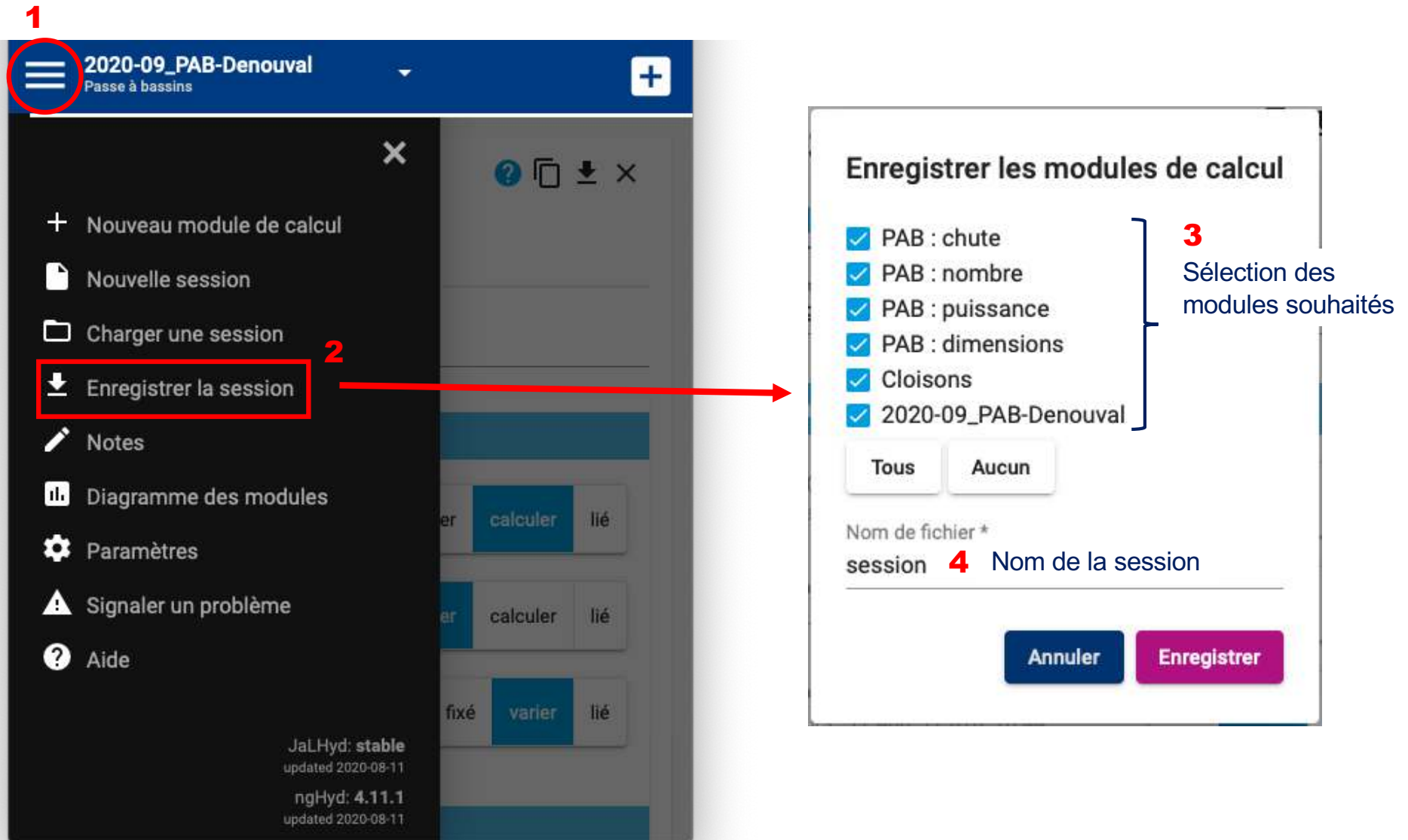
- Cassiopée se présente sous la forme de **modules de calcul indépendants** permettant chacun de résoudre une équation
- Pour chaque paramètre de l'équation, on peut fixer une valeur, faire varier des valeurs ou mettre en calcul le paramètre
- Les résultats du calcul affichent les paramètres fixés et le paramètre calculé et éventuellement des résultats complémentaires
- Les paramètres ou les résultats de calcul peuvent être “liés” entre modules afin de réaliser des enchaînements de calculs complexes.
- Les projets sont à enregistrer en local (.json) et les résultats peuvent être sauvegardés ou exportés (.png ou .xlsx)



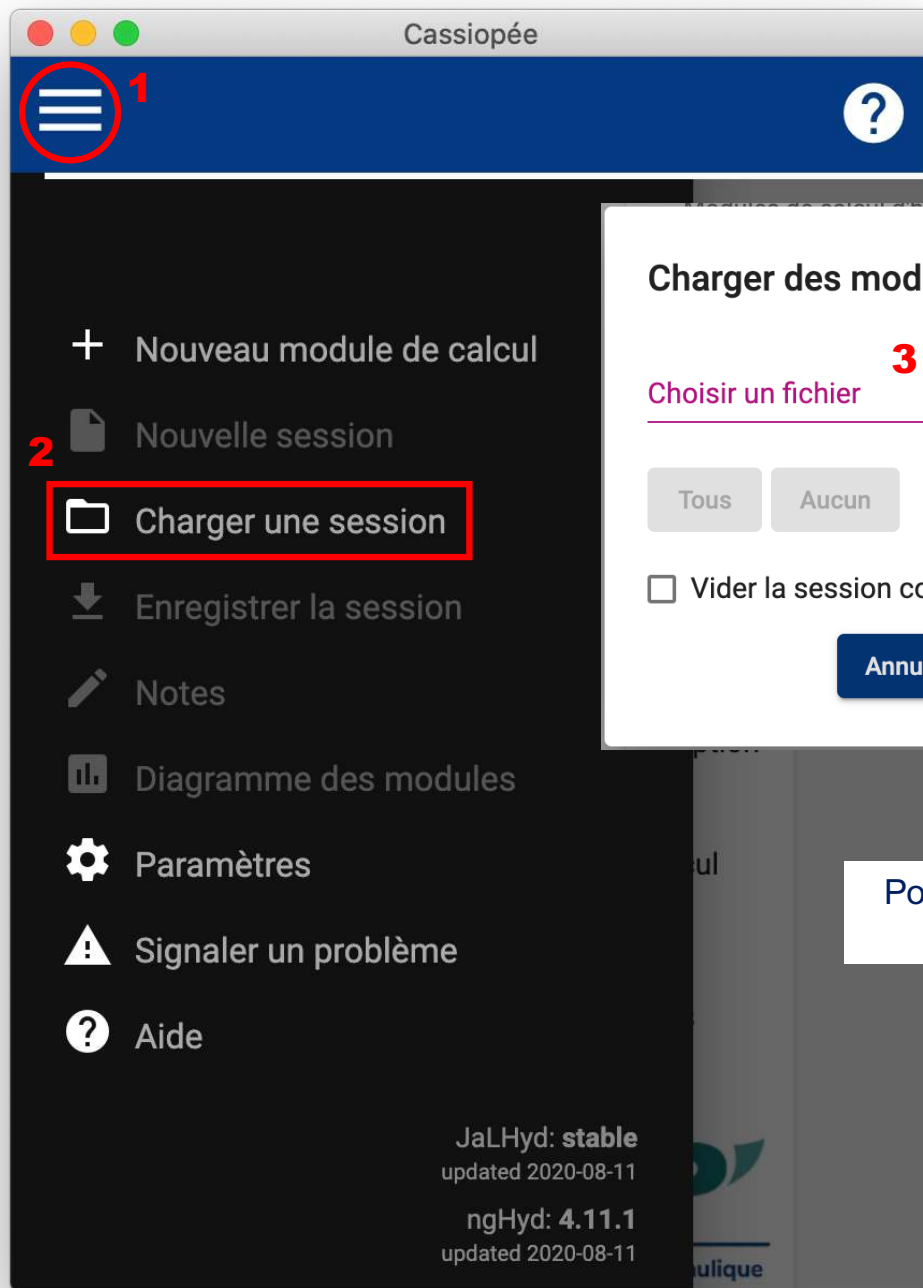
ENREGISTRER ET CHARGER UNE SESSION

■ Enregistrer une session

- ➔ Une session peut être composée de plusieurs modules de calcul
- ➔ Enregistre un fichier .json dans le dossier 'Téléchargement'



■ Charger une session



Charger des modules de calcul

Choisir un fichier

Tous

Aucun

☐ Vider la session courante

Annuler

Charger

Possibilité de choisir les modules à charger

Charger des modules de calcul

Choisir un fichier

2020-09_PAB-Denouval.json

×

- ☒ PAB : chute
- ☒ PAB : nombre
- ☒ PAB : puissance
- ☒ PAB : dimensions
- ☒ Cloisons
- ☒ 2020-09_PAB-Denouval

Tous

Aucun

☐ Vider la session courante

Annuler

Charger

CONCEPTION DES PASSES À BASSINS

Passe à bassins



Outils de dimensionnement d'une passe à poissons de type passe à bassins ou encore appelée échelle à poisson

Passe à bassins : chute

Passe à bassins : nombre de chutes

Passe à bassins : puissance dissipée

Passe à bassins : dimensions

Passe à bassins : Cloisons

Passe à bassins

- Démarche de conception identique à l'ancienne version de Cassiopée
- Basée sur 5 outils de dimensionnement (modules) permettant de définir puis de générer la géométrie de la passe à bassins
- Permet le dimensionnement des cloisons équipées d'orifices, de fentes et d'échancrures rectangulaires (seuils minces ou épais), triangulaires (seuils minces ou épais) ou triangulaires tronquées

- Module « Passe à bassins : chute »

➔ Permet de calculer la chute totale, le niveau d'eau amont ou le niveau d'eau aval étant donné 2 des 3 paramètres renseignés

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

Passe à bassins : chute ? ⓘ ⬇ ×

Utilisé par PAB : nombre, Cloisons

DONNÉES RÉSULTATS

Nom du module de calcul *
PAB : chute

Cote et chute de la passe

Cote amont (m) *
20.09

fixé varier calculer lié

Cote aval (m) *
17.46

fixé varier calculer lié

Chute (m)
En calcul

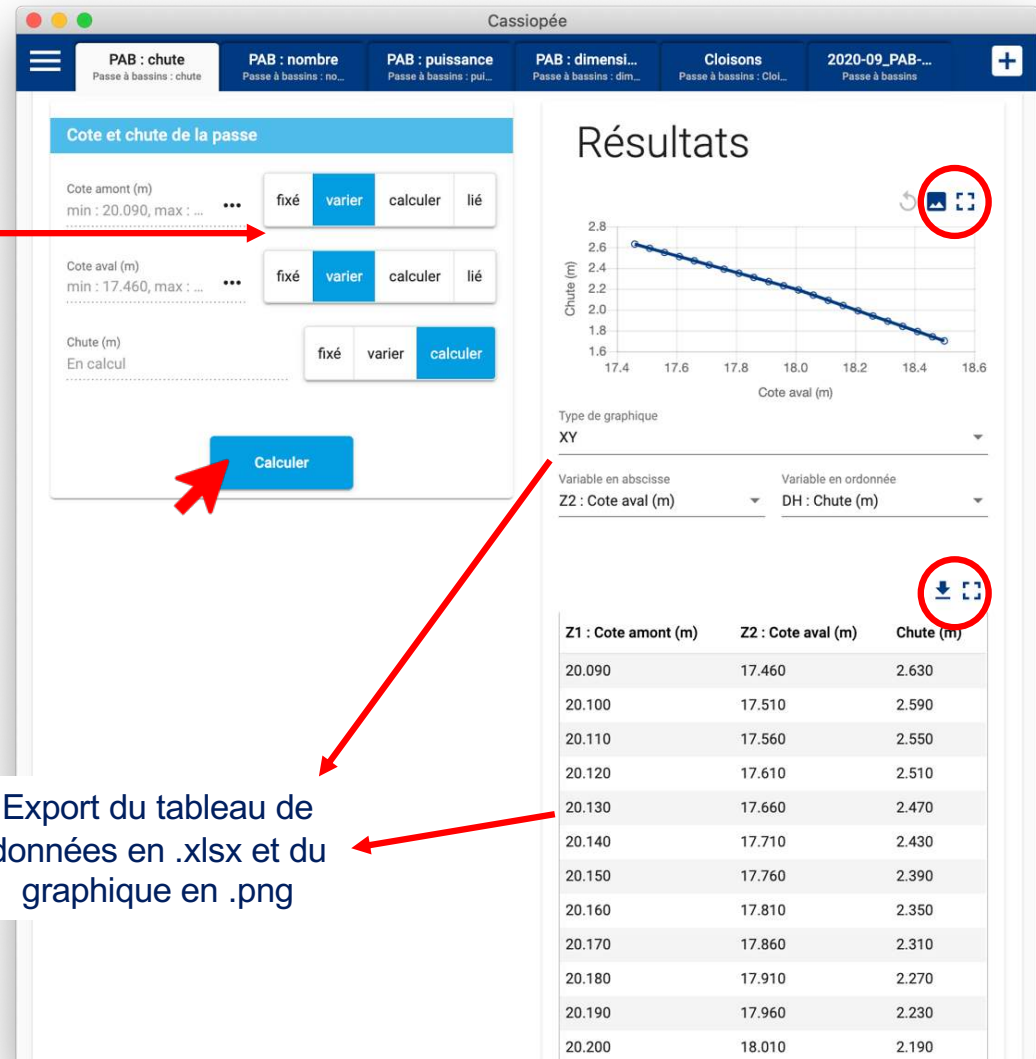
fixé varier calculer

Calculer

DONNÉES **RÉSULTATS**

Paramètres fixés	Valeurs
Cote amont (m)	20.090
Cote aval (m)	17.460
Chute (m)	2.630

Paramètres fixes
ou variables



Export du tableau de
données en .xlsx et du
graphique en .png

■ Module « Passe à bassins : nombre de chutes »

➔ Permet de calculer le nb de chutes lorsque que l'on renseigne la chute entre bassins ou la chute entre bassins lorsque l'on donne le nb de chutes

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

PAB : nombre
Passe à bassins : nombr...

PAB : puissance
Passe à bassins : puissa...

PAB : dimensions
Passe à bassins : dimen...

Cloisons
Passe à bassins : Cloisons

2020-09_PAB-De...
Passe à bassins

Passe à bassins : nombre de chutes

Utilisé par PAB : puissance , Cloisons

Nom du module de calcul *
PAB : nombre

Chute et nombre de chutes

Chute totale (m) *
2.630 - Chute (PAB : chute)

fixé varier calculer **lié**

Nombre de chutes
En calcul

fixé varier calculer

Chute entre bassins (m) *
0.2

fixé varier calculer

Calculer

Résultats

Export des résultats

Paramètres fixés	Valeurs
Chute entre bassins (m)	0.200
Chute totale (m)	2.630
Nombre de chutes	13.000
DHR: Chute résiduelle (m)	0.030
Nombre de chutes, harmonisation vers le bas	13.000
Chute entre bassins, harmonisation vers le bas (m)	0.202
Nombre de chutes, harmonisation vers le haut	14.000
Chute entre bassins, harmonisation vers le haut (m)	0.188

Possibilité de lier le paramètre pour récupérer le résultat du calcul précédent

Export des résultats

Résultat du calcul

Indique si chute résiduelle et propose d'ajuster le nb de chute ou la chute entre bassins

- Module « Passe à bassins : puissance dissipée »

Cassiopée

PAB : puissance
Passe à bassins : puissance dissipée

Utilisé par PAB : dimensions, Cloisons

Données Résultats

Nom du module de calcul *
PAB : puissance

Paramètres

Chute entre bassins (m) *
0.202 - Chute entre bassins (PAB : nombre)

Débit (m³/s) *
2.8

Volume (m³)
En calcul

Puissance dissipée (W/m³) *
140

Calculer

Données Résultats

Paramètres fixés	Valeurs
Débit (m³/s)	2.800
Puissance dissipée (W/m³)	140.000
Chute entre bassins (m)	0.202
Volume (m³)	39.693

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

PAB : nombre
Passe à bassins : nombre

PAB : puissance
Passe à bassins : puissance

PAB : dimensions
Passe à bassins : dimensions

Cloisons
Passe à bassins : Cloisons

2020-09_PAB-De...
Passe à bassins

Paramètres

Chute entre bassins (m)
min : 0.150, max : 0.250, pa...

Débit (m³/s) *
2.8

Volume (m³)
En calcul

Puissance dissipée (W/m³) *
140

Calculer

Résultats

Type de graphique
XY

Variable en abscisse
DH : Chute entre bassins (m)

Variable en ordonnée
V : Volume (m³)

Paramètres fixés

Paramètres fixés	Valeurs
Débit (m³/s)	2.800
Puissance dissipée (W/m³)	140.000

DH : Chute entre bassins (m)

DH : Chute entre bassins (m)	Volume (m³)
0.150	29.430
0.160	31.392
0.170	33.354
0.180	35.316
0.190	37.278
0.200	39.240
0.210	41.202
0.220	43.164
0.230	45.126
0.240	47.088
0.250	49.050

Export du tableau de données en .xlsx et du graphique en .png

➔ Permet de calculer la chute entre bassins, le débit, le volume des bassins ou la puissance dissipée étant donné 3 des 4 paramètres renseignés

- Module « Passe à bassins : dimensions »

Cassiopée

PAB : dimensions
Passe à bassins : dimensions

Passe à bassins : dimensions ? ? ?

Utilisé par Cloisons

DONNÉES RÉSULTATS

Nom du module de calcul *

PAB : dimensions

Dimensions du bassin

Longueur (m) *

5

fixé varier calculer

Largeur (m) *

5

fixé varier calculer

Tirant d'eau (m)

En calcul

fixé varier calculer

Volume (m³) *

39.693 - Volume (PAB : puissance)

fixé varier calculer lié

Calculer

DONNÉES **RÉSULTATS**

Paramètres fixés	Valeurs
Longueur (m)	5.000
Largeur (m)	5.000
Volume (m³)	39.693
Tirant d'eau (m)	1.588

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

PAB : nombre
Passe à bassins : nombr...

PAB : puissance
Passe à bassins : puisa...

PAB : dimensions
Passe à bassins : dimen...

Cloisons
Passe à bassins : Cloiso...

2020-09_PAB-D...
Passe à bassins

Passe à bassins : dimensions ? ? ?

Utilisé par Cloisons

Nom du module de calcul *

PAB : dimensions

Dimensions du bassin

Longueur (m) *

5

fixé varier calculer

Largeur (m)

min : 4.500, max : 5.500, pas : 0...

fixé varier calculer

Tirant d'eau (m)

En calcul

fixé varier calculer

Volume (m³) *

39.693 - Volume (PAB : puis...

fixé varier calculer lié

Calculer

Résultats

Tirant d'eau (m)

1.80

1.70

1.60

1.50

1.40

4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 5.0 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5

Largeur (m)

Type de graphique

XY

Variable en abscisse

W : Largeur (m)

Variable en ordonnée

Y : Tirant d'eau (m)

Paramètres fixés	Valeurs
Longueur (m)	5.000
Volume (m³)	39.693

W : Largeur (m)	Tirant d'eau (m)
4.500	1.764
4.600	1.726
4.700	1.689
4.800	1.654
4.900	1.620
5.000	1.588
5.100	1.557
5.200	1.527
5.300	1.498
5.400	1.470
5.500	1.443

➔ Permet de calculer la longueur du bassin, la largeur du bassin, le tirant d'eau moyen ou le volume du bassin étant donné 3 des 4 paramètres renseignés

■ Module « Cloison » : dimensionnement et calage de la 1^{ère} cloison

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

PAB : nombre
Passe à bassins : nombre de chu...

PAB : puissance
Passe à bassins : puissance disal...

PAB : dimensions
Passe à bassins : dimensions

Cloisons
Passe à bassins : Cloisons

2020-09_PAB-Denouval
Passe à bassins

+

Passe à bassins : Cloisons

Nom du module de calcul *
Cloisons

Paramètres hydrauliques

Débit total (m³/s) *
2.800 - Débit (PAB : puissance) fixé varier calculer lié

Cote de l'eau amont (m) *
20.090 - Cote amont (PAB : chute) fixé varier lié

Longueur du bassin (m) *
5.000 - Longueur (PAB : dimensions) fixé varier lié

Largeur du bassin (m) *
5.000 - Largeur (PAB : dimensions) fixé varier lié

Profondeur moyenne du bassin (m) *
1.59 fixé varier lié

Chute (m) *
0.202 - Chute entre bassins (PAB : nombre) fixé varier calculer lié

Ouvrages

Ouvrage n°1 1 + - ↕

Ouvrage
Seuil rectangulaire

Loi de débit
Fente noyée (Larinier)

Charge (m) *
1.69 fixé varier calculer

Largeur du déversoir (m)
En calcul (valeur initiale: 0.200) ... fixé varier calculer lié

Coefficient de débit fente *
0.75 fixé varier calculer

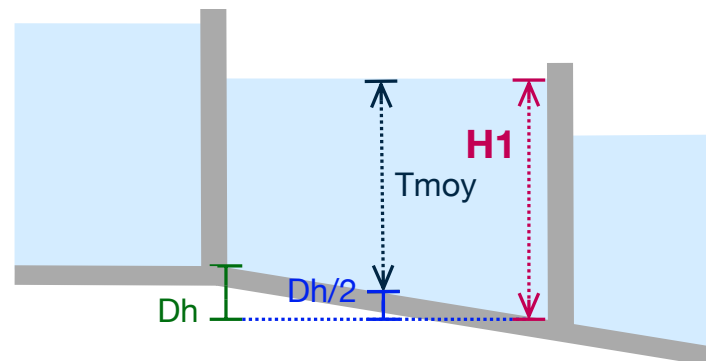
Calculer

→ Permet de dimensionner et de caler la 1^{ère} cloison puis de générer le tableau de géométrie de la passe à bassins

Possibilité d'ajouter/supprimer différents types d'ouvrages (orifice, seuil rectangulaire, seuil triangulaire, seuil triangulaire tronqué, vanne rectangulaire), avec leurs formules hydrauliques associées

Rappel : pour les fentes verticales, si les fentes descendent jusqu'au radier :

$$H_1 = T_{\text{moy}} + (Dh/2)$$



■ Module « Cloison » : lois de débits pour les passes à bassins et utilisations

Type d'ouvrages	Lois de débits	Utilisations	
Orifice noyé	Loi d'orifice noyé	[orifices noyés]	
<hr/>			
Seuil rectangulaire	Seuil mince	Loi de fente (Larinier 1992)	[fentes verticales]
		Loi d'échancrure (Villemonthe 1947)	[échancrures jets plongeants, échancrures profondes alternées, cloisons déversantes]
	Seuil épais	Loi déversoir / orifice (Cemagref CEM88(D) 1988)	[pré- barrages, enrochements en rangées périodiques]
<hr/>			
Seuil triangulaire*	Seuil mince	Loi d'échancrure (Villemonthe 1947)	[cloisons déversantes]
	Seuil épais	Loi d'échancrure (Bos 1989)	[pré- barrages]
Seuil triangulaire tronqué*	Seuil mince	Loi d'échancrure (Villemonthe 1947)	[cloisons déversantes]
<hr/>			
Vanne rectangulaire	Loi déversoir / orifice (Cemagref CEM88(D) 1988)	[masque de surface, régulation entrée hydraulique]	

* pour les seuils ½ triangulaires ou ¼ triangulaires tronqués, il convient de diviser par 2 le coefficient de débit pour calculer la débitance de l'ouvrage

47

* pour les seuils ½ triangulaires ou ½ triangulaires tronqués, il convient de diviser par 2 le coefficient de débit pour calculer la débitance de l'ouvrage

■ Module « Cloison » : dimensionnement et calage de la 1^{ère} cloison

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

PAB : nombre
Passe à bassins : nomb...

PAB : puissance
Passe à bassins : puis...

PAB : dimensions
Passe à bassins : dime...

Cloisons
Passe à bassins : Clois...

2020-09_PAB-D...
Passe à bassins

Passe à bassins : Cloisons

Nom du module de calcul *
Cloisons

Paramètres hydrauliques

Débit total (m³/s) *
2.800 - Débit (PAB : puissa...
fixé varier calculer lié

Cote de l'eau amont (m) *
20.090 - Cote amont (PAB : chute)
fixé varier lié

Longueur du bassin (m) *
4.5
fixé varier lié

Largeur du bassin (m) *
5.000 - Largeur (PAB : dimensions)
fixé varier lié

Profondeur moyenne du bassin (m) *
1.78
fixé varier lié

Chute (m) *
0.202 - Chute entre bassin...
fixé varier calculer lié

Ouvrages

Ouvrage n°1 1 + - [] [] [] [] [] []

Ouvrage
Seuil rectangulaire

Loi de débit
Fente noyée (Larnier)

Charge (m)
En calcul (valeur initiale: 1...
fixé varier calculer

Largeur du déversoir (m) *
1
fixé varier calculer lié

Coefficient de débit fente *
0.75
fixé varier calculer

Calculer

Résultats

Générer une passe à bassins

Paramètres fixés	Valeurs
Longueur du bassin (m)	4.500
Profondeur moyenne du bassin (m)	1.780
Ouvrage n°1: Largeur du déversoir (m)	1.000
Ouvrage n°1: Coefficient de débit fente	0.750
Débit total (m³/s)	2.800
Cote de l'eau amont (m)	20.090
Largeur du bassin (m)	5.000
Chute (m)	0.202
Charge (m)	1.874
Puissance volumique dissipée (W/m³)	138.751
Cote de radier mi-bassin (m)	18.108
Cote du radier amont (m)	18.209
Ouvrage n°1 : Charge	1.874
Ouvrage n°1 : Type d'écoulement	Surface libre
Ouvrage n°1 : Régime	Noyé
Ouvrage n°1 : Type de jet	De surface
Ouvrage n°1 : Débit total (m³/s)	2.800
Ouvrage n°1 : Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne (m)	18.216
Ouvrage n°1 : Pelle (m)	0.007

Résultat du paramètre en calcul

Cote radier mi- bassin de B1

Cote du radier en amont immédiat du déversoir

Caractéristiques de l'écoulement au niveau de chaque ouvrage

Cote de déversement de la crête de chaque ouvrage

Hauteur de pelle de chaque ouvrage

- Module « Cloison » : dimensionnement et calage de la 1^{ère} cloison

Cassiopée

PAB : chute
Passe à bassins : chute

PAB : nombre
Passe à bassins : nomb...

PAB : puissance
Passe à bassins : puis...

PAB : dimensions
Passe à bassins : dime...

Cloisons
Passe à bassins : Clois...

2020-09_PAB-D...
Passe à bassin

Passe à bassins : Cloisons

?

Nom du module de calcul *

Cloisons

Paramètres hydrauliques

Débit total (m³/s) *
2.800 - Débit (PAB : puisa...
fixé
varier
calculer
lié

Cote de l'eau amont (m) *
20.090 - Cote amont (PAB : chute)
fixé
varier
lié

Longueur du bassin (m) *
4.5
fixé
varier
lié

Largeur du bassin (m) *
5.000 - Largeur (PAB : dimensions)
fixé
varier
lié

Profondeur moyenne du bassin (m) *
1.78
fixé
varier
lié

Chute (m) *
0.202 - Chute entre bassin...
fixé
varier
calculer
lié

Ouvrages

Ouvrage n°1
1
+
-
↑
↓

Ouvrage
Seuil rectangulaire

Loi de débit
Fente noyée (Lariniér)

Charge (m)
En calcul (valeur initiale: 1...
fixé
varier
calculer

Largeur du déversoir (m) *
1
fixé
varier
calculer
lié

Coefficient de débit fente *
0.75
fixé
varier
calculer

Calculer

Résultats

Générer une passe à bassins

Paramètres fixés

Valeurs

Longueur du bassin (m)

4.500

Profondeur moyenne du bassin (m)

1.780

Ouvrage n°1: Largeur du déversoir (m)

1.000

Ouvrage n°1: Coefficient de débit fente

0.750

Débit total (m³/s)

2.800

Cote de l'eau amont (m)

20.090

Largeur du bassin (m)

5.000

Chute (m)

0.202

Charge (m)

1.874

Puissance volumique dissipée (W/m³)

138.751

Cote de radier mi-bassin (m)

18.108

Cote du radier amont (m)

18.209

Ouvrage n°1 : Charge

1.874

Ouvrage n°1 : Type d'écoulement

Surface libre

Ouvrage n°1 : Régime

Noyé

Ouvrage n°1 : Type de jet

De surface

Ouvrage n°1 : Débit total (m³/s)

2.800

Ouvrage n°1 : Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne (m)

18.216

Ouvrage n°1 : Pelle (m)

0.007

La passe peut alors être générée à partir des caractéristiques dimensionnelles renseignées et calculées dans le module cloison

Générer une passe à bassins

Débit (m^3/s) *

2.8

Cote amont (m) *

20.2

Nombre de chutes *

13

Annuler **Générer**

Le débit et le niveau d'eau amont sont reportés automatiquement → il faut renseigner le nombre de chutes souhaité

- Module « Passe à bassins » : données

➔ Paramètres hydrauliques : pour simuler le fonctionnement hydraulique de la passe (débit pour un couple niveau d'eau amont-aval donné ou niveau d'eau amont pour un couple débit – niveau aval donné)

Paramètres hydrauliques

Débit (m³/s)
En calcul (valeur initiale: 2.800) ...

Cote amont (m)
Valeurs : 20.090; 20.150; 20.170; 20.250...

Cote aval (m)
Valeurs : 17.460; 17.870; 18.440; 19.320...

Permet de rentrer directement différentes lignes d'eau amont et aval correspondant à la plage de fonctionnement de la passe à bassins

Valeurs multiples (4)

Mode
Liste de valeurs

Liste de valeurs
20.09;20.15;20.17;20.25

Séparateur décimal
(point)

Stratégie d'extension de la liste de valeurs
Répéter la dernière valeur

■ Module « Passe à bassins » : données

➔ Géométrie de la passe : tableau constitué de couples cloison n – bassin n, cloison n+1 – bassin n+1, ... + cloison aval

N° et caractéristiques des bassins (longueur, largeur, cote mi- radier, injection d'un débit d'attrait)

Export du tableau en .xlsx

Géométrie de la passe

Modifier les valeurs

1

<

Caractéristiques des cloisons selon leur nature (cote déversante ZDV, largeur L, surface S, coefficient de débit)

- ➔ Toutes les valeurs peuvent être modifiées manuellement
- ➔ Des couples cloisons – bassins ou des ouvrages au niveau des cloisons peuvent être ajoutés

Dans cet exemple, la cloison aval a été modifiée pour simuler une vanne levante asservie

Calculer

➔ Lance les simulations hydrauliques

■ Module « Passe à bassins » : résultats

Cassiopée

PAB : chute PAB : nombre PAB : puissa... PAB : dimen... Cloisons 2020-09_PA...
 Passe à bassins : ... Passe à bassins : ... Passe à bassins : ... Passe à bassins : ... Passe à bassins : ... Passe à bassins

DONNÉES **RÉSULTATS** GRAPHIQUES

Synthèse du journal de calcul

⚠ Des problèmes sont survenus durant le calcul (info: 0, avertissement: 36, erreur: 0)

Conditions aux limites
 Z1 = 20.090, Z2 = 17.460

Journal de calcul

⚠ Cloison aval : ouvrage n°1 : la formule de l'échancrure n'est pas conseillée pour un ennoiment supérieur à 0.7
 ⚠ Cloison aval : seuil réglé : cote minimale de seuil atteinte

↓

Cloison n°	Cote de l'eau (m)	Cote du radier amont (m)	Chute (m)	Débit (m³/s)	Puissance volumique dissipée (W/m³)	Tirant d'eau moyen (m)	Cote de radier mi-bassin (m)	Débit d'attrait (m³/s)	Type de jet
Amont	20.090								
1	19.890	18.430	0.200	2.805	141.106	1.560	18.330	0	De surface
2	19.690	18.230	0.200	2.805	141.097	1.560	18.130	0	De surface
3	19.490	18.030	0.200	2.805	141.086	1.560	17.930	0	De surface
4	19.290	17.830	0.200	2.805	141.073	1.560	17.730	0	De surface
5	19.090	17.630	0.200	2.805	141.056	1.560	17.530	0	De surface
6	18.890	17.430	0.200	2.805	141.035	1.560	17.330	0	De surface
7	18.690	17.230	0.200	2.805	141.008	1.560	17.130	0	De surface
8	18.491	17.030	0.200	2.805	140.976	1.561	16.930	0	De surface
9	18.291	16.830	0.200	2.805	140.936	1.561	16.730	0	De surface
10	18.091	16.630	0.200	2.805	140.886	1.561	16.530	0	De surface
11	17.891	16.430	0.200	2.805	140.824	1.561	16.330	0	De surface
12	17.692	16.230	0.200	2.805	142.573	1.542	16.150	0	De surface
Aval	17.460	16.150	0.232	2.805					De surface
Cote vanne levante	16.700								

Cote déversante vanne le cas échéant

CONDITIONS AUX LIMITES

Z1 = 20.090, Z2 = 17.460

Z1 = 20.150, Z2 = 17.870

Z1 = 20.170, Z2 = 18.440

Z1 = 20.250, Z2 = 19.320

Menu déroulant pour sélectionner les lignes d'eau

Journal de calcul avec information / avertissements sur les calculs hydrauliques effectués

Tableau des résultats des simulations hydrauliques par couple de lignes d'eau

Rappel des types de jets (plongeants ou de surface)

Export en .xlsx

- Module « Passe à bassins » : graphiques

➔ Sorties graphiques associées aux résultats des simulations hydrauliques



Profil en long de la passe et lignes d'eau simulées dans les bassins (sélection ou désélection d'un élément graphique en cliquant sur sa légende)

Export du schéma en .png

Graphs synthétiques (lignes, points, histogrammes) d'évolutions des paramètres hydrauliques (niveau d'eau, chutes, débits)

Export du schéma en .png

- Module « Passe à bassins » : vérification des passes existantes

➔ Saisie directe des dimensions et altitudes des bassins et cloisons dans le tableau de la géométrie de la passe

Pour ajouter ou supprimer un couple cloison – bassin :

(2) Choix du nombre de lignes à ajouter (3) Créer ou dupliquer la ligne

Géométrie de la passe

Modifier les valeurs Bassins : 3 + [icône] [icône] [icône] [icône] [icône] [icône]

Bassin					Cloison : ouvrage n° 1			
N° de bassin	Longueur du bassin (m)	Largeur du bassin (m)	Débit d'attrait (m³/s)	Cote de radier mi-bassin (m)	Cote du radier amont (m)	Type	Paramètres	Valeurs
1	10	1	0	0	0	Orifice noyé ▼	S	0.1
							CdO	0.7
Aval								

(1) Sélection d'une ligne « cloison-bassin » (mise en surbrillance bleue)

Pour supprimer des lignes, les sélectionner et cliquer sur l'icône « corbeille »

Géométrie de la passe

Modifier les valeurs Bassins : 1 + [icône] [icône] [icône] [icône] [icône] [icône]

Bassin					Cloison : ouvrage n° 1			
N° de bassin	Longueur du bassin (m)	Largeur du bassin (m)	Débit d'attrait (m³/s)	Cote de radier mi-bassin (m)	Cote du radier amont (m)	Type	Paramètres	Valeurs
1	10	1	0	0	0	Orifice noyé ▼	S	0.1
							CdO	0.7
2	10	1	0	0	0	Orifice noyé ▼	S	0.1
							CdO	0.7
3	10	1	0	0	0	Orifice noyé ▼	S	0.1
							CdO	0.7
4	10	1	0	0	0	Orifice noyé ▼	S	0.1
							CdO	0.7
Aval					0	Orifice noyé ▼	S	0.1
							CdO	0.7

(4) Lignes « cloison-bassin » créées

■ Module « Passe à bassins » : vérification des passes existantes

➔ Saisie directe des dimensions et altitudes des bassins et cloisons dans le tableau de la géométrie de la passe

Pour ajouter un ouvrage à une cloison :

(1) Sélection de la cloison (mise en surbrillance bleue)

(2) Nb d'éléments à ajouter

(3) Créer ou dupliquer l'ouvrage

Géométrie de la passe

Modifier les valeurs

Ouvrages : 1

Bassin					Cloison : ouvrage n° 1			
N° de bassin	Longueur du bassin (m)	Largeur du bassin (m)	Débit d'attrait (m³/s)	Cote de radier mi-bassin (m)	Cote du radier amont (m)	Type	Paramètres	Valeurs
1	10	1	0	0	0	Orifice noyé	S	0.1
							CdO	0.7
Aval					0	Orifice noyé	S	0.1
							CdO	0.7

(4) Nouvel ouvrage créé pour chaque cloison

Ouvrages : 1

Cloison : ouvrage n° 1			Cloison : ouvrage n° 2		
Type	Paramètres	Valeurs	Type	Paramètres	Valeurs
Orific...	S	0.1	Écha...	ZDV	100
	CdO	0.7		L	2
				CdWR	0.4
Orific...	S	0.1	Orific...	S	0.1
	CdO	0.7		CdO	0.7

(5) Choix du type d'ouvrage

Pour supprimer un ouvrage à une cloison :

Géométrie de la passe

Modifier les valeurs

(2) Suppression

Ouvrages : 1

Bassin					Cloison : ouvrage n° 1			Cloison : ouvrage n° 2			
N° de bassin	Longueur du bassin (m)	Largeur du bassin (m)	Débit d'attrait (m³/s)	Cote de radier mi-bassin (m)	Cote du radier amont (m)	Type	Paramètres	Valeurs	Type	Paramètres	Valeurs
1	10	1	0	0	0	Orific...	S	0.1	Écha...	ZDV	100
							CdO	0.7		L	2
										CdWR	0.4
Aval					0	Orific...	S	0.1	Orific...	S	0.1
							CdO	0.7		CdO	0.7

(1) Sélection de l'ouvrage (mise en surbrillance bleue)

Ouvrages : 1

Cloison : ouvrage n° 1			Cloison : ouvrage n° 2		
Type	Paramètres	Valeurs	Type	Paramètres	Valeurs
Orific...	S	0.1	Écha...	ZDV	100
	CdO	0.7		L	2
				CdWR	0.4
Orific...	S	0.1			
	CdO	0.7			

(3) Ouvrage supprimé

- Dimensionnement des entrées piscicoles des passes à bassins : module « Lois d'ouvrages »

➔ Permet de dimensionner l'échancrure au niveau de l'entrée piscicole des PAB, qui doit être dans la mesure du possible plus large que les échancrures / fentes des cloisons, pour réduire les réticences des poissons à rentrer dans le dispositif

Géométrie initiale : fente au niveau de l'entrée piscicole

15.973	Fente noyée (Larini...	ZDV	15.982
		L	1.059
		CdWSL	0.79

Cloison n°	Cote de l'eau (m)	Cote du radier amont (m)	Chute (m)	Débit (m³/s)
11	17.865	16.378	0.202	2.800
12	17.662	16.176	0.202	2.800
Aval	17.460	15.973	0.202	2.800

Modification des caractéristiques de l'entrée piscicole

15.973	Échancr...	ZDV	16.6
		L	2.4
		CdWR	0.4

Cloison n°	Cote de l'eau (m)	Cote du radier amont (m)	Chute (m)	Débit (m³/s)
11	17.863	16.378	0.203	2.801
12	17.660	16.176	0.203	2.801
Aval	17.460	15.973	0.200	2.801

Cassiopée

Ouvrages 1

Lois d'ouvrages

Paramètres hydrauliques

Débit total (m³/s) * - Débit (PAB : pui...

Cote de l'eau amont (m) *

Cote de l'eau aval (m) *

Ouvrages

Ouvrage n°1

Ouvrage

Loi de débit

Cote de la crête du déversoir ...

Largeur du déversoir (m) *

Coefficient de débit seuil *

Résultats

Journal de calcul

Ouvrage n°1 : la formule de l'échancrure n'est pas conseillée pour un ennoisement supérieur à 0.7

Paramètres fixés	Valeurs
Cote de l'eau amont (m)	17.660
Cote de l'eau aval (m)	17.460
Ouvrage n°1 : Largeur du déversoir (m)	2.400
Ouvrage n°1 : Coefficient de débit seuil	0.400
Débit total (m³/s)	2.800
Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne (m)	16.600
Ouvrage n°1 : Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne	16.600
Ouvrage n°1 : Type d'écoulement	Surface libre
Ouvrage n°1 : Régime	Noyé
Ouvrage n°1 : Type de jet	De surface
Ouvrage n°1 : Débit total (m³/s)	2.800

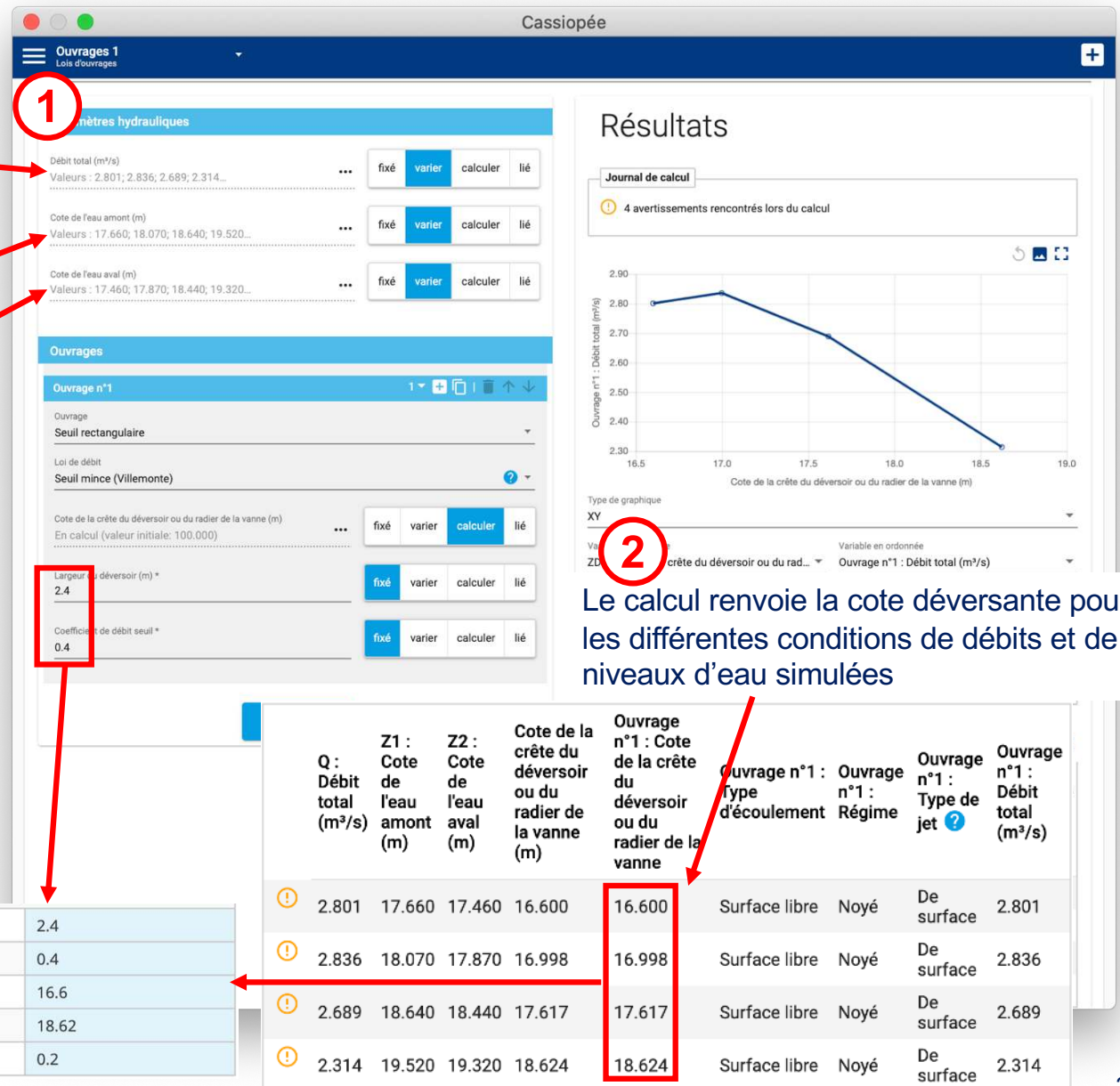
- Dimensionnement des entrées piscicoles des passes à bassins : module « Lois d'ouvrages »

➔ Possibilité de « simuler » le fonctionnement d'une vanne levante asservie au niveau de l'entrée piscicole

Débits simulés pour les différentes conditions hydrologiques

Niveaux d'eau dans le bassin aval pour la chute imposée à l'entrée piscicole (= niveaux d'eau aval + chute imposée)

Niveaux d'eau aval pour les différentes conditions hydrologiques



15.973	Échancrure régulée (...)	L	2.4
		CdWR	0.4
	Cote déversante min	minZDV	16.6
	Cote déversante max	maxZDV	18.62
	Chute imposée (ici 20 cm)	DH	0.2

- Module « Lechapt-Calmon » : pour dimensionner une conduite de débit d'attrait
 - ➔ Permet de calculer le débit, le diamètre de la conduite, la perte de charge totale, la longueur de la conduite ou le coefficient de pertes de charge singulières étant donné 4 des 5 grandeurs renseignées

Différents types de matériaux possibles pour la conduite

Différence entre les niveaux d'eau amont (bassin de prise d'eau) et aval (bassin de restitution)

Cassiopée

Lechapt-C.
Lechapt-Calmon

Type du matériau

Choix du matériau
PVC - Polyéthylène

Caractéristiques hydrauliques

Débit (m³/s) *
1 fixé varier calculer lié

Diamètre du tuyau (m)
En calcul (valeur initiale: 0....) fixé varier calculer

Perte de charge totale (m) *
2 fixé varier calculer

Longueur du tuyau (m) *
15 fixé varier calculer lié

Coefficient de perte de charge singulière *
1.5 fixé varier calculer

Calculer

Résultats

Journal de calcul

⚠ Cette formule n'est pas conseillée pour une vitesse non comprise entre 0.4 et 2 m/s

Paramètres fixés	Valeurs
Débit (m³/s)	1.000
Perte de charge totale (m)	2.000
Longueur du tuyau (m)	15.000
Coefficient de perte de charge singulière	1.500
Diamètre du tuyau (m)	0.526
Vitesse moyenne (m/s)	4.610
Perte de charge linéaire (m)	0.375
Coefficient de perte de charge linéaire	0.346
Coefficient de perte de charge de Darcy	0.065

CONCEPTION DES PASSES À MACRORUGOSITÉS RÉGULIÈREMENT RÉPARTIES

Passe naturelle



Outils de dimensionnement d'une passe à poissons de type passe naturelle ou encore appelée passe à macro-rugosités

Passe à macro-rugosités

Passe à macro-rugosités complexe

Concentration de blocs

- Pour les passes à macro- rugosités régulièrement réparties (les passes à macro- rugosités en rangées périodiques se dimensionnent avec l'outil passes à bassins)
- Fonctionnement des modules selon la même logique que pour les passes à bassins
- Le calcul du débit repose sur l'algorithme et les équations développées par Cassan et Laurens (2016)¹

¹ Cassan L, Laurens P. 2016. Design of emergent and submerged rock-ramp fish passes. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 417, 45

- Module « Concentrations de blocs » :

➔ Permet de calculer la concentration des blocs, le nb de blocs sur la largeur, la largeur de la passe ou le diamètre des blocs étant donné 3 des 4 grandeurs renseignées

Cassiopee

Conc. blocs
Concentration de blocs

Concentration de blocs

Nom du module de calcul *
Conc. blocs

Paramètres de la passe

Concentration *
0.13

fixé varier calculer

Nombre de blocs
En calcul

fixé varier calculer

Largeur de la passe (m) *
5

fixé varier calculer

Diamètre d'un bloc (m) *
0.4

fixé varier calculer

Calculer

Résultats

Paramètres fixés	Valeurs
Concentration	0.130
Largeur de la passe (m)	5.000
Diamètre d'un bloc (m)	0.400
Nombre de blocs	4.000
Largeur d'un motif (m)	1.109
Largeur résiduelle (m)	0.562
Nombre de blocs, harmonisation vers le bas	4.000
Largeur d'un motif, harmonisation vers le bas (m)	1.250
Concentration, harmonisation vers le bas	0.102
Nombre de blocs, harmonisation vers le haut	5.000
Largeur d'un motif, harmonisation vers le haut (m)	1.000
Concentration, harmonisation vers le haut	0.160

Nb de blocs sur la largeur fixée

Largeur d'un motif (= ay)

Largeur non couverte par un motif

Propositions d'ajustements de la concentration pour que la totalité de la largeur de la passe soit couverte par les motifs

- Module « Passe à macro-rugosités » : pour les radiers sans pente latérale

Cassiopée

M-Rugo com... Macro-rugo.

Données hydrauliques fixées

Cote de fond amont (m) * 69.6 fixé varier lié

Longueur (m) * 15 fixé varier lié

Rugosité de fond (m) * 0.15 fixé varier

Données hydrauliques calculables

Largeur (m) * 6.1 fixé varier calculer lié

Pente (m/m) * 0.05 ? fixé varier calculer lié

Débit (m³/s) En calcul fixé varier calculer

Profondeur (m) min : 0.350, max : 0.650, pas : 0.050 fixé varier calculer lié

Concentration de blocs (-) * 0.13 fixé varier calculer

Paramètres des blocs

Diamètre (m) * 0.4 fixé varier

Hauteur (m) * 0.6 fixé varier lié

Forme (1 pour rond, 2 pour carré) * 2 fixé varier

Calculer

Cote du radier de l'amont de la passe

Longueur de la passe

Hauteur émergente de la rugosité de fond

Largeur de la passe

Pente longitudinale de la passe

Débit (en calcul dans l'exemple)

Hauteur d'eau dans la passe au dessus de la rugosité de fond

Concentration des blocs

Diamètre des blocs

Hauteur émergente des blocs

Forme des blocs (1 pour face arrondie, 2 pour face plane, entre 1 et 2 si face irrégulière)

- Module « Passe à macro-rugosités » : pour les radiers sans pente latérale

Sortie graphique lorsque 1 ou plusieurs paramètres varient (export .png)



Avertissements sur les calculs hydrauliques effectués

Journal de calcul

⚠ La largeur de la rampe devrait être un multiple d'un demi motif (0.555m). Les valeurs voisines sont 5.547 et 6.102

Fermer

Paramètres fixés	Valeurs
Cote de fond amont (m)	69.600
Longueur (m)	15.000
Rugosité de fond (m)	0.150
Largeur (m)	6.100
Pente (m/m)	0.050
Concentration de blocs (-)	0.130
Diamètre (m)	0.400
Hauteur (m)	0.600
Forme (1 pour rond, 2 pour carré)	2.000

Y : Profondeur (m)	Débit (m³/s)	Cote de fond aval (m)	Vitesse débitante (m/s)	Froude	Vitesse maximale (m/s)	Puissance volumique dissipée (W/m³)	Type d'écoulement	Strickler équivalent (Si)
⚠ 0.350	1.023	68.850	0.479	0.404	1.172	82.240	Émergent	4.314
⚠ 0.400	1.255	68.850	0.514	0.406	1.259	100.932	Émergent	4.238
⚠ 0.450	1.494	68.850	0.544	0.405	1.331	120.102	Émergent	4.144
⚠ 0.500	1.736	68.850	0.569	0.402	1.391	139.573	Émergent	4.040
⚠ 0.550	1.980	68.850	0.590	0.397	1.441	159.222	Émergent	3.932
⚠ 0.600	2.226	68.850	0.608	0.392	1.483	178.967	Quasi-émergent	3.823
⚠ 0.650	3.750	68.850	0.946	0.586	2.113	301.571	Quasi-émergent	5.637

Tableau des débits et caractéristiques de l'écoulement calculés selon le paramètre qui varie (ici les hauteurs d'eau dans la passe)
Calcul de la cote du radier de l'aval de la rampe
Export .xlsx

■ Module « Passe à macro-rugosités complexe »

Cassiopée

M-Rugo compl...
Passe à macro-rugosités...

Paramètres hydrauliques

Cote de l'eau amont (m) ...
min : 11.000, max : 11.600, pas : 0.100

Chute (m) *
1.5

Paramètres de la passe

Pente (m/m) *
0.05

Rugosité de fond (m) *
0.015

Concentration de blocs (°) *
0.128

Paramètres des blocs

Diamètre (m) *
0.5

Hauteur (m) *
0.45

Forme (1 pour rond, 2 pour carré) *
1

Type de passe

Type de passe
Radier incliné

Cote de radier bas amont rampe (m) *
10.52

Cote de radier haut amont rampe (m) *
10.98

Largeur totale (m) *
10

Calculer

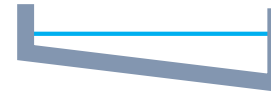
➔ Cas des radiers inclinés (devers latéral)



- ➔ Cote(s) du niveau d'eau amont
- ➔ Chute maximale à franchir
- ➔ Pente longitudinale de la passe
- ➔ Hauteur émergente de la rugosité de fond
- ➔ Concentration des blocs
- ➔ Diamètre des blocs
- ➔ Hauteur émergente des blocs
- ➔ Forme des blocs (1 pour face arrondie, 2 pour face plane, entre 1 et 2 si face irrégulière)
- ➔ Sélection type « radier incliné »
- ➔ Cote point bas du radier amont de la rampe
- ➔ Cote point haut du radier amont de la rampe
- ➔ Largeur de la rampe

■ Module « Passe à macro-rugosités complexe »

➔ Cas des radiers inclinés (devers latéral)



Z1 = 11.000

Z1 = 11.100

Z1 = 11.200

Z1 = 11.300

Z1 = 11.400

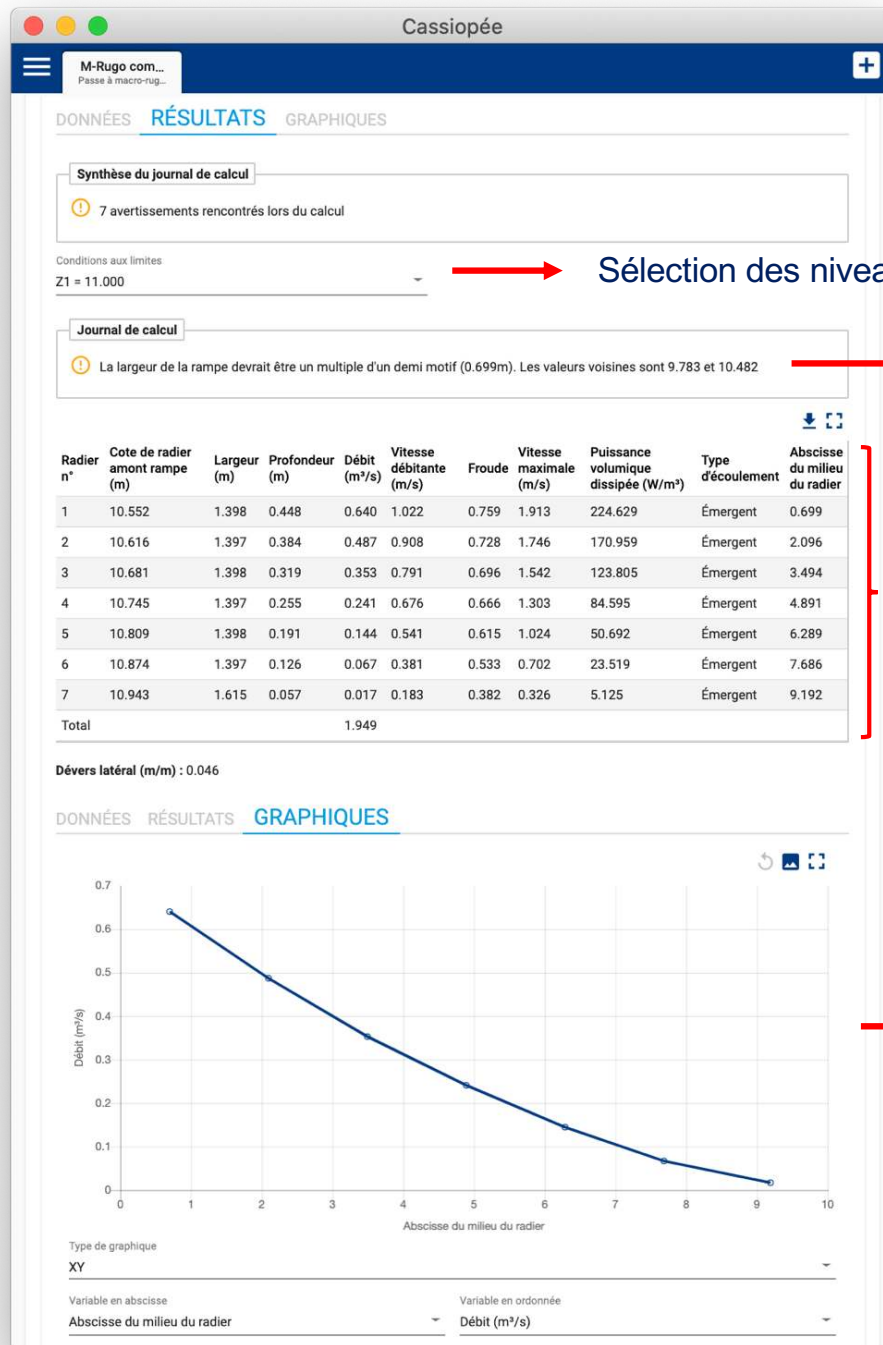
Z1 = 11.500

Sélection des niveaux d'eau amont pour les simulations hydrauliques

Avertissements sur les calculs hydrauliques effectués

Pour chaque ligne d'eau, tableau des résultats des calculs hydrauliques par tranche de largeur (basée sur la largeur d'un motif ay)
Exportable en .xlsx

Pour chaque ligne d'eau, graphique synthétique des résultats
Exportable en .png



■ Module « Passe à macro-rugosités complexe »

➔ Cas des radiers multiples



Cassiopée

M-Rugo co...
Passe à macro-rugosités complexes

Paramètres hydrauliques

Cote de l'eau amont (m) ...
Valeurs : 7.970; 8.310; 8.700...

Chute (m) *
1.37

Paramètres de la passe

Pente (m/m) *
0.045

Rugosité de fond (m) *
0.017

Concentration de blocs (-) *
0.128

Paramètres des blocs

Diamètre (m) *
0.5

Hauteur (m) *
0.9

Forme (1 pour rond, 2 pour carré) *
1

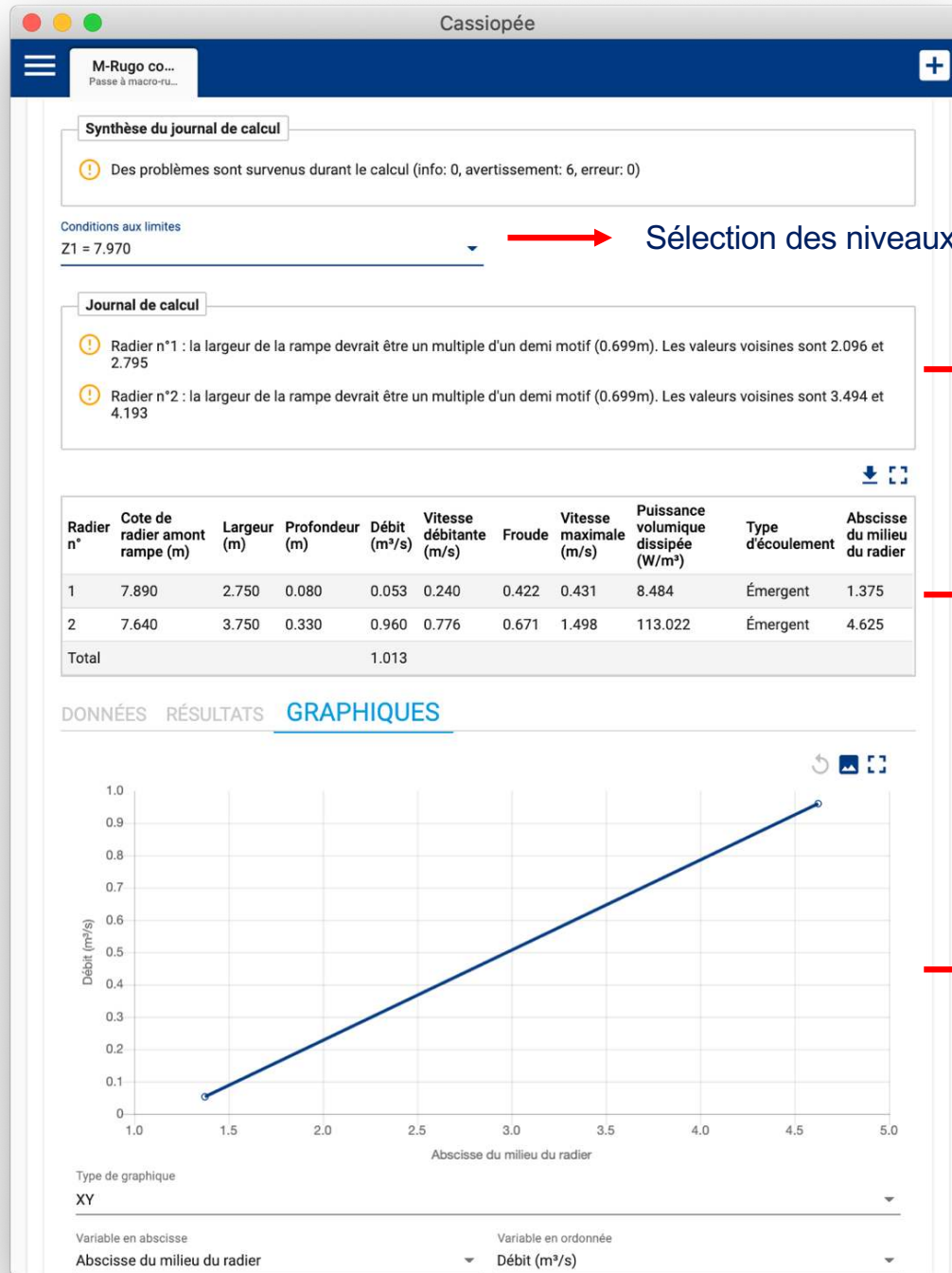
Type de passe

Type de passe
Radiers multiples

Radiers

Radier n°1 <

■ Module « Passe à macro-rugosités complexe »



→ Cas des radiers multiples



Z1 = 7.970

Z1 = 8.310

Z1 = 8.700

Sélection des niveaux d'eau amont pour les simulations hydrauliques

→ Avertissements sur les calculs hydrauliques effectués

→ Pour chaque ligne d'eau, tableau des résultats des calculs hydrauliques par radier
Exportable en .xlsx

→ Pour chaque ligne d'eau, graphique synthétique des résultats
Exportable en .png

CONCEPTION DES PASSES À RALENTISSEURS

Passe à ralentisseurs



Passe à ralentisseurs

Passe à ralentisseurs : calage

Passe à ralentisseurs : simulation

- Pour le dimensionnement des passes à ralentisseurs de types :
 - ralentisseurs plans
 - ralentisseurs de fond suractifs
 - ralentisseurs mixtes (chevrons)
 - ralentisseurs « Fatou »
- Un 1^{er} module permet de caler la passe à ralentisseurs (géométrie, altimétrie, hydraulique)
- Un 2nd module permet de simuler les conditions hydrauliques sur une plage de fonctionnement donnée ou de vérifier le fonctionnement d'une passe existante

■ Module « Passe à ralentisseurs : calage »

➔ Exemple ralentisseurs plans

Paramètres hydrauliques

Débit (m³/s) *
0.057

Cote de l'eau amont (m)
598.41

Cote de l'eau aval (m)
595.04

Géométrie de la passe

Type de passe
Ralentisseurs plans

Charge amont (m)
En calcul

Pente (m/m) *
0.2

Espace entre les ralentisseurs (m)

Largeur totale du ralentisseur / du motif (suractifs) (m) *
0.6

Calculer

➔ Débit dans la passe à ralentisseurs

➔ Niveaux d'eau amont et aval de calage

➔ Types de ralentisseurs

➔ Charge sur la pointe du ralentisseur amont (h_a)

➔ Pente de la passe (domaine d'application des formules entre 8% et 22%)

➔ Espacement P entre les ralentisseurs (facultatif, calculé si non renseigné)

➔ Largeur totale L du ralentisseur ou du motif

■ Module « Passe à ralentisseurs : calage »

Cassiopée

PAR : calage
Passe à ralentisseur...

DONNÉES **RÉSULTATS**

Générer une simulation

Paramètres fixés	Valeurs
Débit (m³/s)	0.057
Cote de l'eau amont (m)	598.410
Cote de l'eau aval (m)	595.040
Charge amont (m)	0.268
Pente (m/m)	0.200
Largeur totale du ralentisseur / du motif (suractifs) (m)	0.600
Hauteur d'eau dans la passe (m)	0.314
Débit adimensionnel (m³/s)	0.065
Vitesse débitante (m/s)	0.996
Cote de déversement à l'amont (m)	598.142
Cote de radier à l'amont (m)	598.025
Cote de déversement à l'aval (m)	594.769
Cote de radier à l'aval (m)	594.651
Espacement entre les ralentisseurs (m)	0.400
Nombre de ralentisseurs	44.000
Longueur de la passe en suivant la pente (m)	17.200
Longueur de la passe en projection horizontale (m)	16.866
Largeur interne du ralentisseur / du chenal (chevrons) (m)	0.350
Hauteur de la base du ralentisseur jusqu'à la base du triangle (m)	0.283
Hauteur de la base du ralentisseur jusqu'à sa pointe déversante (m)	0.142
Hauteur minimale du ralentisseur (m)	1.110
Hauteur maximale du ralentisseur (m)	1.320
Cote d'ase minimale des murs latéraux à l'amont (m)	598.948

➔ Exemple ralentisseurs plans

➔ Permet de lancer le module de simulation hydraulique d'une passe à ralentisseurs

➔ Fonctionnement hydraulique avec les paramètres de calage fixés et calculés

➔ Cotes et dimensions de la passe à ralentisseurs

➔ Caractéristiques géométriques type d'un ralentisseur

■ Module « Passe à ralentisseurs : simulation »

Cassiopée

PAR : calage
Passe à ralentisseur...

PAR : simulati...
Passe à ralentisseur...

Paramètres hydrauliques

Débit (m³/s)
En calcul

Cote de l'eau amont (m)
Valeurs : 598.410; 598.410; 598.620; 598.780...

Cote de l'eau aval (m)
Valeurs : 595.040; 595.130; 595.380; 595.580...

Géométrie de la passe

Type de passe
Ralentisseurs plans

Largeur totale du ralentisseur / du motif (suractifs) (m) *
0.6

Pente (m/m) *
0.2

Espacement entre les ralentisseurs (m)
0.4

Nombre de ralentisseurs (m)
44

Cote de déversement à l'amont (m)
598.142

Cote de radier à l'amont (m)
598.025

Cote de déversement à l'aval (m)
594.769

Cote de radier à l'aval (m)
594.651

Calculer

➔ Exemple ralentisseurs plans

Débit transitant dans la passe à ralentisseurs

Cote(s) du niveau d'eau amont

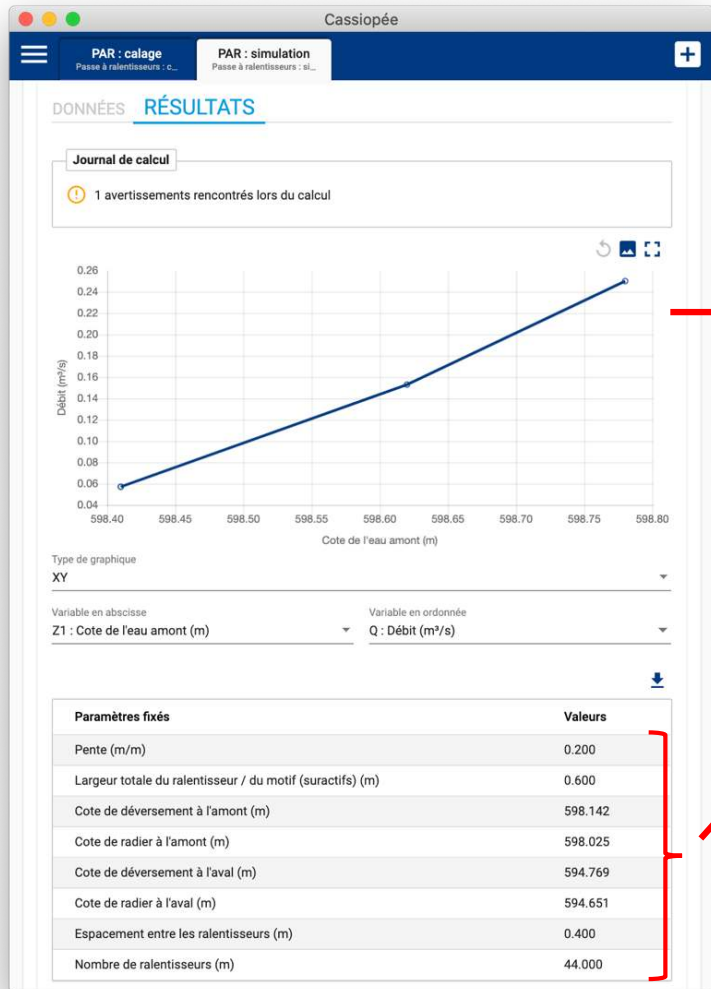
Cote(s) du niveau d'eau aval

Choix du type de passe à ralentisseurs

Report de la géométrie et des cotes calculées par le module « calage »

ou
Géométrie et cotes à rentrer dans le cas d'une vérification d'une passe à ralentisseurs existante

■ Module « Passe à ralentisseurs : simulation »



➔ Exemple ralentisseurs plans

Graphique synthétique des résultats
Exportable en .png

Rappel des paramètres fixés

Tableau du fonctionnement hydraulique de la passe selon le paramètre hydraulique fixé (débit ou niveau d'eau amont)
Exportable en .xlsx

	Z1 : Cote de l'eau amont (m)	Z2 : Cote de l'eau aval (m)	Débit (m³/s)	Hauteur d'eau dans la passe (m)	Débit adimensionnel (m³/s)	Vitesse débitante (m/s)	Espacement entre les ralentisseurs (m)	Cote d'arase minimale des murs latéraux à l'amont (m)	Largeur interne du ralentisseur / du chenal (chevrons) (m)	Hauteur de la base du ralentisseur jusqu'à la base du triangle (m)	Hauteur de la base du ralentisseur jusqu'à sa pointe déversante (m)	Hauteur minimale du ralentisseur (m)	Hauteur maximale du ralentisseur (m)	Charge amont (m)	Nombre de ralentisseur: (m)
!	598.410	595.040	0.057	0.314	0.065	0.997	0.400	598.948	0.350	0.283	0.142	1.110	1.320	0.268	44.000
	598.410	595.130	0.057	0.314	0.065	0.997	0.400	598.948	0.350	0.283	0.142	1.110	1.320	0.268	44.000
	598.620	595.380	0.153	0.508	0.175	1.224	0.400	598.948	0.350	0.283	0.142	1.110	1.320	0.478	44.000
	598.780	595.580	0.250	0.643	0.286	1.451	0.400	598.948	0.350	0.283	0.142	1.110	1.320	0.638	44.000

VÉRIFICATION DES CRITÈRES DE FRANCHISSEMENT DES PASSES À POISSONS

Vérification de passes



Outils de vérification des capacités de franchissement des passes par les différentes espèces de poissons

Vérification d'une passe

Caractéristiques d'une espèce

- Permet de vérifier la compatibilité du fonctionnement hydraulique de la passe avec les capacités de franchissement des espèces cibles
- Pour les passes à poissons de type :
 - Passes à bassins
 - Passes à ralentisseurs
 - Passes en enrochements régulièrement répartis
- Prise en compte de la valeur limite de différents paramètres (chutes entre bassins, tirant d'eau, vitesse d'écoulement...)
- Basé sur les groupes d'espèces et les critères définies dans l'ICE

■ Module « Caractéristiques d'une espèce »

- ➔ **⚠** Les valeurs limites des paramètres hydrauliques pour les différents types de passes à poissons de l'ensemble des groupes d'espèces piscicoles prises en compte dans l'ICE sont déjà renseignées dans Cassiopée
- ➔ Si besoin, ce module permet de créer des espèces supplémentaires et de renseigner des valeurs limites, dans l'objectif de tester la franchissabilité d'un dispositif dans un contexte particulier (Outre-Mer par exemple)

Nom du module de calcul * Espèce		Passes à bassins, jets de surface et orifices	
		Chute maximale (m)	
		Profondeur minimale de bassin (m)	
		Longueur minimale de bassin (m)	
Passes à bassins		Passes à macrorugosités	
Puissance volumique dissipée maximale recommandée (W/m³)		Tirant d'eau minimal (m)	
Puissance volumique dissipée maximale limite (W/m³)		Vitesse d'écoulement maximale (m)	
Charge minimale sur l'échancrure (m)		Passes à ralentisseurs	
Largeur minimale de fente ou échancrure latérale (m)		Tirant d'eau minimal sur les ralentisseurs suractifs de fond / mixte (chevrons) (m)	
Support des jets plongeants Non supportés		Tirant d'eau minimal sur les ralentisseurs plans / Fatou (m)	
		Passes à bassins, jets plongeants	
		Chute maximale (m)	
		Profondeur minimale de bassin (m)	
		Longueur minimale de bassin (m)	

■ Module « Vérification d'une passe »

➔ Permet de vérifier le respect des critères de franchissement des passes à poissons pour les espèces cibles (groupes d'espèces ICE)

Cassiopée

Vérification
Vérification d'une passe

DONNÉES RÉSULTATS

Nom du module de calcul *
Vérification

Paramètres de la passe

Passe à vérifier
PAR : simulation (Passe à ralentisseurs : simulation)

Paramètres des espèces

Groupes d'espèces
Alose feinte (3b) (+ 3 autres)

Calculer

PASSE À VÉRIFIER

PAR : simulation (Passe à ralentisseurs : simulation)

M-Rugo complexe (Passe à macro-rugosités complexe)

2020-09_PAB-Denouval (Passe à bassins)

Choix de la passe à vérifier (au moins un projet de passe doit être ouvert)

Choix du ou des groupes d'espèces à tester

- ☐ Espèce personnalisée : Espèce
- ☐ Saumon, truite [50-100] (1)
- ☐ Mulets (2)
- ☐ Grande Alose (3a)
- ☒ Alose feinte (3b)
- ☐ Lamproie marine (3c)

■ Module « Vérification d'une passe »

The image displays three screenshots of the 'Vérification d'une passe' (Pass Verification) module in the Cassiopée software, illustrating different verification scenarios for different types of passes.

Left Screenshot (Passes à bassins): The 'Synthèse du journal de calcul' (Calculation Log Summary) shows a green checkmark indicating that the franchissement (crossing) criteria are met for all species and modalities. The 'Conditions aux limites' (Boundary Conditions) are Z1 = 70.160. The 'Journal de calcul' (Calculation Log) lists several items with yellow warning icons and green checkmarks, indicating various warnings and successful verifications.

Middle Screenshot (Passes à ralentisseurs): The 'Synthèse du journal de calcul' shows a yellow warning icon indicating that only certain modalities of the pass are franchissables. The 'Conditions aux limites' are Z1 = 20.090, Z2 = 17.460. The 'Journal de calcul' lists several items with green checkmarks and one item with a red warning icon, indicating successful verifications and one failure.

Right Screenshot (Passes à ralentisseurs): The 'Synthèse du journal de calcul' shows a red warning icon indicating that franchissement is impossible for at least one group of species for all modalities of the pass. The 'Conditions aux limites' are Z1 = 598.410, Z2 = 595.130. The 'Journal de calcul' lists several items with green checkmarks and two items with red warning icons, indicating successful verifications and two failures.

Red arrows point from the 'Choix des lignes d'eau' (Choice of water lines) text to the 'Conditions aux limites' section in each screenshot. A red arrow points from the 'Exemple pour les passes à bassins' text to the 'Journal de calcul' section in the middle screenshot. A red arrow points from the 'Exemple pour les passes à ralentisseurs' text to the 'Journal de calcul' section in the right screenshot.

Choix des lignes d'eau

Exemple pour les passes à bassins

Exemple pour les passes à ralentisseurs

CONCEPTION DES PRISES D'EAU ICHTYOCOMPATIBLES

Dévalaison



Outils de dimensionnements des ouvrages présents sur les prises d'eau des centrales hydroélectriques dites "ichthyocompatibles" et constituées de plans de grilles fines associés à un ou plusieurs exutoires.

Trajectoire et impact d'un jet

Perte de charge, grille de prise d'eau

Régime uniforme

Lois de déversoirs dénoyés

- Pour le dimensionnement des prises d'eau ichthyocompatibles :
 - plans de grille (vitesses, surface, pertes de charge)
 - organe de contrôle du débit de dévalaison
 - caractéristiques du canal de dévalaison
 - trajectoire et point d'impact aval du jet de dévalaison

■ Module « Pertes de charge, grille de prise d'eau » :

➔ Permet de dimensionner les caractéristiques géométriques et hydrauliques du plan de grille et de connaître les pertes de charges associées

Caractéristiques de la section du plan de grille

Débit maximum turbiné (m³/s) *
18

Cote du radier (pied de grille) (m) *
70.81

Cote du niveau d'eau (m) *
72.64

Cote du sommet immergé du plan de grille (m) *
72.14

Largeur de la section (m) *
18

Caractéristiques du plan de grille

Type de grille
Inclinée

Inclinaison par rapport à l'horizontale (°)
26

Caractéristiques de la grille

Profil des barreaux
Hydrodynamique

Épaisseur des barreaux (mm)
10

Profondeur des barreaux (mm)
80

Espacement libre entre les barreaux (mm)
20

Obstruction globale du plan de grille
0.43

Obstruction effective due aux entretoises et éléments transversaux
0.1

Coefficient de forme moyen des entretoises et éléments transversaux
2.42

Calculer

Débit maximum turbiné par l'installation

Cote du radier où repose la grille

Cote du niveau amont en condition normale d'exploitation

Cote du sommet du plan de grille (inférieure au niveau d'eau amont si noyé)

Largeur de la section d'écoulement en amont de la grille de prise d'eau

Type de grille (conventionnelle, orientée, inclinée)

Inclinaison (par rapport à l'horizontale) ou orientation (par rapport à la verticale)

Profil des barreaux (rectangulaire, hydrodynamique ou personnalisé)

Epaisseur et profondeur des barreaux, espacement libre entre barreaux

Obturation du plan de grille due aux barreaux et éléments de supports longitudinaux

Obturation du plan de grille due aux entretoises et éléments transversaux

Coefficient de forme des entretoises et éléments transversaux

■ Module « Pertes de charge, grille de prise d'eau » :

Cassiopée

Grille
Perte de charge, grille d...

Paramètres fixés	Valeurs
Débit maximum turbiné (m³/s)	18.000
Cote du radier (pied de grille) (m)	70.810
Cote du niveau d'eau (m)	72.640
Hauteur d'eau (m)	1.830
Cote du sommet immergé du plan de grille (m)	72.140
Hauteur de grille (m)	1.330
Largeur de la section (m)	18.000
Section d'approche de la prise d'eau (m²)	32.940
Section d'approche du plan de grille (m²)	23.940
Vitesse d'approche moyenne pour le débit maximum turbiné (m/s)	0.546
Vitesse d'approche moyenne pour le débit maximum turbiné, en soustrayant la partie supérieure éventuellement obturée (m/s) ?	0.752
Inclinaison par rapport à l'horizontale (°)	26.000
Longueur de grille immergée (m)	3.034
Distance longitudinale entre le point émergent du plan de grille et le pied de grille (m)	3.752
Distance longitudinale entre le sommet immergé et le pied de grille (m)	2.727
Surface de grille immergée (m²)	54.611
Vitesse normale moyenne pour le débit maximum turbiné (m/s) ?	0.330

→ Permet de dimensionner les caractéristiques géométriques et hydrauliques du plan de grille et de connaître les pertes de charges associées

Calcule les caractéristiques géométriques et hydrauliques des plans de grille

Exportable en .xlsx

Alertes si certaines valeurs dimensionnelles ou hydrauliques ne correspondent pas aux critères de conception établis

Journal de calcul

- ⚠ Préconisation pour le guidage des poissons : $\beta \leq 26^\circ$
- ⚠ Préconisation pour éviter le placage des poissons sur le plan de grille (barrière physique) ou leur passage prématuré au travers (barrière comportementale) : $VN \leq 0.5$ m/s.
Au-delà de la valeur moyenne calculée ici, se reporter aux préconisations tirées de la caractérisation expérimentale des valeurs effectives de vitesses.

- Module « Pertes de charge, grille de prise d'eau » :

Cassiopée

Grille
Perte de charge, grille d...

Épaisseur des barreaux (mm)	10.000
Profondeur des barreaux (mm)	80.000
Espacement libre entre les barreaux (mm)	20.000
Coefficient (a) de forme des barreaux	2.100
Rapport de forme des barreaux ?	0.125
Rapport espacement/épaisseur des barreaux ?	2.000
Obstruction due aux barreaux seuls	0.333
Obstruction globale du plan de grille	0.430
Obstruction effective due aux entretoises et éléments transversaux	0.100
Coefficient de forme moyen des entretoises et éléments transversaux	2.420
Perte de charge - taux de colmatage 0% (cm)	2.015
Perte de charge - taux de colmatage 5% (cm)	2.168
Perte de charge - taux de colmatage 10% (cm)	2.351
Perte de charge - taux de colmatage 15% (cm)	2.572
Perte de charge - taux de colmatage 20% (cm)	2.840
Perte de charge - taux de colmatage 25% (cm)	3.167
Perte de charge - taux de colmatage 30% (cm)	3.570
Perte de charge - taux de colmatage 35% (cm)	4.073
Perte de charge - taux de colmatage 40% (cm)	4.707
Perte de charge - taux de colmatage 45% (cm)	5.522
Perte de charge - taux de colmatage 50% (cm)	6.588
Perte de charge - taux de colmatage 55% (cm)	8.016
Perte de charge - taux de colmatage 60% (cm)	9.983

→ Permet de dimensionner les caractéristiques géométriques et hydrauliques du plan de grille et de connaître les pertes de charges associées

Calcule des pertes de charge selon le degré de colmatage de la grille

Pour une approche sécuritaire du calcul des pertes de charge, prise en compte de la vitesse d'approche moyenne « maximisée » tenant compte de la partie supérieure éventuellement obturée du plan de grille

Exportable en .xlsx

■ Module « Lois de déversoirs dénoyés »

Cassiopée

Grille
Perte de charge, gr...

Déver. dénoy...
Lois de déversoirs ...

Paramètres hydrauliques

Débit total (m³/s) *
1.2

Cote de l'eau amont (m) *
72.6

Largeur du lit amont (m) *
1.7

Cote du lit amont (m) *
72

Ouvrages

Ouvrage n°1

Ouvrage
Seuil rectangulaire

Loi de débit
Seuil mince dénoyé (Poleni)

Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne (m)
En calcul (valeur initiale: 100.000)

Largeur du déversoir (m) *
1.7

Coefficient de débit seuil *
0.4

Calculer

➔ Permet le dimensionnement de l'organe de contrôle du débit de dévalaison (seuil épais, clapet) en tenant compte de la vitesse d'approche de l'écoulement

Débit de dévalaison (fixé ou en calcul)

Niveau d'eau en amont de l'organe de contrôle (fixé ou en calcul)

Largeur de la goulotte ou du canal en amont de l'organe de contrôle

Cote du radier de la goulotte ou du canal en amont de l'organe de contrôle

Type de déversoir (rectangulaire, triangulaire, triangulaire tronqué)

Loi de seuil associé

Cote déversante de l'ouvrage de contrôle (fixée ou en calcul)

Largeur de l'ouvrage de contrôle (fixée ou en calcul)

Coefficient de débit (fixée ou en calcul)

■ Module « Lois de déversoirs dénoyés »

➔ Permet le dimensionnement de l'organe de contrôle du débit de dévalaison (seuil épais, clapet) en tenant compte de la vitesse d'approche de l'écoulement

Cassiopée

Grille
Perte de charge, gr...

Déver. dénoy...
Lois de déversoirs ...

+

DONNÉES **RÉSULTATS**

↓

Paramètres fixés	Valeurs
Débit total (m³/s)	1.200
Cote de l'eau amont (m)	72.600
Largeur du lit amont (m)	1.700
Cote du lit amont (m)	72.000
Ouvrage n°1: Largeur du déversoir (m)	1.700
Ouvrage n°1: Coefficient de débit seuil	0.400
Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne (m)	72.119
Vitesse moyenne (m/s)	1.176
EC : Énergie cinétique (m)	0.071
Cv : Coefficient de vitesse d'approche	1.193
Ouvrage n°1 : Débit total (m³/s)	1.006
Ouvrage n°1 : Type d'écoulement	Surface libre
Ouvrage n°1 : Régime	Dénoyé
Ouvrage n°1 : Type de jet	plongeant

- ➔ Résultat du paramètre en calcul
- ➔ Vitesse d'approche de l'écoulement
- ➔ Energie cinétique de l'écoulement ($v^2/2g$)
- ➔ Coefficient de correction du débit
- ➔ Valeur du débit sans correction par la vitesse d'approche de l'écoulement

■ Module « Régime uniforme »

Cassiopée

Grille | Déver. dénoyés | **R. uniforme** | +

Perte de charge, grille... | Lois de déversoirs dén... | Régime uniforme

Type de section

Choix du type de section
Rectangulaire ?

Largeur au niveau des berges (m) *
1.5

fixé | varier | calculer | lié

Caractéristiques du bief

Coefficient de Strickler (Sl) *
85 ?

fixé | varier | calculer

Pente du fond (m/m)
En calcul (valeur initiale: 0.001) ...

fixé | varier | calculer

Hauteur de berge (m) *
0.7 ?

fixé | varier

Caractéristiques hydrauliques

Débit (m³/s) *
1.2

fixé | varier | calculer | lié

Tirant d'eau (m) *
0.2

fixé | varier | calculer

Calculer

➔ Permet le dimensionnement du canal de dévalaison

➔ Sections rectangulaire, circulaire, trapézoïdale ou parabolique

➔ Largeur du chenal d'écoulement (fixé ou en calcul)

➔ Coefficient de Strickler (fixé ou en calcul)

➔ Pente du chenal (fixée ou en calcul)

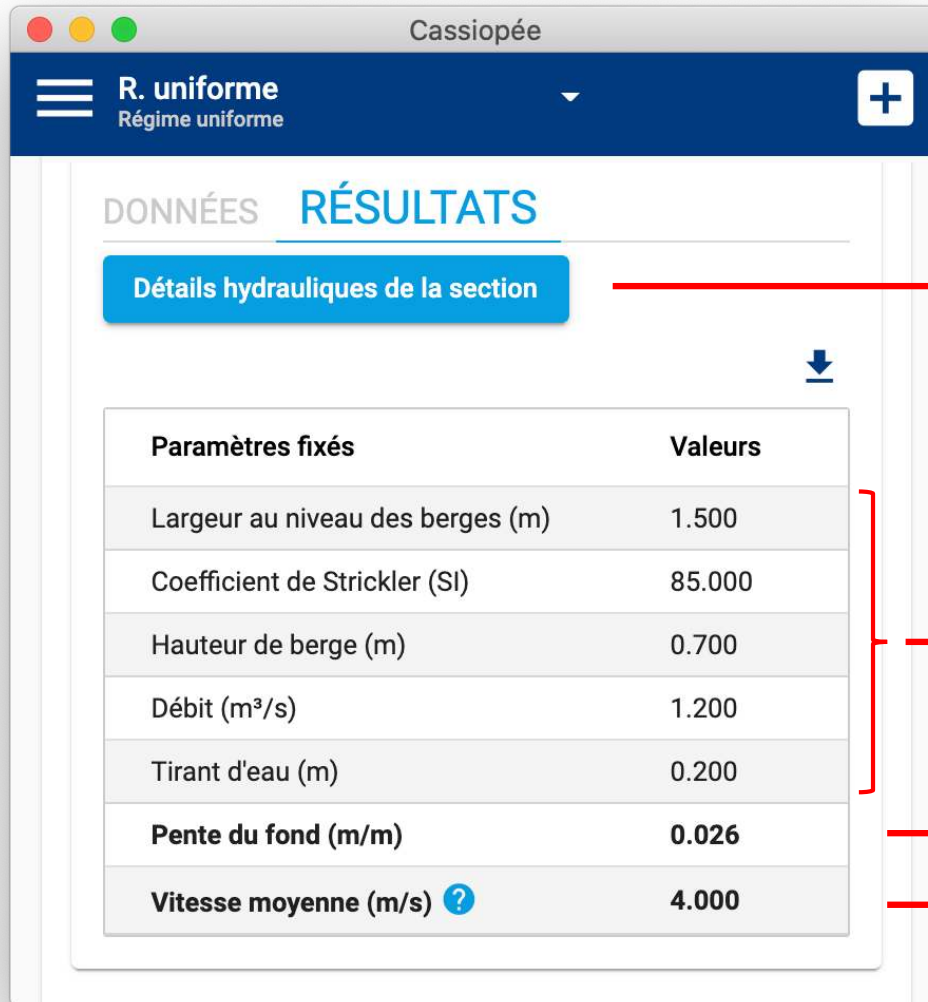
➔ Hauteur des bajoyers du canal

➔ Débit de dévalaison (fixé ou en calcul)

➔ Hauteur d'eau dans le canal en régime uniforme (fixée ou en calcul)

■ Module « Régime uniforme »

→ Permet le dimensionnement du canal de dévalaison



Paramètres fixés	Valeurs
Largeur au niveau des berges (m)	1.500
Coefficient de Strickler (SI)	85.000
Hauteur de berge (m)	0.700
Débit (m³/s)	1.200
Tirant d'eau (m)	0.200
Pente du fond (m/m)	0.026
Vitesse moyenne (m/s) ?	4.000

Ouvre le module « section paramétrée » et calcule les grandeurs hydrauliques détaillées d'un écoulement à surface libre (périmètre mouillé, rayon hydraulique, tirant d'eau critique, charge critique, Froude...)

Rappels des paramètres fixés

Résultat du paramètre en calcul

Calcul de la vitesse moyenne en régime uniforme (Q/S)

- Module « Trajectoire et impact d'un jet »

➔ Permet de déterminer la position et la vitesse au point d'impact du jet de dévalaison dans le bief aval

The screenshot shows a software window titled 'Cassiopée' with a sub-header 'Jet Trajectoire et impact d'un jet'. Below this is a section 'Paramètres du jet et de l'impact' containing several input fields and control buttons.

Paramètre	Valeur	Contrôle
Vitesse initiale (m) *	4.000 - Vitesse moyenne (R. uniforme)	fixé, varier, calculer, lié
Pente initiale (m/m) *	-0.026	fixé , varier, calculer, lié
Abscisse de l'impact (m)	En calcul	fixé, varier, calculer
Cote de départ du jet (m) *	71.3	fixé , varier, calculer, lié
Cote de l'eau (m) *	69.7	fixé , varier, calculer, lié
Cote du fond (m) *	67.3	fixé , lié

At the bottom of the form is a large blue button labeled 'Calculer'.

Vitesse de l'écoulement dans le canal ou de la conduite de dévalaison (fixée ou en calcul)

Pente de la partie aval du canal ou de la conduite de dévalaison : positive si orientée vers le haut, nulle si horizontale, négative si orientée vers le bas (fixée ou en calcul)

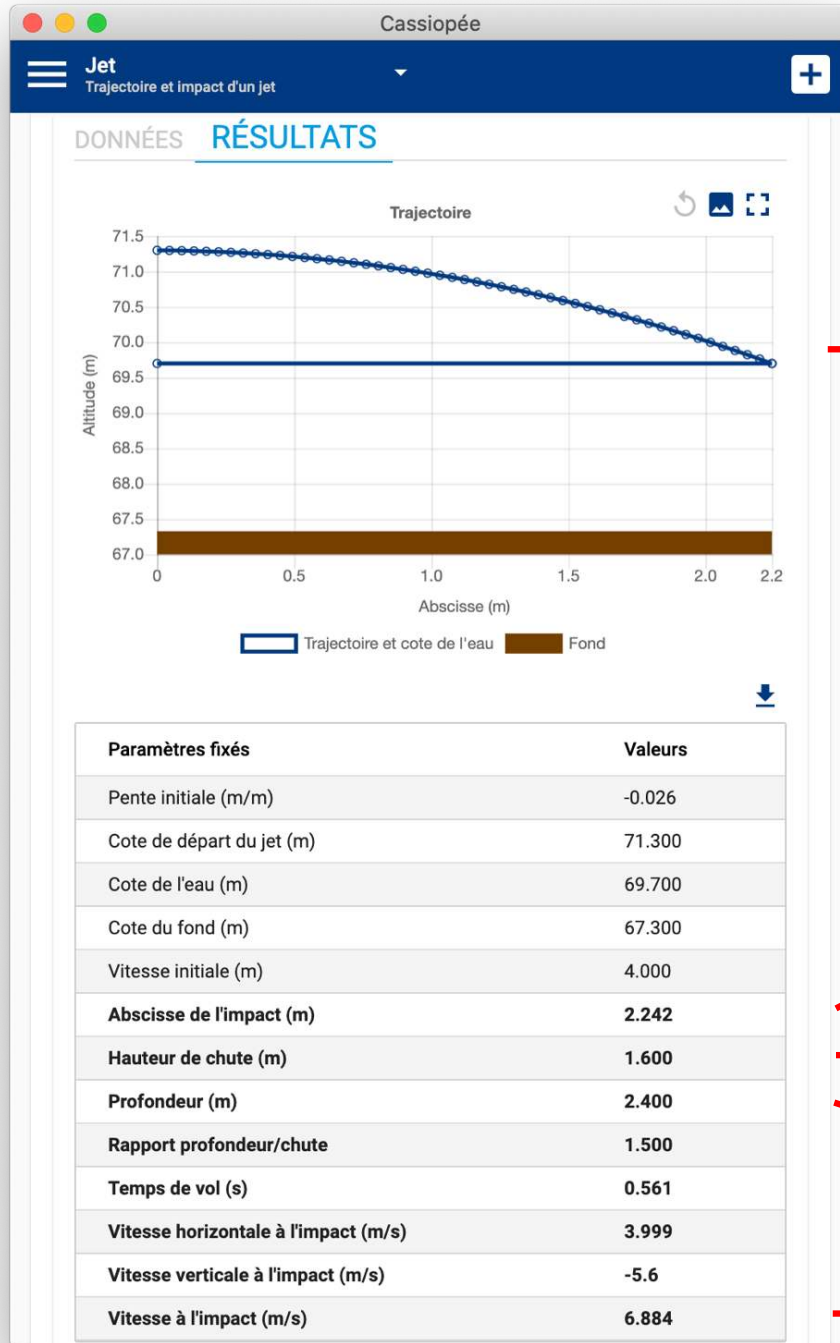
Abscisse du point d'impact du jet de dévalaison dans le bief aval (fixée ou en calcul)

Cote de l'extrémité aval du canal ou de la conduite de dévalaison (fixée ou en calcul)

Niveau d'eau dans le bief aval

Cote du fond du lit au niveau de la réception de la dévalaison

■ Module « Trajectoire et impact d'un jet »



➔ Permet de déterminer la position et la vitesse au point d'impact du jet de dévalaison dans le bief aval

Graphique de la trajectoire du jet de dévalaison
Exportable en .png

Distance à l'extrémité du canal ou de la goulotte de dévalaison du point d'impact du jet de dévalaison dans le bief aval

Hauteur de chute du jet de dévalaison

Profondeur de la zone de réception de la dévalaison

Vitesse au point d'impact du jet de dévalaison