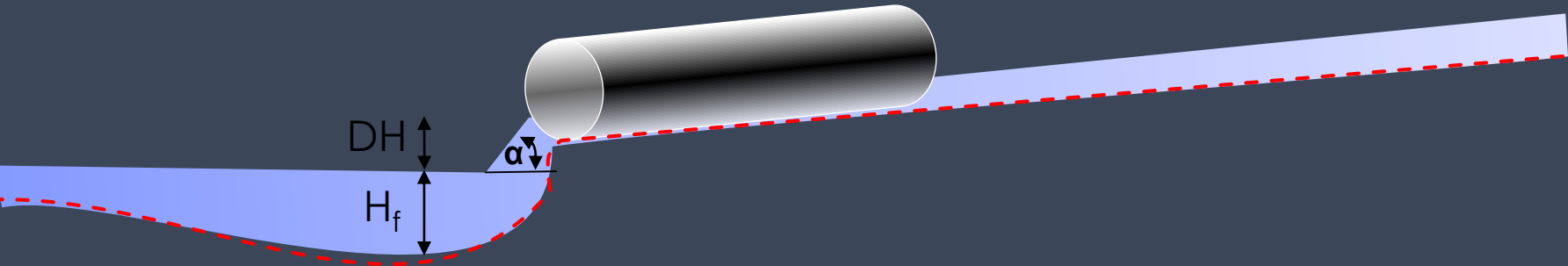


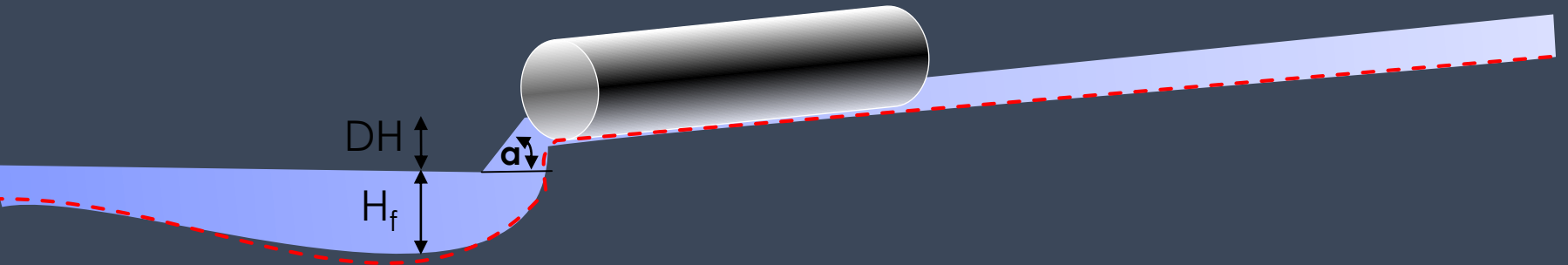
DH = hauteur de chute



$H_f$  Fosse d'appel

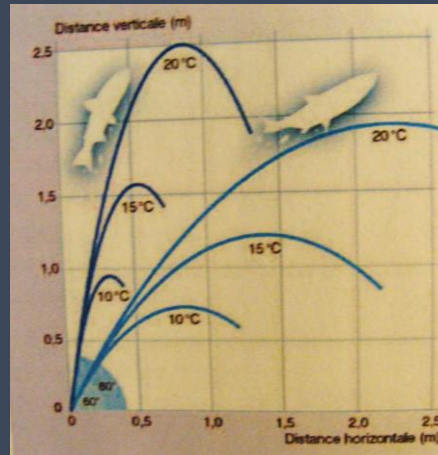
$$H_{fmin} = \sqrt{DH \times \sin \alpha}$$

DH = hauteur de chute

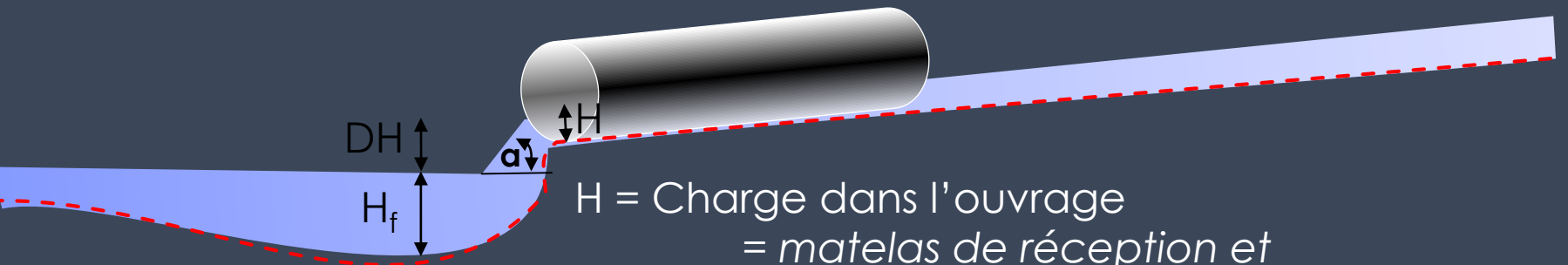


$H_f$  Fosse d'appel

$$H_{fmin} = \sqrt{DH \times \sin \alpha}$$



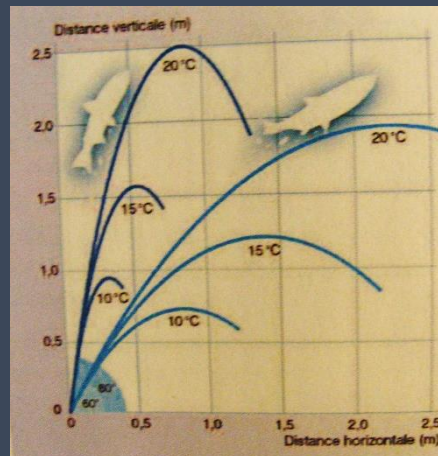
DH = hauteur de chute



$H_f$  Fosse d'appel

$H$  = Charge dans l'ouvrage  
= matelas de réception et  
possibilité de reprendre la  
nage

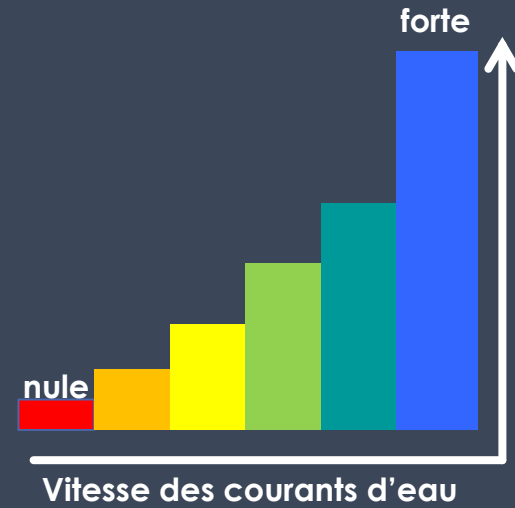
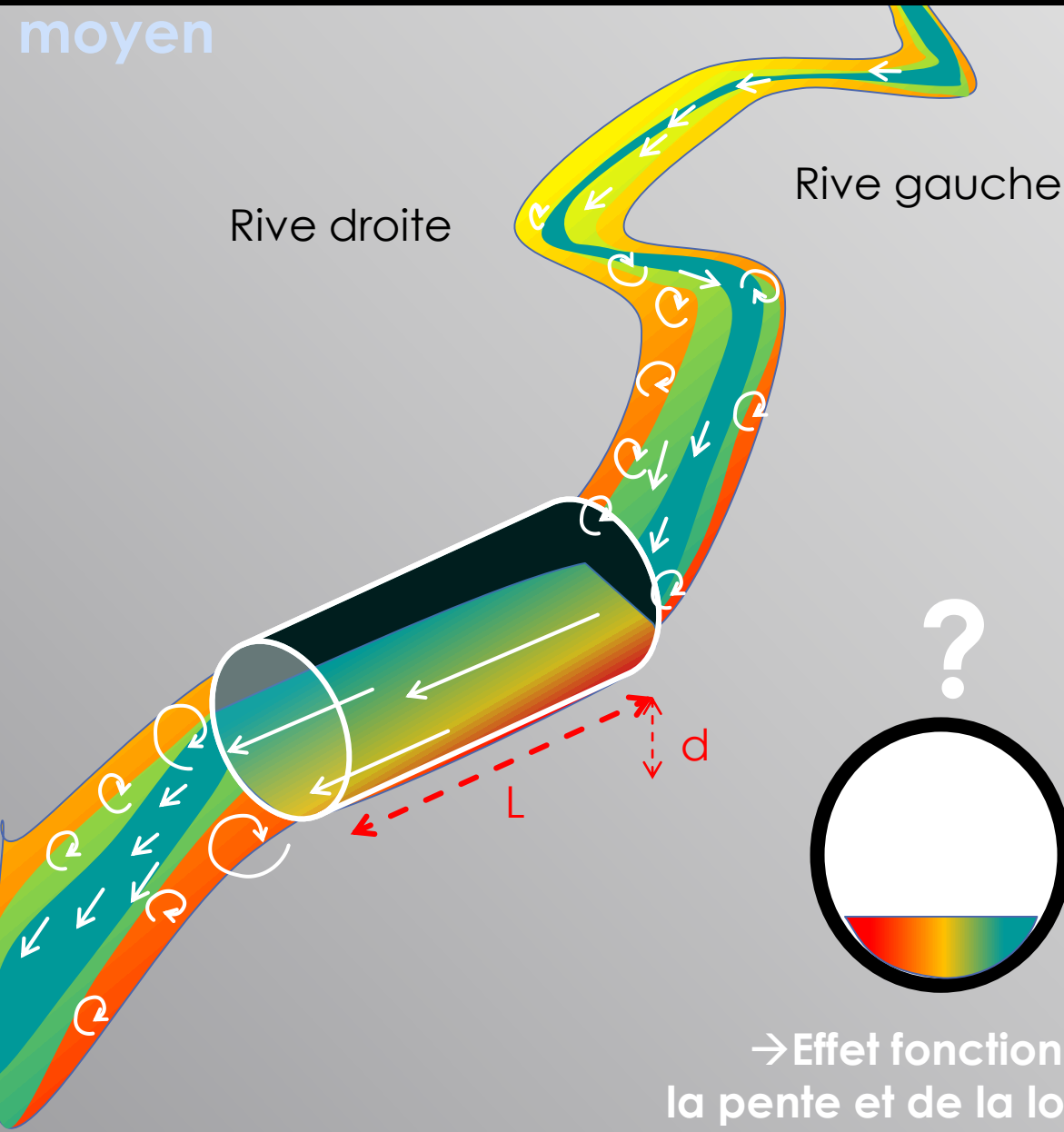
$$H_{fmin} = \sqrt{DH} \times \sin \alpha$$





# Cours naturel – Champs de vitesses : au niveau

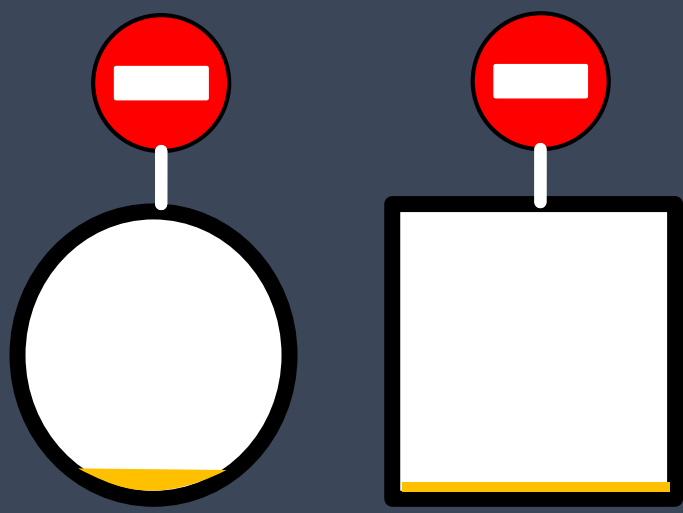
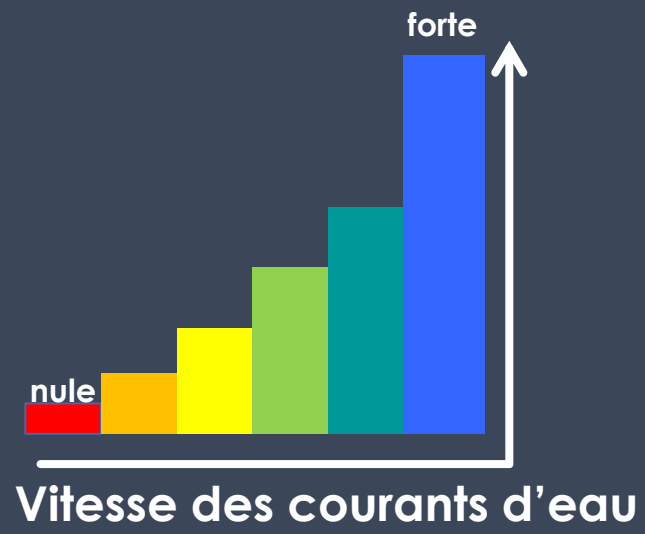
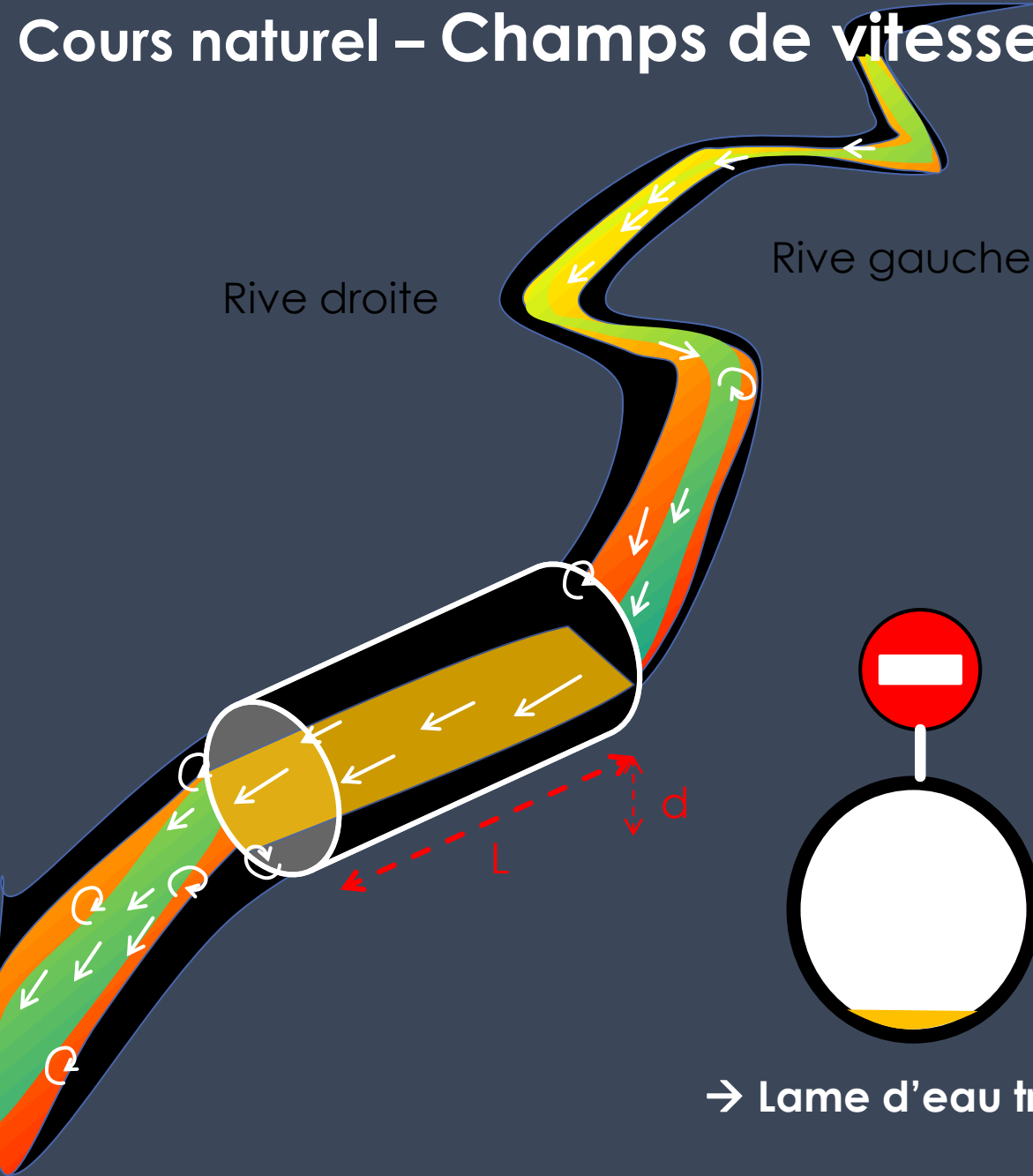
moyen



→ Effet fonction de la pente et de la longueur de l'ouvrage



# Cours naturel – Champs de vitesses : à l'étiage



→ lame d'eau trop faible

# A l'étiage ou par bas niveaux

Valeurs guides ICE : 1,5 fois la hauteur « moyenne » du poisson

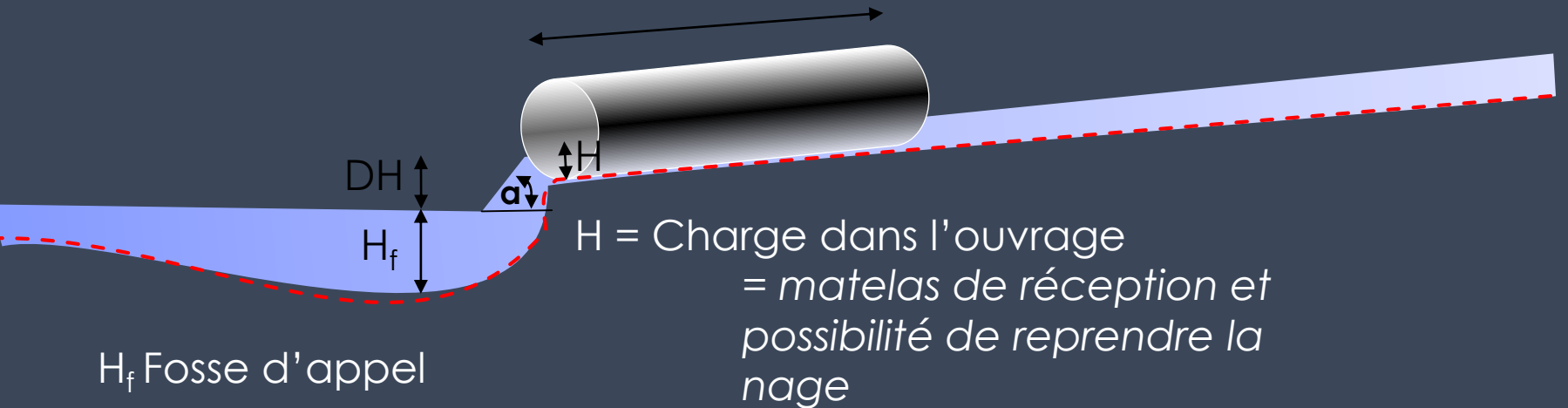
Grands salmonidés : 20 cm

Petites truites 5 cm

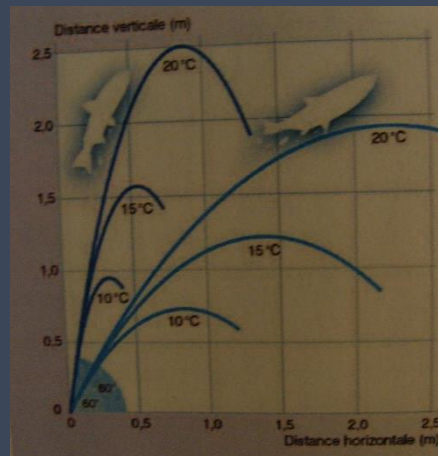


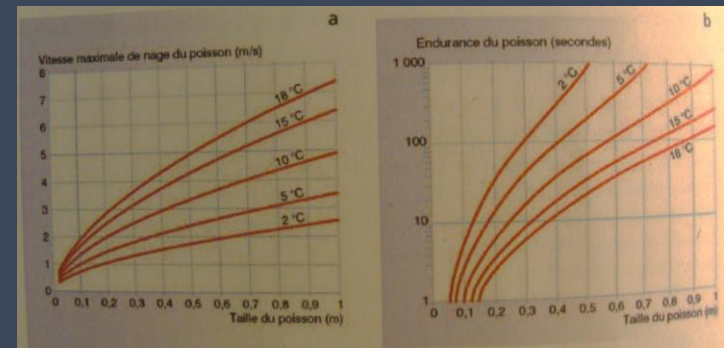
DH = hauteur de chute

L = Longueur de l'ouvrage  
V = vitesse d'écoulement



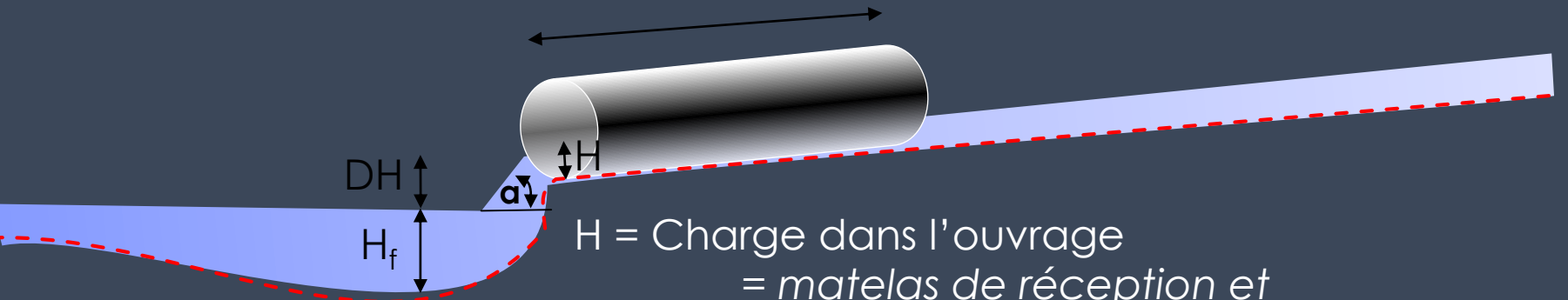
$$H_{fmin} = \sqrt{DH} \times \sin \alpha$$





DH = hauteur de chute

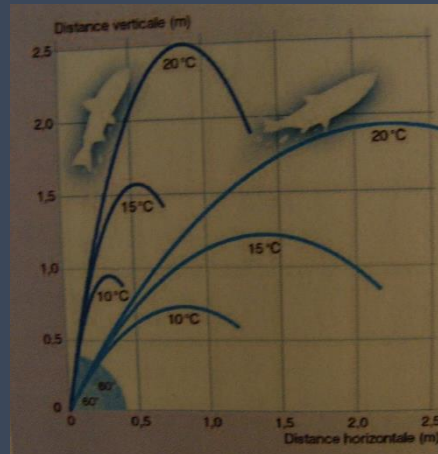
L = Longueur de l'ouvrage  
V = vitesse d'écoulement



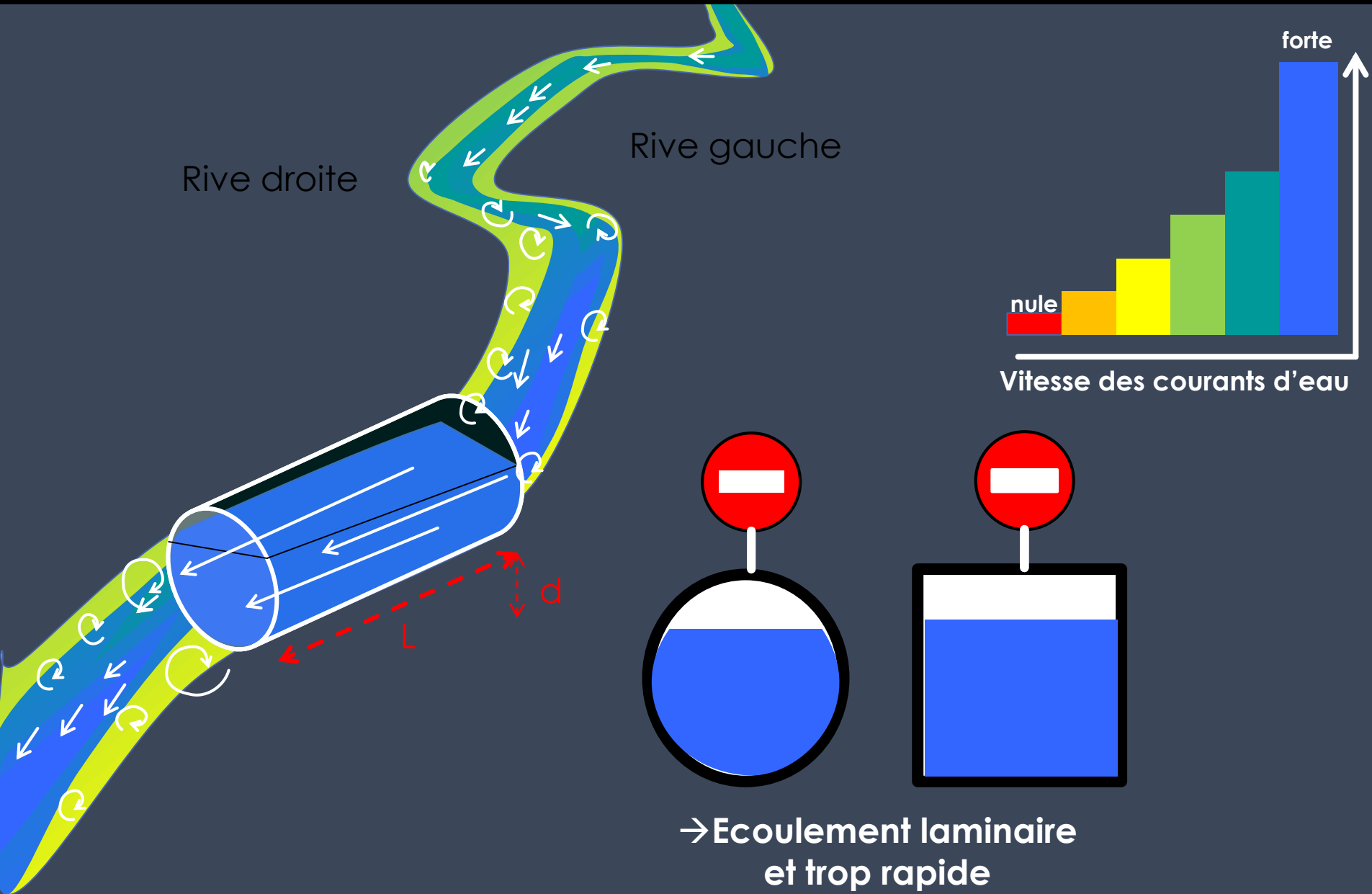
H = Charge dans l'ouvrage  
= matelas de réception et  
possibilité de reprendre la  
nage

H<sub>f</sub> Fosse d'appel

$$H_{fmin} = \sqrt{DH \times \sin \alpha}$$



# Cours naturel – Champs de vitesses : à la crue

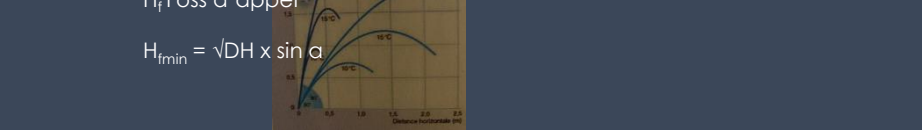
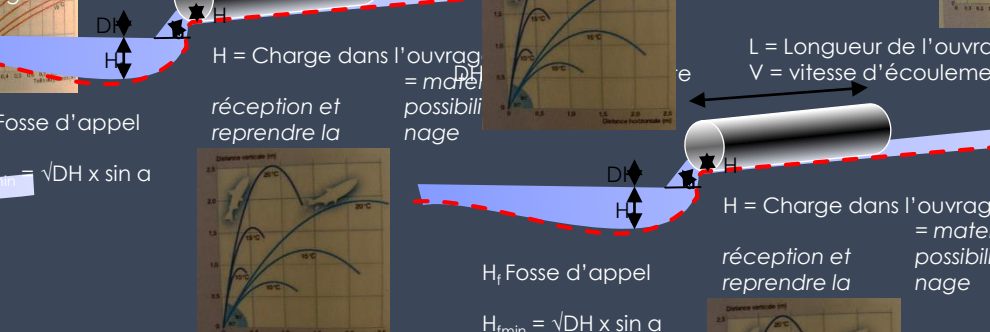
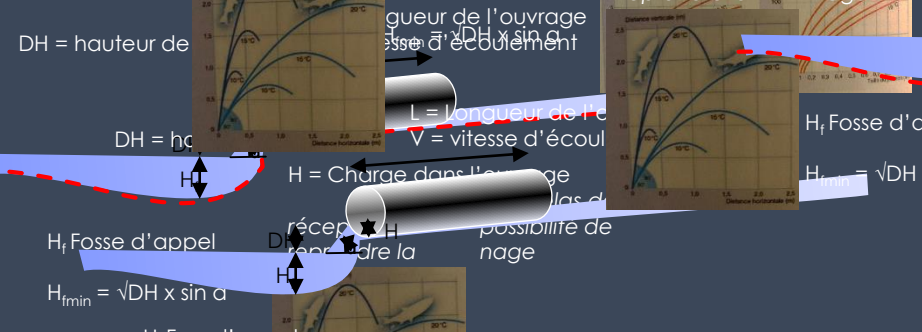
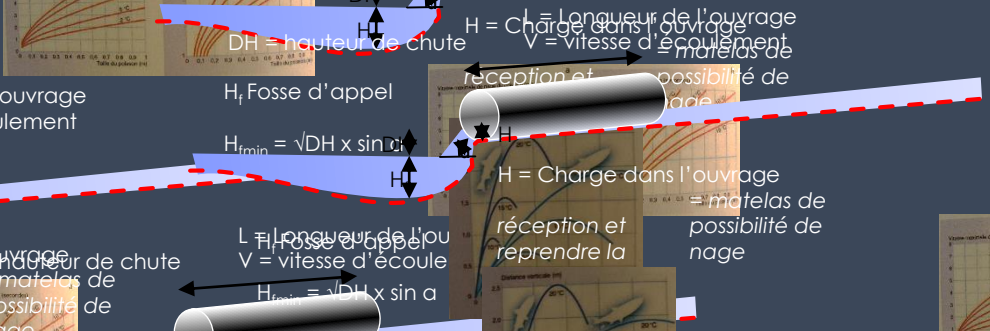
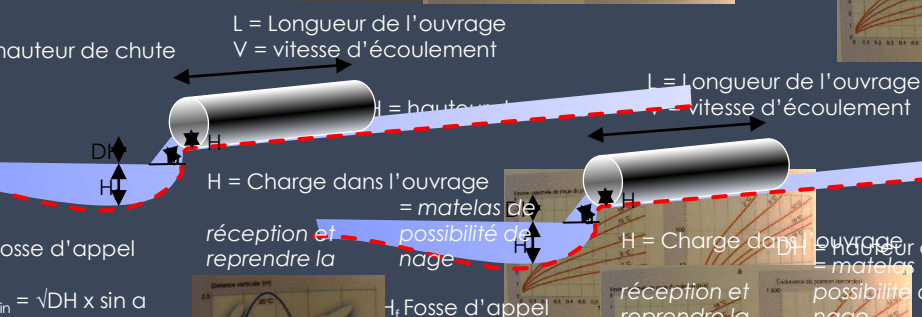
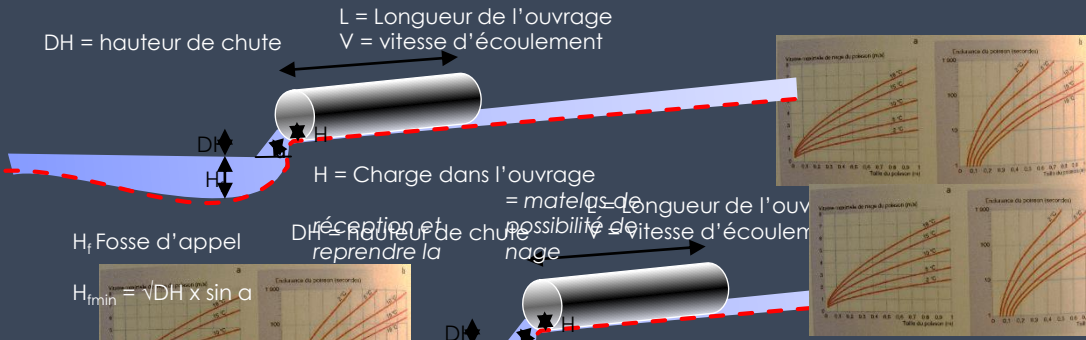
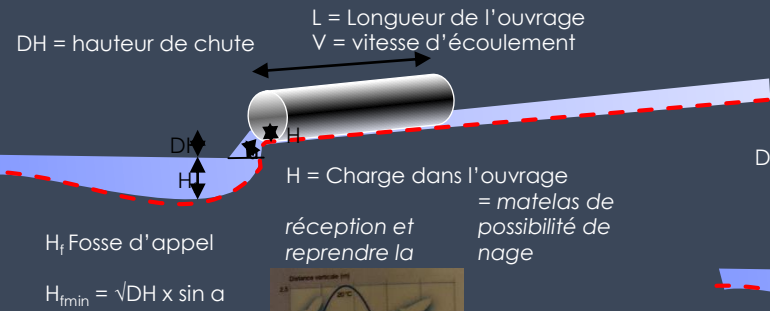
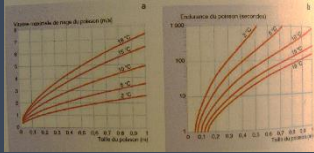
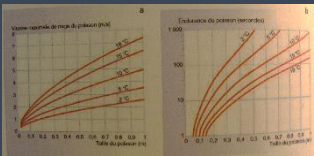


→ Ecoulement laminaire et trop rapide





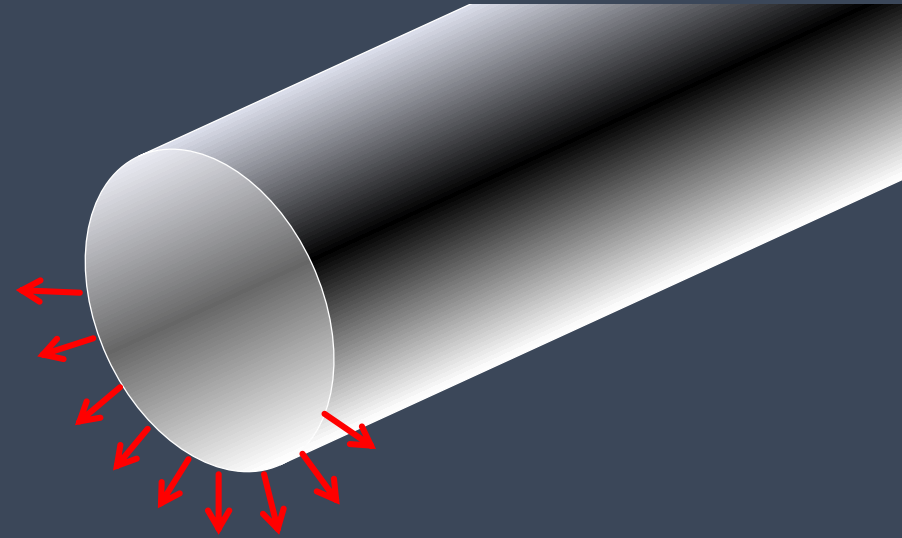




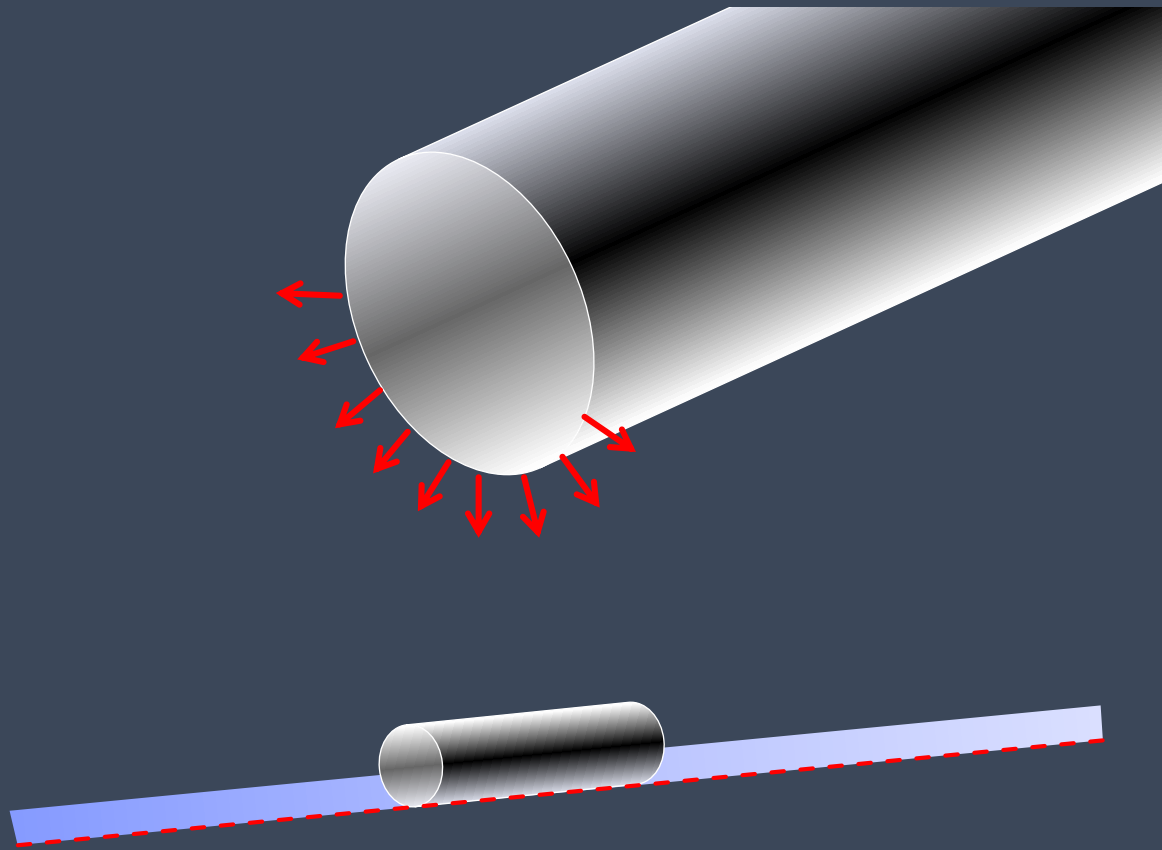
Après des 100<sup>aines</sup> d'ouvrages vus, parfois récents :

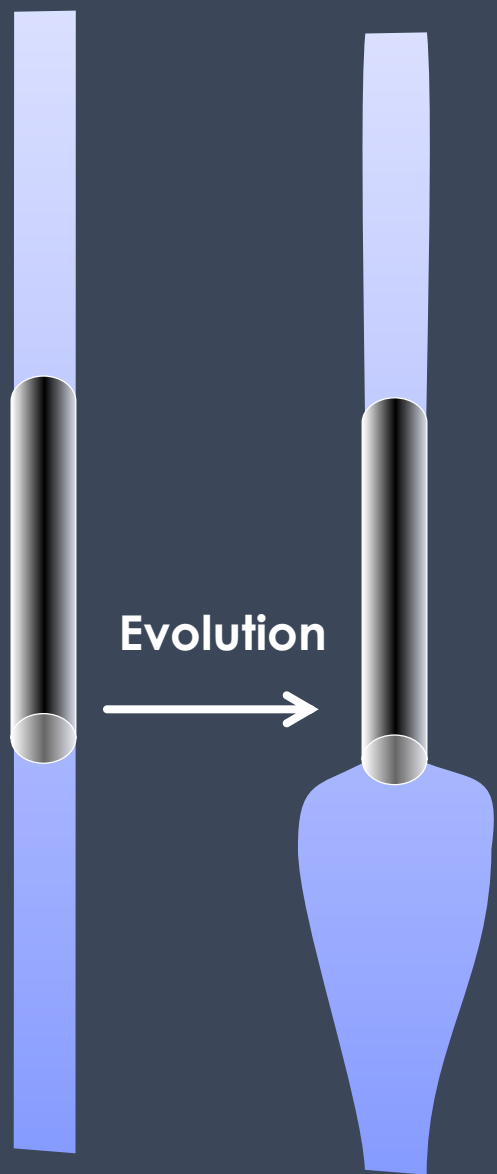
Retrait des tuyaux

Les tuyaux béton : l'écueil systématique, juste une question de temps

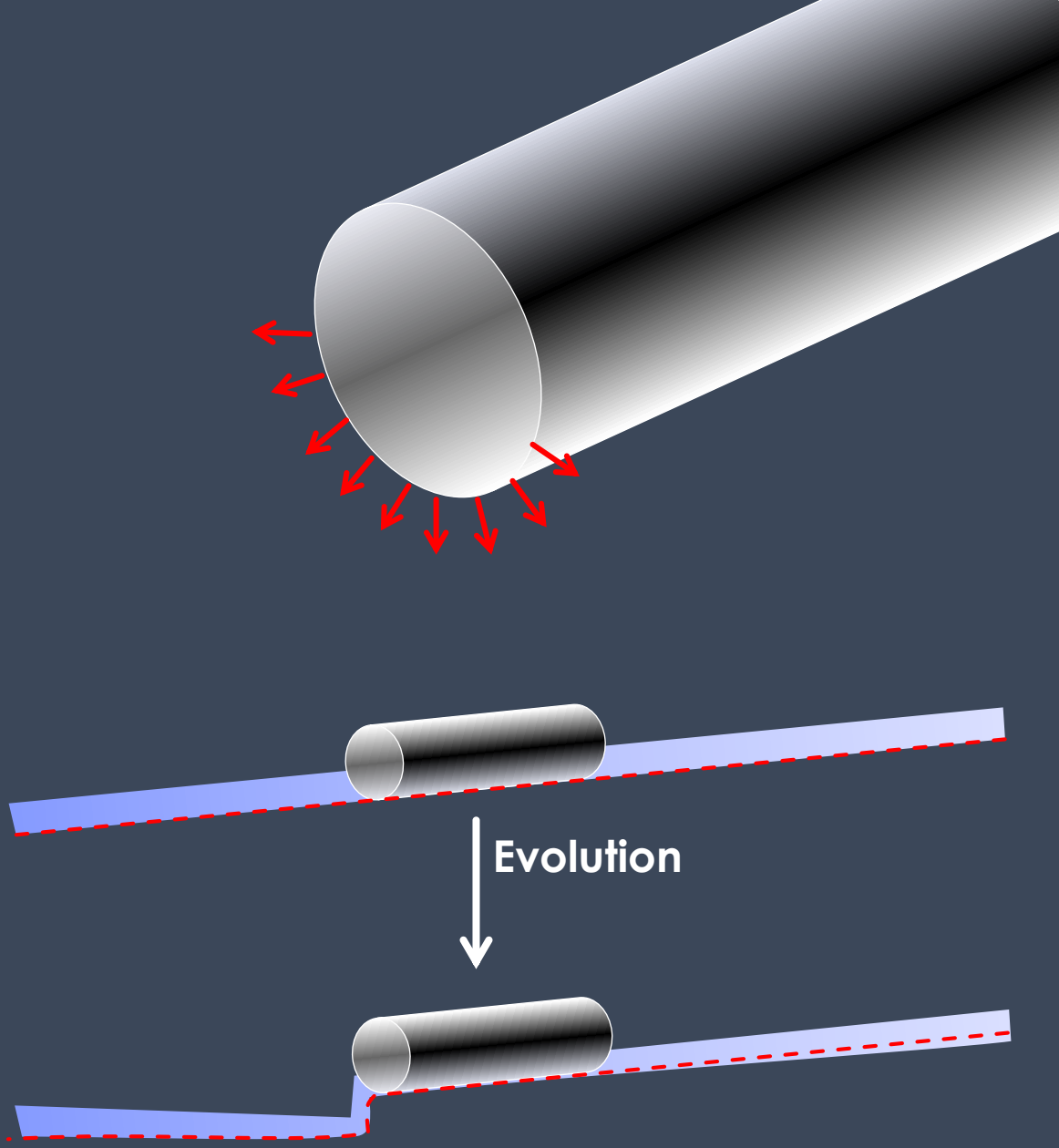


# Les tuyaux béton : l'aval, phénomène quasi systématique





Profil transversal



Profil en long









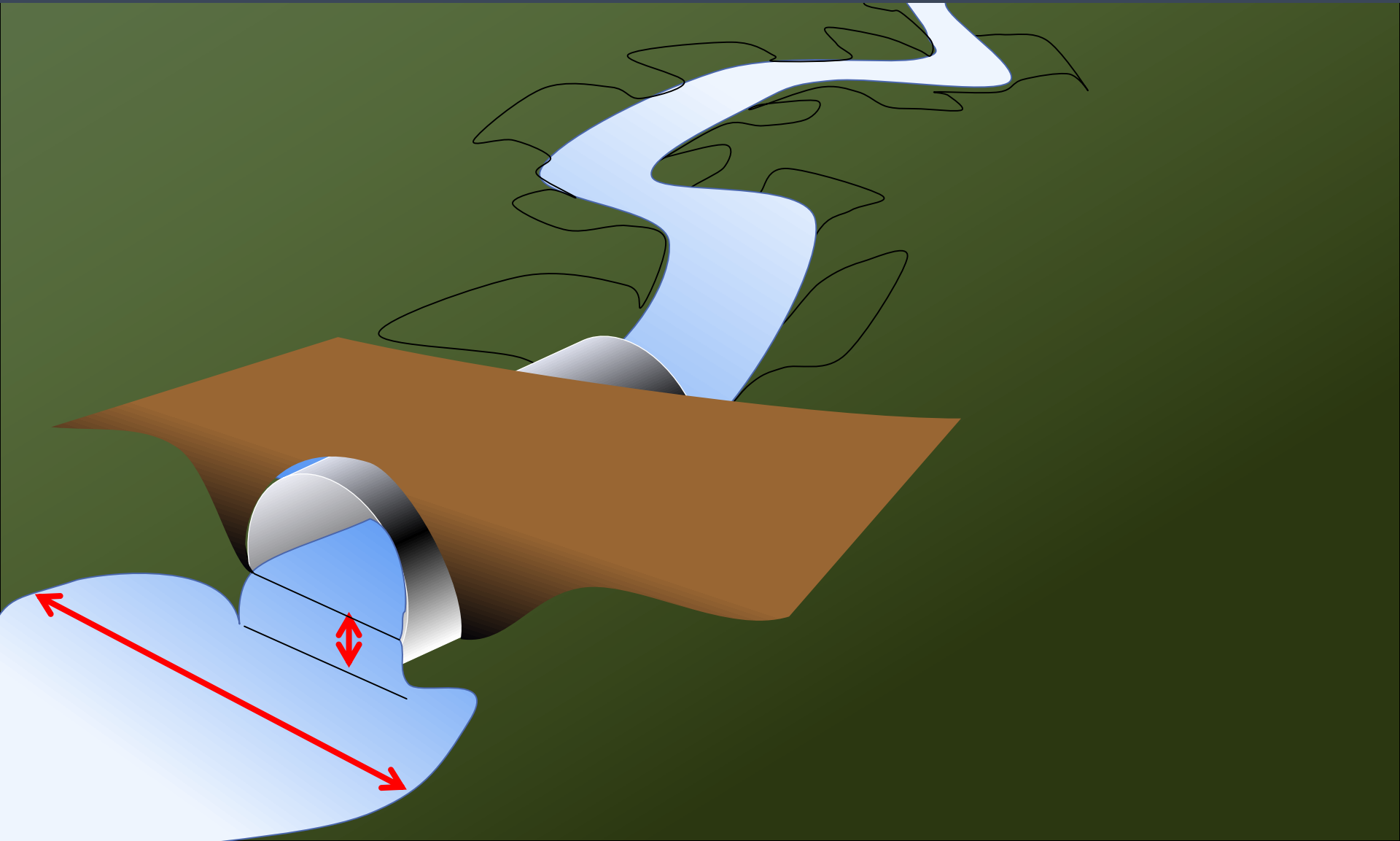






Bilan : à moyen ou long terme : déchaussement – chute -  
élargissement aval - obstruction amont

Artéfact dans le profil en long et en travers



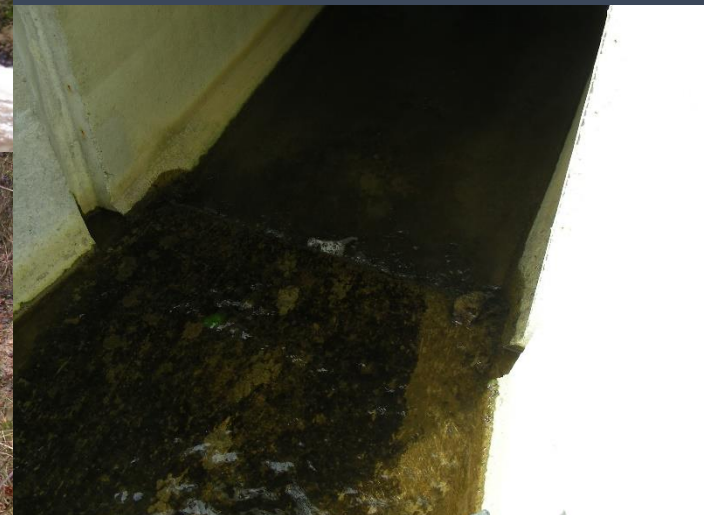


Après des 100<sup>aines</sup> d'ouvrages vus, parfois récents :

Proscription des tuyaux









Après des 100<sup>aines</sup> d'ouvrages vus, parfois récents :

Proscription des tuyaux

Besoin de modifier le mode d'implantation des  
autres ouvrages

Eviter au maximum de contraindre l'écoulement,  
notamment et surtout en crue :

### **Court terme**

→ franchissable

- par le maximum d'espèces
- à tout stade
- le plus longtemps possible

### **Moyen et long terme**

→ qu'il ne se déstabilise pas

Utiliser le nouvel ouvrage pour avoir un effet morphologique à plus grande distance :

Parfois, utiliser le calage pour provoquer de l'érosion régressive :

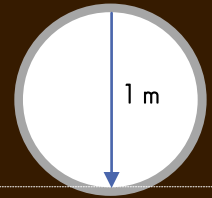
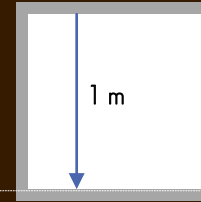
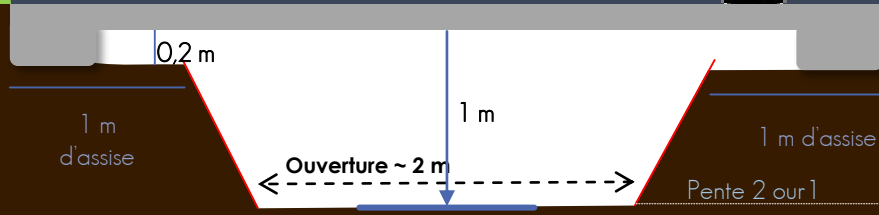
- pour « lisser » un profil en long,
- reprendre du stock sédimentaire,
- « expectorer » un lit.

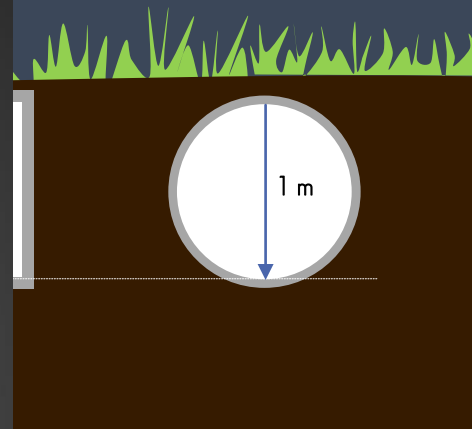
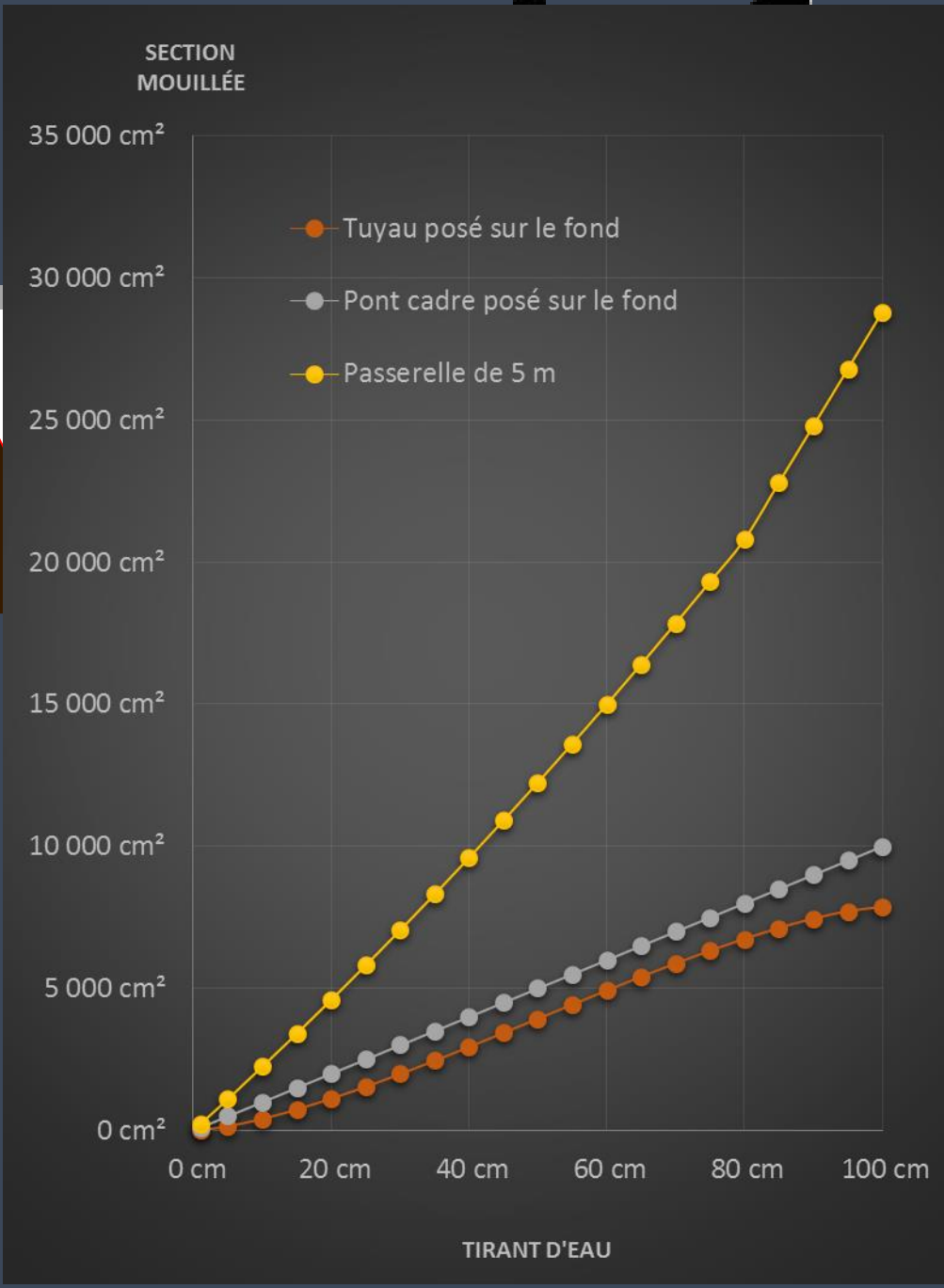
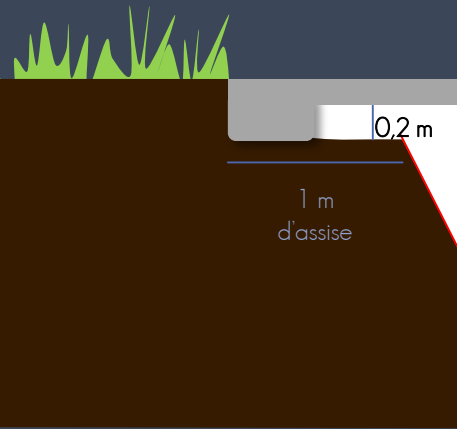
# Installer ou maintenir une grosse rugosité de fond

rendre l'écoulement interne turbulent par conception pour :

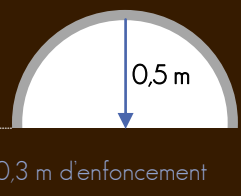
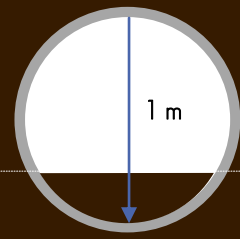
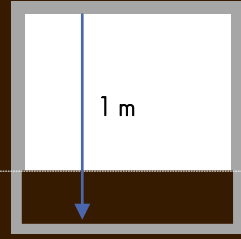
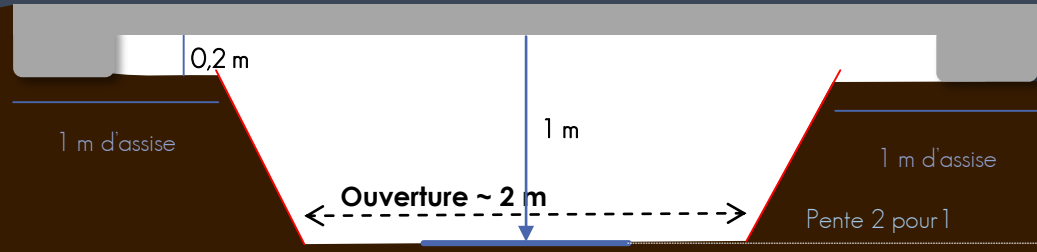
→ ménager longtemps (en terme de crue) une couche limite au fond.

→ limiter l'effet jet décapant en aval

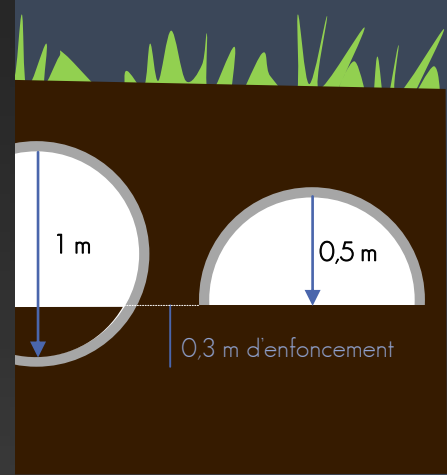
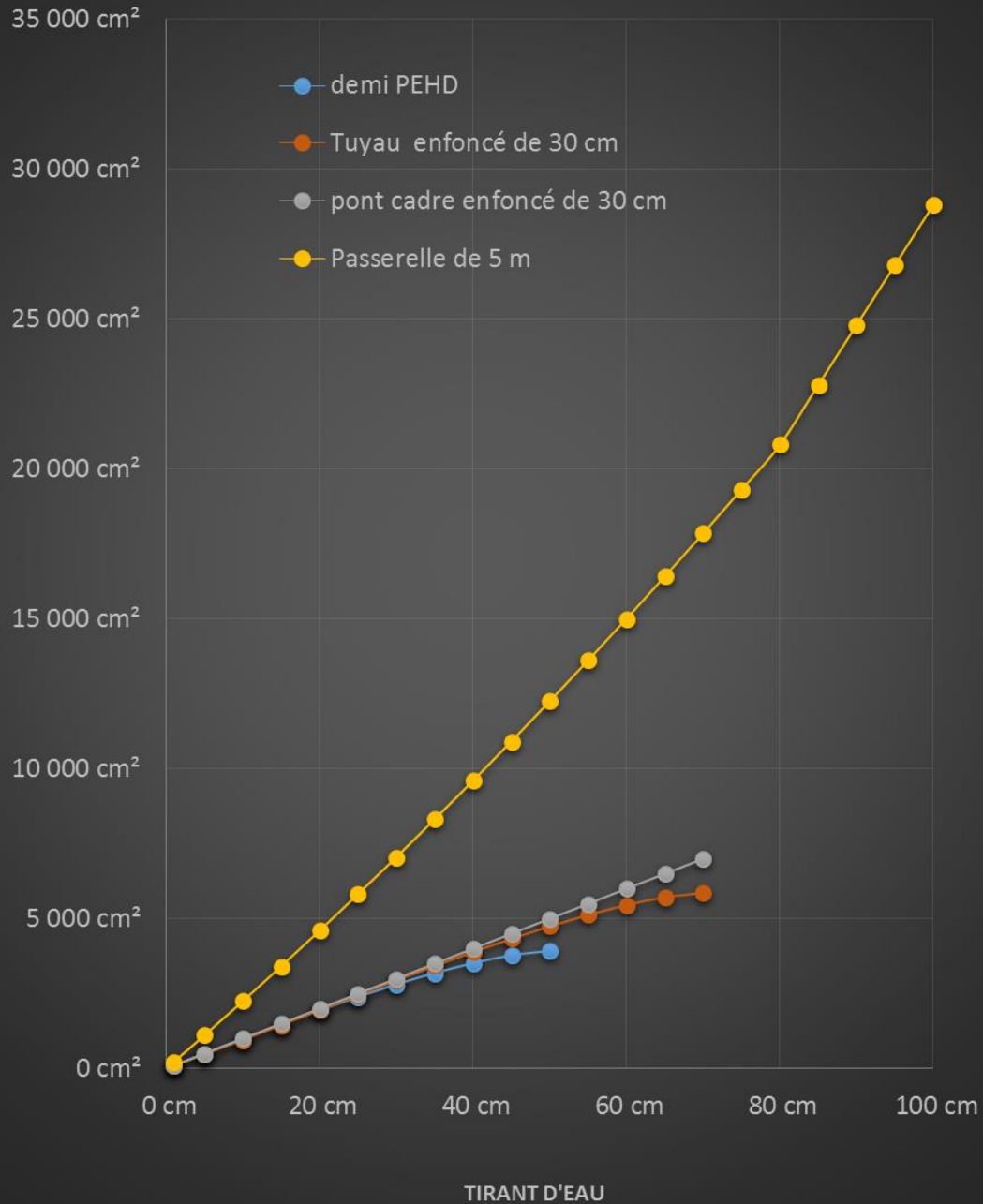
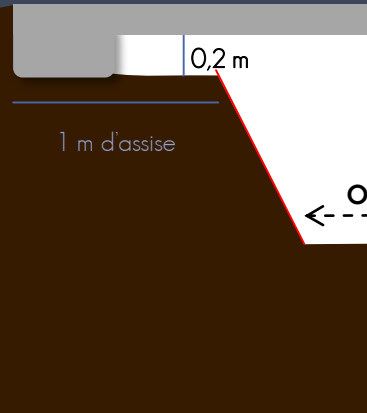


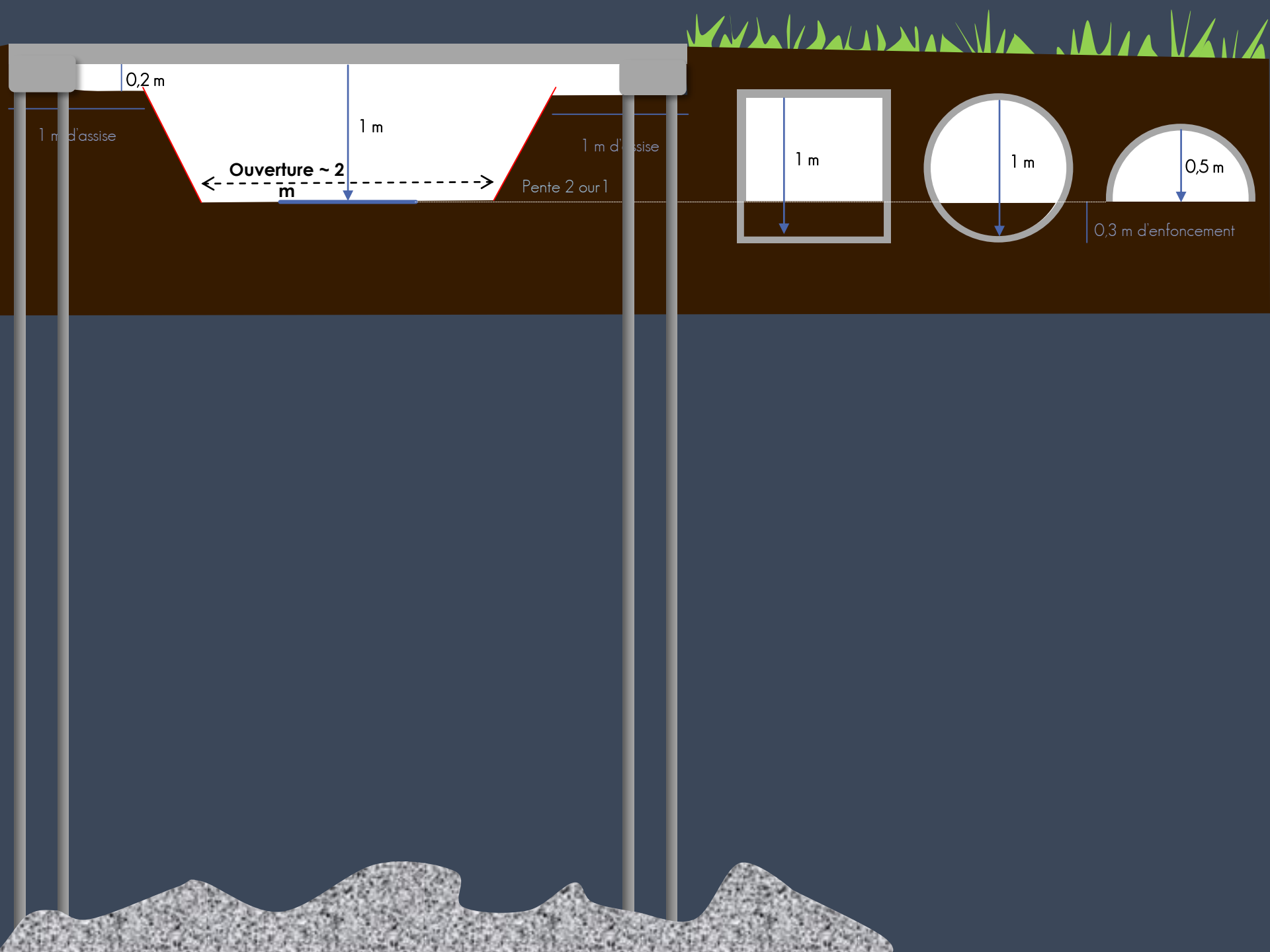






# SECTION MOUILLÉE





0,2 m

1 m d'assise

1 m

1 m d'assise

Ouverture ~ 2 m

Pente 2 our 1

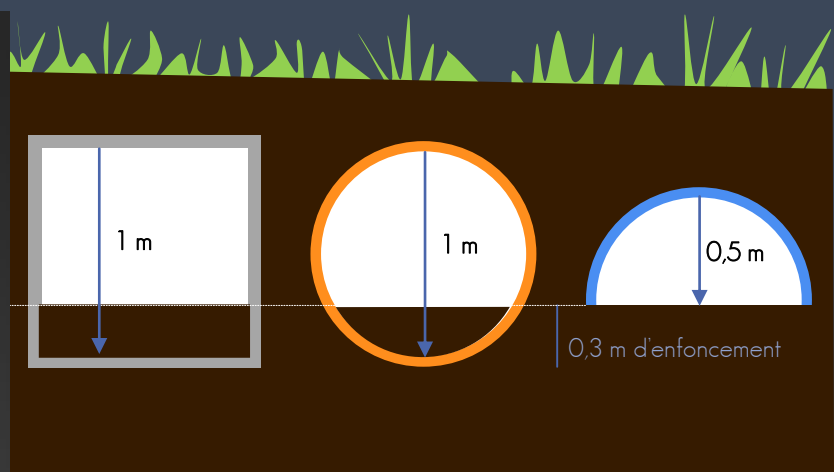
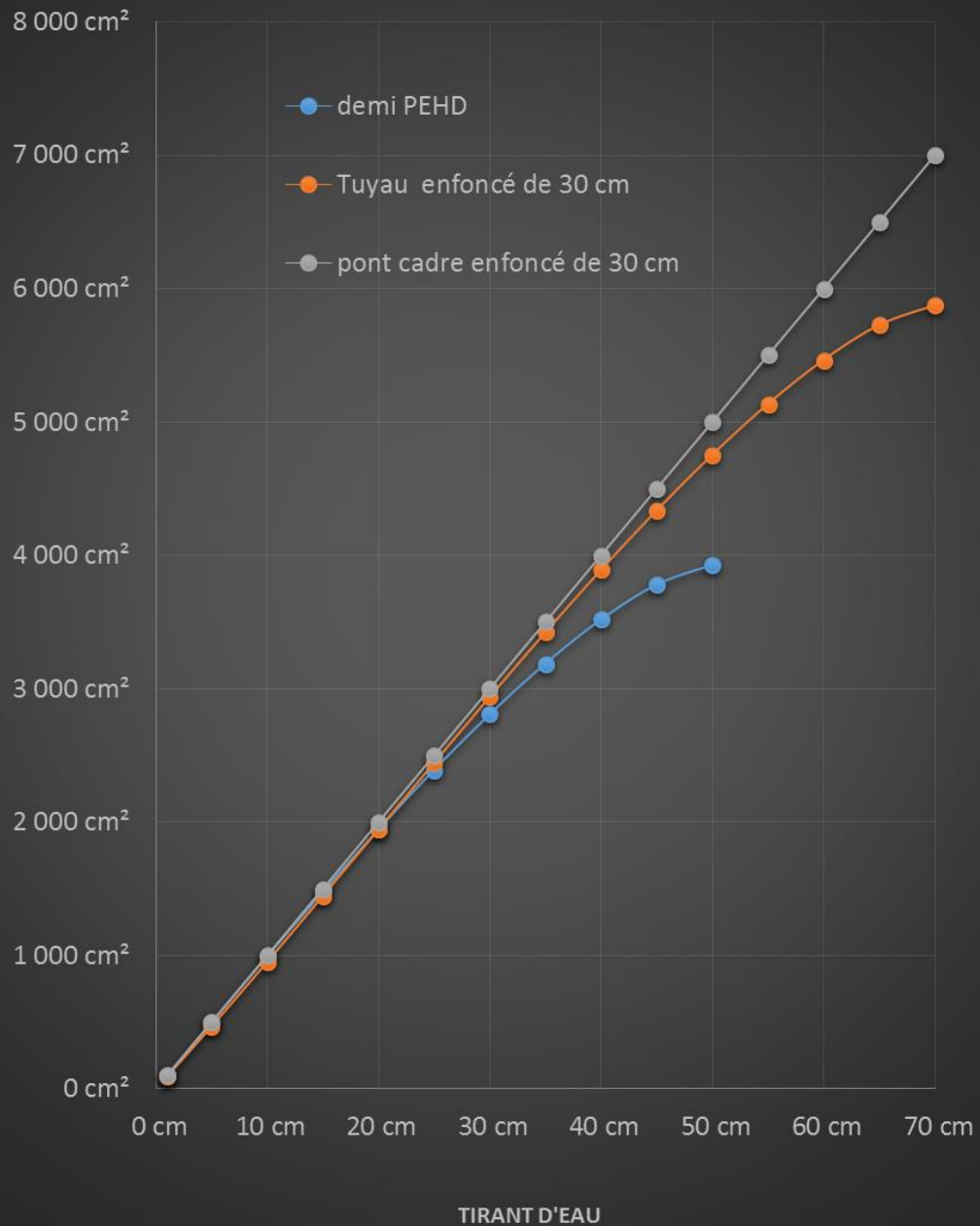
1 m

1 m

0,5 m

0,3 m d'enfoncement

# SECTION MOUILLÉE



Trente rayons convergent au moyeu  
mais c'est le vide médian qui  
confère à la voiture sa fonction.

On façonne l'argile pour faire des vases,  
mais c'est du vide interne  
que dépend son usage.

Une maison est percée de  
portes et de fenêtres,  
c'est encore le vide qui  
permet l'usage de la maison.

Ainsi « ce qui est » confinue  
la possibilité de toute chose ;  
« ce qui n'est pas »  
constitue sa fonction.

« ce qui est » constitue la possibilité de toute chose ;  
« ce qui n'est pas » constitue sa fonction. »

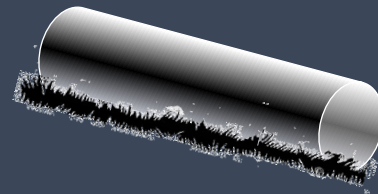
Tao-tö king, XI



Ouvrages priorisés :

# Rien

180 € à 840 €



Le retrait simple ne coûte pas très cher, est complètement efficace

# Passerelles

840 € à 1 800 €



Bétail

Coûtent vraiment plus chères, toujours plutôt efficaces

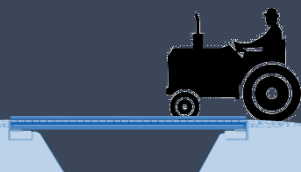
# Passerelles

840 € à 1 800 €

6 000 € à 18 000 €



Bétail



15 tonnes

Coûtent vraiment plus chères, toujours plutôt efficaces



# Passerelles

9 300 € à 11 000 €

6 000 € à 18 000 €

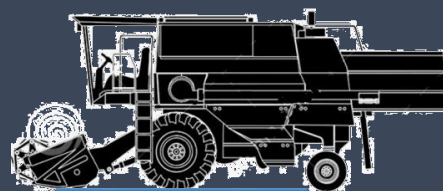
840 € à 1 800 €



Bétail



15 tonnes



20 tonnes

Coûtent vraiment plus chères, toujours plutôt efficaces

# Passerelles

840 € à 1 800 €

6 000 € à 18 000 €

9 300 € à 11 000 €

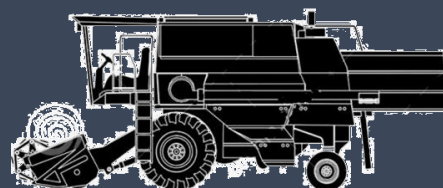
32 500 € à 81 300 €



Bétail



15 tonnes



20 tonnes

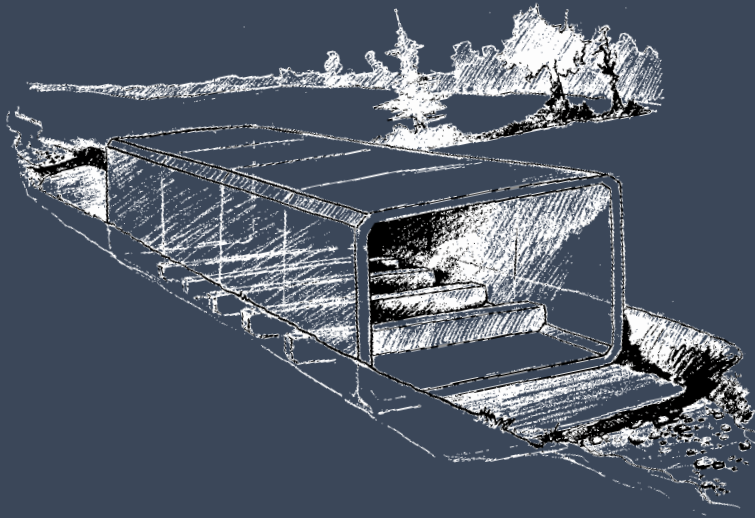


Routière

Coûtent vraiment plus chères, toujours plutôt efficaces

18 000 € à 32 500 €

# Pont cadre



avec enfoncement du radier

avec rugosité interne fixe

Peut coûter moins cher,  
au prix de plus de compromis environnementaux  
et  
des risques de calage

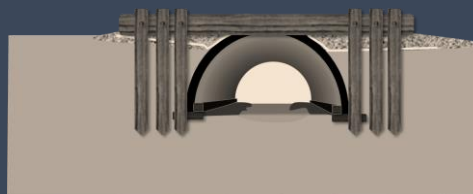
1 200 €

# Passage à gué

Moyen économique, risqué sur les prairies chargées

1 500 €

# Demi tuyau PEHD



Moyen économique, réservé sur les chevelus (rang 1)

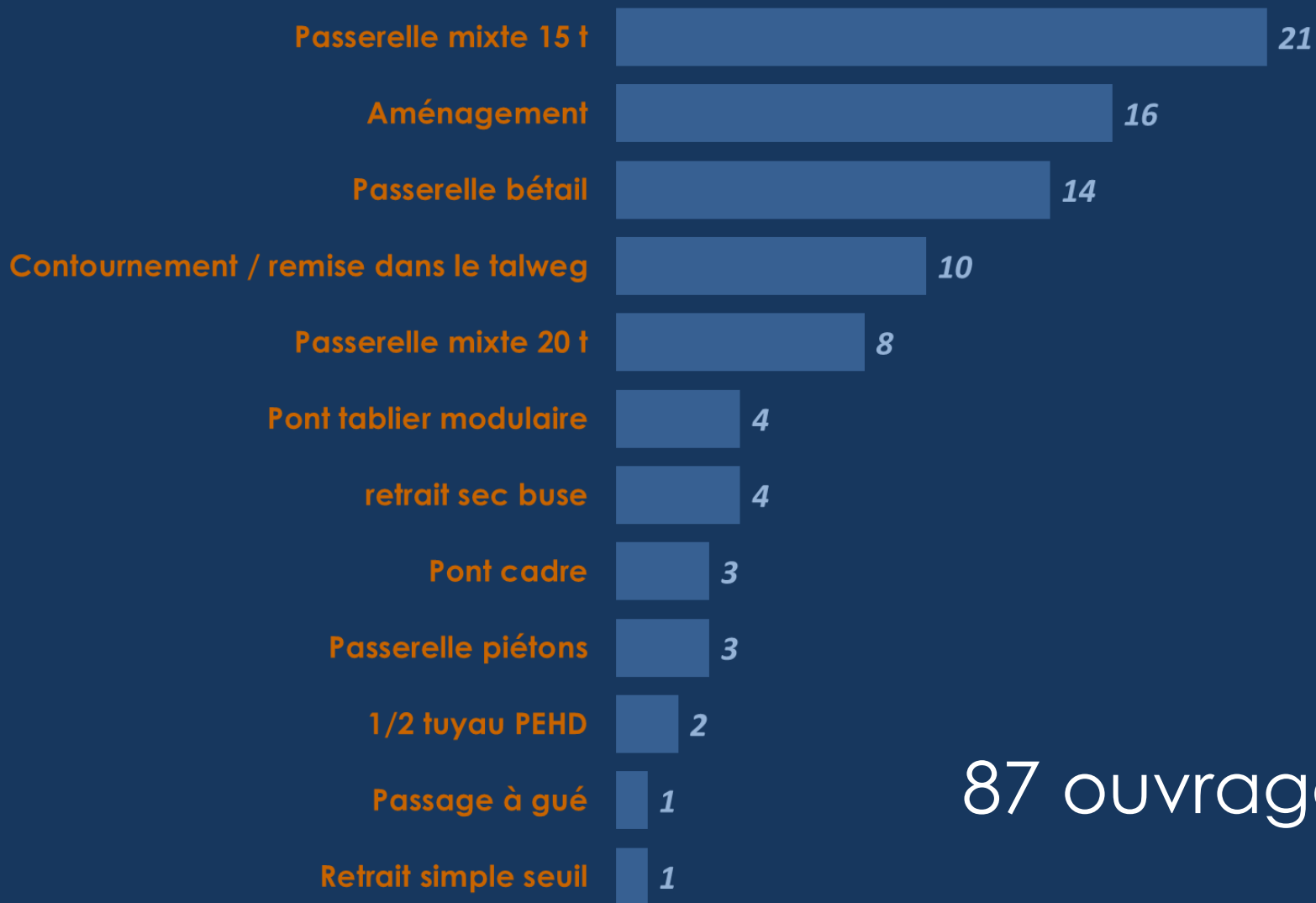
Quand le remplacement est impossible  
ou non souhaitable

# Équipement de l'existant

600 € à 10 000 €

Récupération de chute, déflecteurs offsets, pose de rugosité

# Types d'ouvrages réalisés sous M.O. FDAAPPMA 50

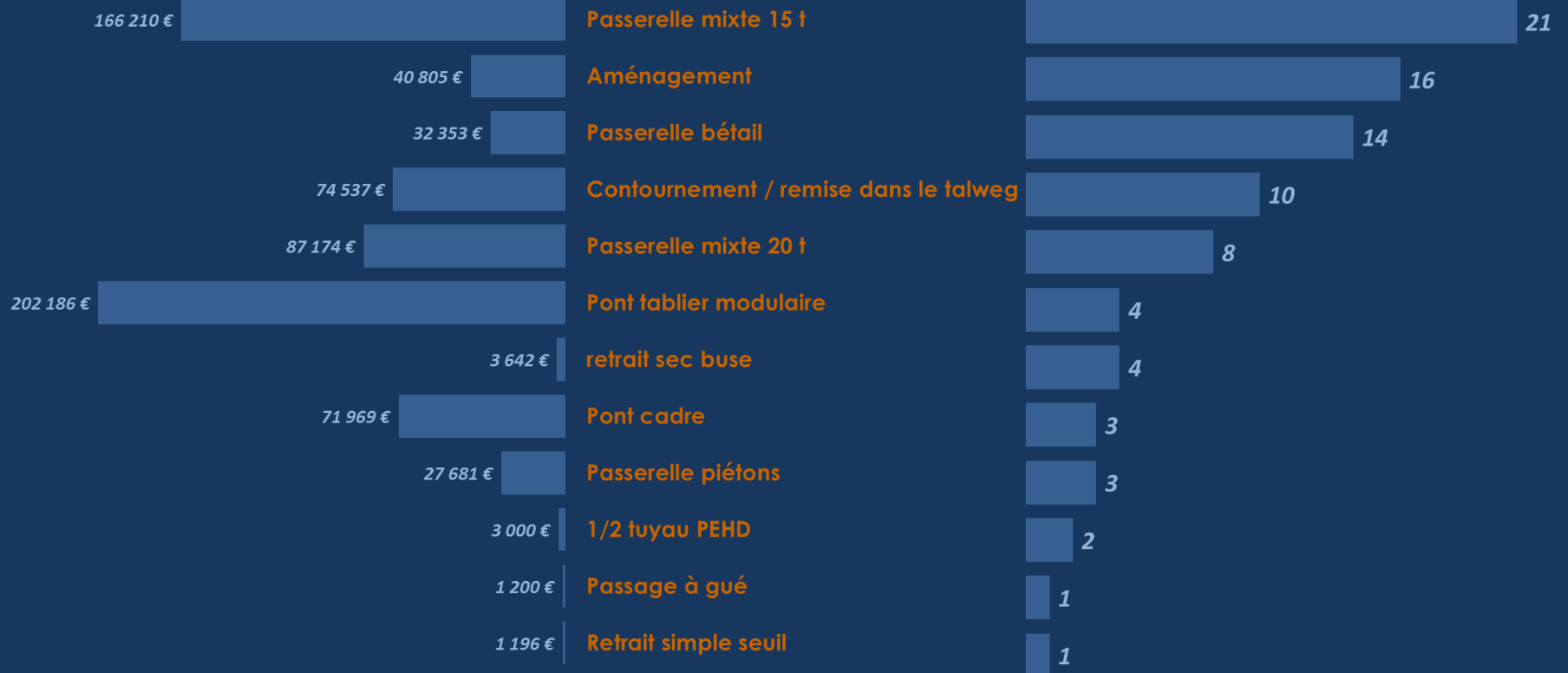


87 ouvrages

# Types d'ouvrages réalisés sous M.O. FDAAPPMA 50

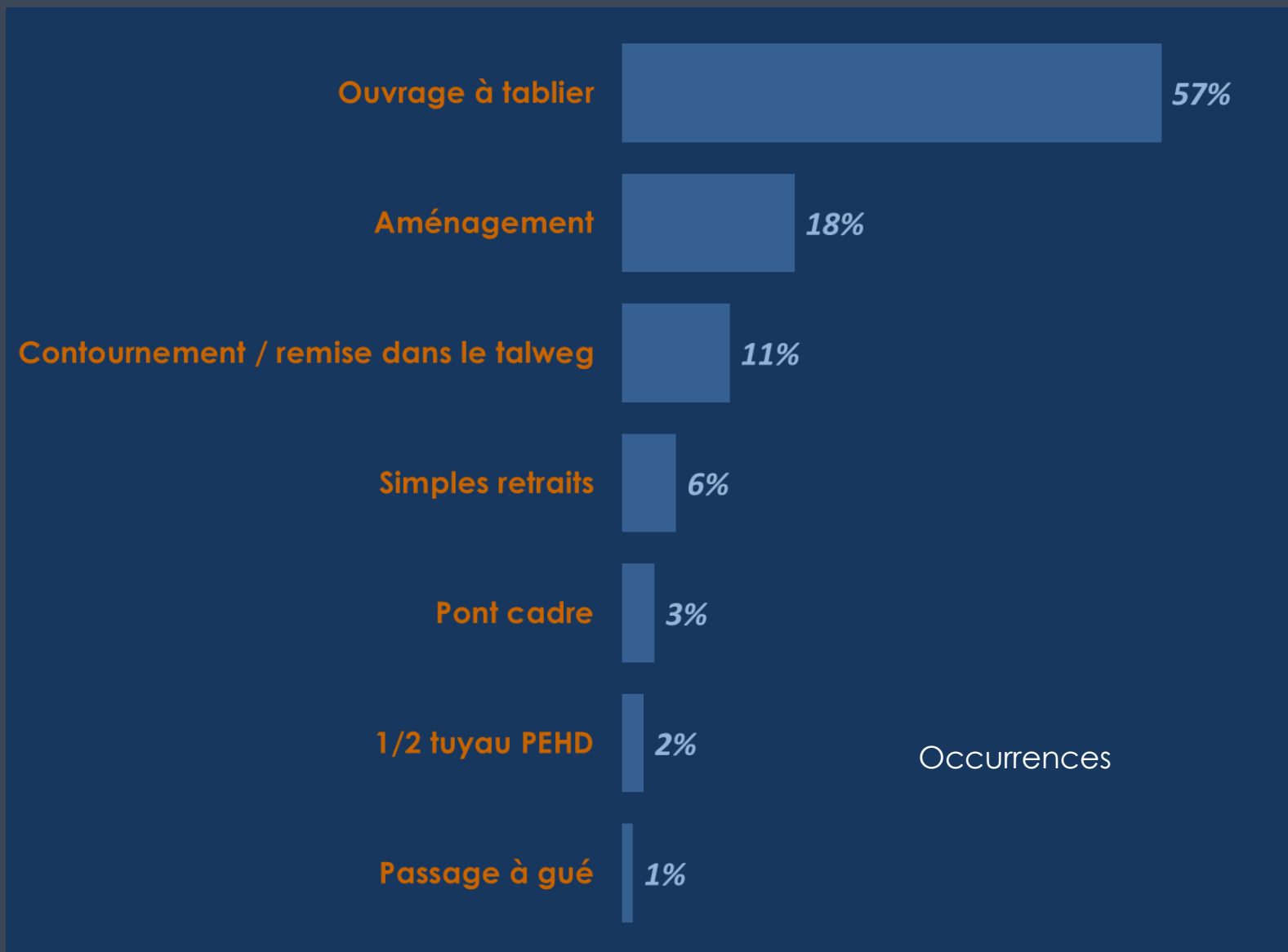
Montant financier

Occurrences





# Types d'ouvrages réalisés sous M.O. FDAAPPMA 50



# Types d'ouvrages réalisés sous M.O. FDAAPPMA 50

Montant financier

Occurrences



# Types d'ouvrages réalisés sous M.O. FDAAPPMA 50

Montant financier

Occurrences

72%

Ouvrage à tablier

57%

6%

Aménagement

18%

10%

Contournement / remise dans le talweg

11%

1%

Simplets retraits

6%

10%

Pont cadre

3%

0%

1/2 tuyau PEHD

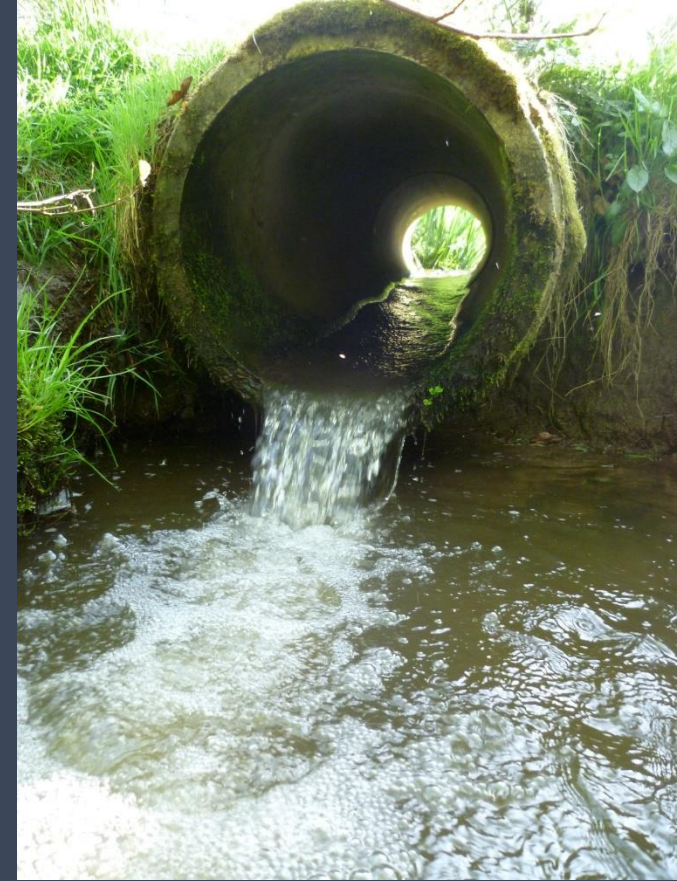
2%

0%

Passage à gué

1%

# Les passerelles



**Retrait d'un tuyau béton  
pour le franchissement  
agricole**

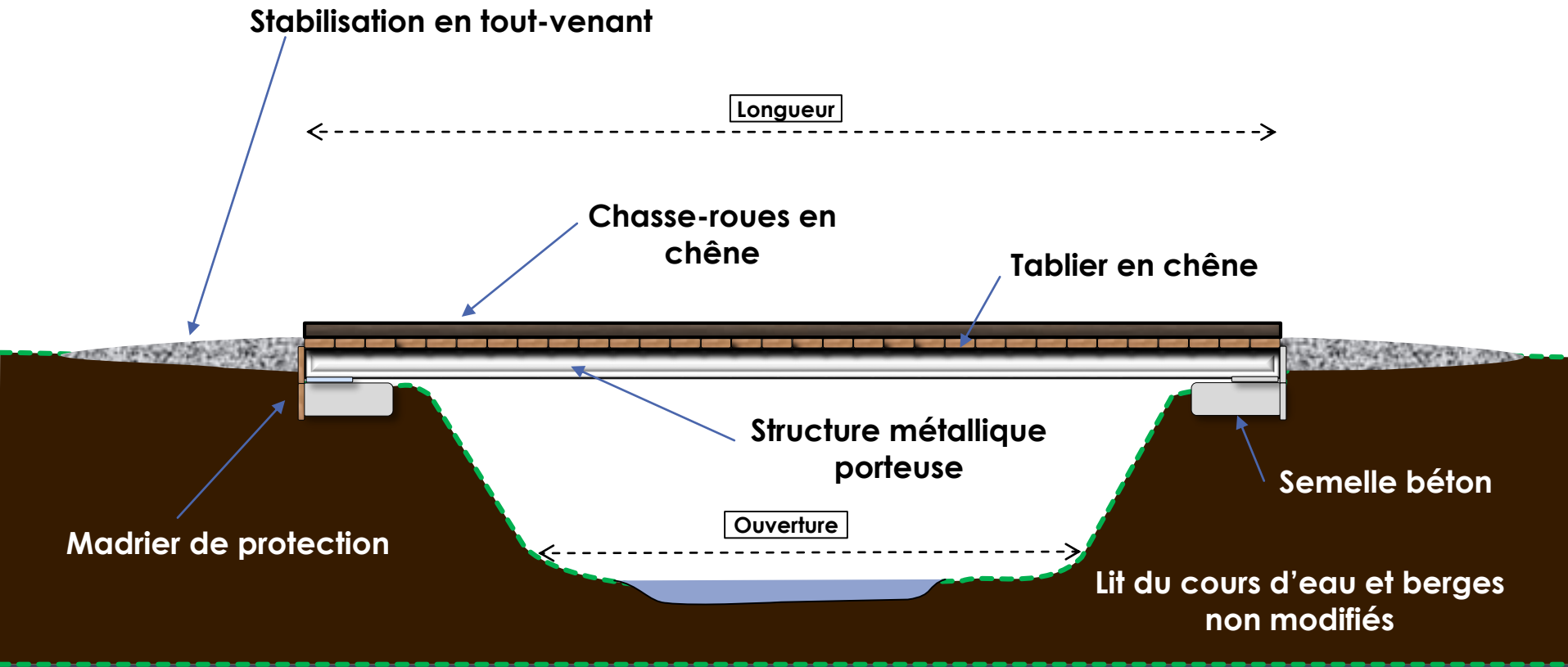
**Allemagne– ALL-24**



**Passerelle  
engins 15t**



# Vue longitudinale



← Longueur →

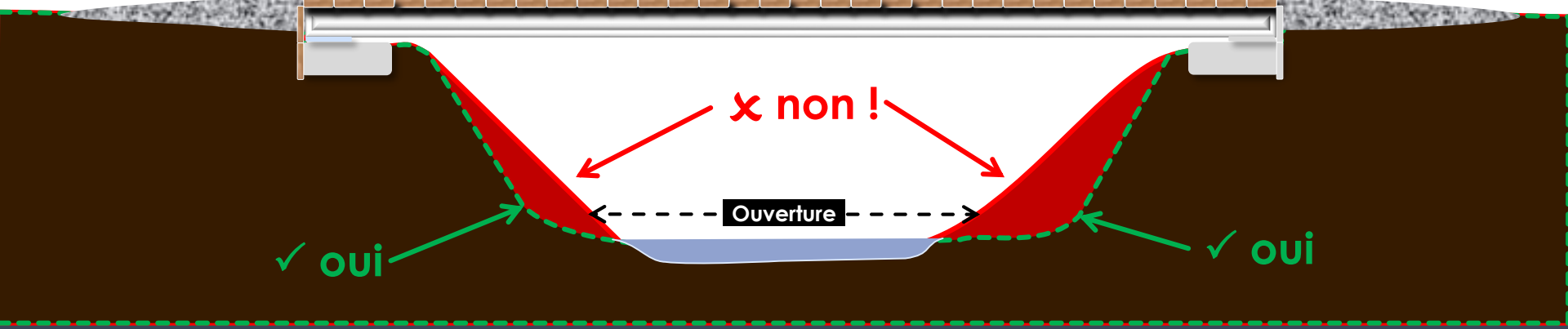


x non !

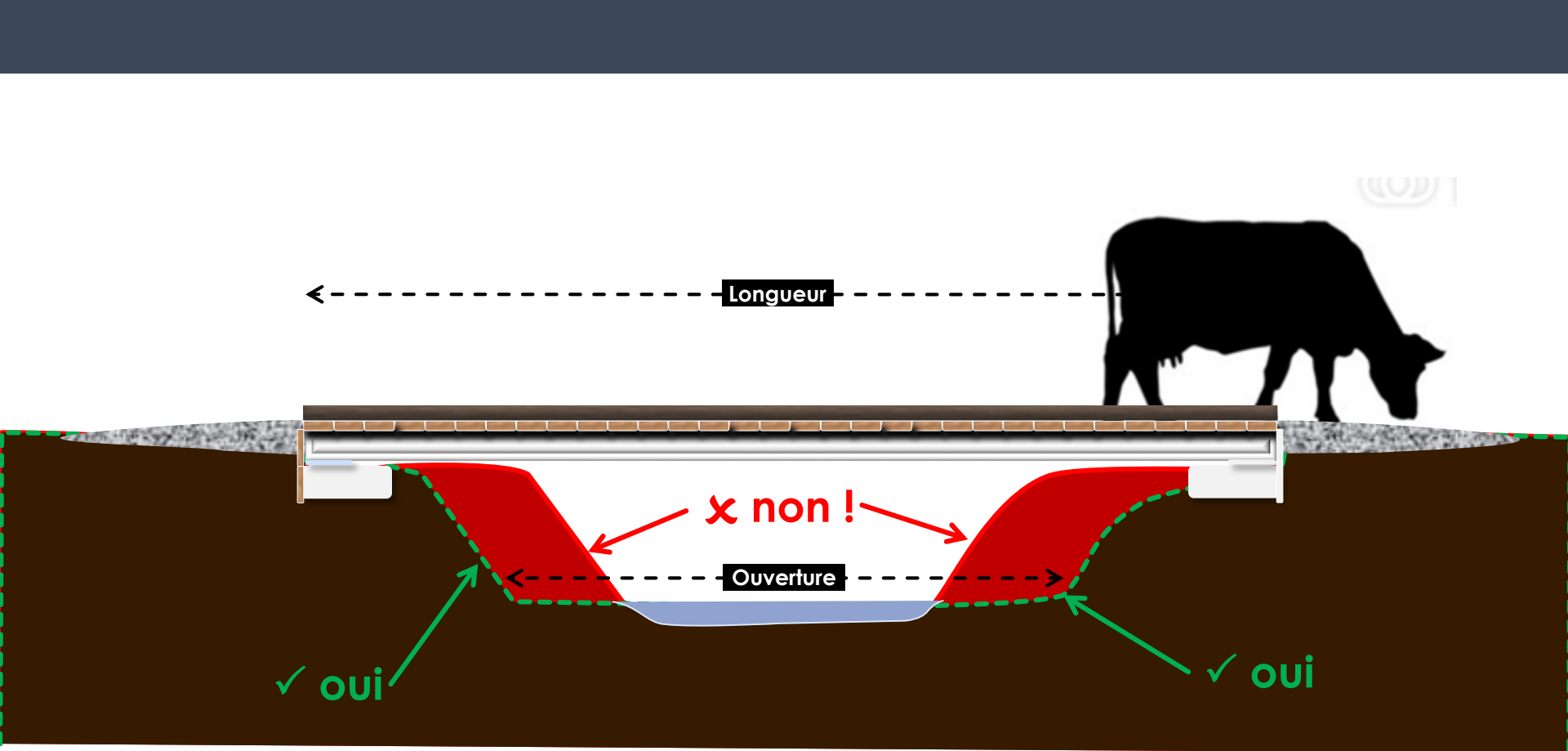
Ouverture

✓ oui

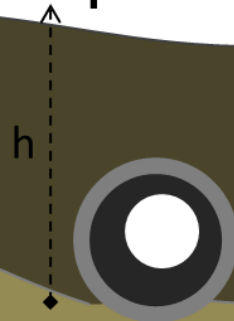
✓ oui







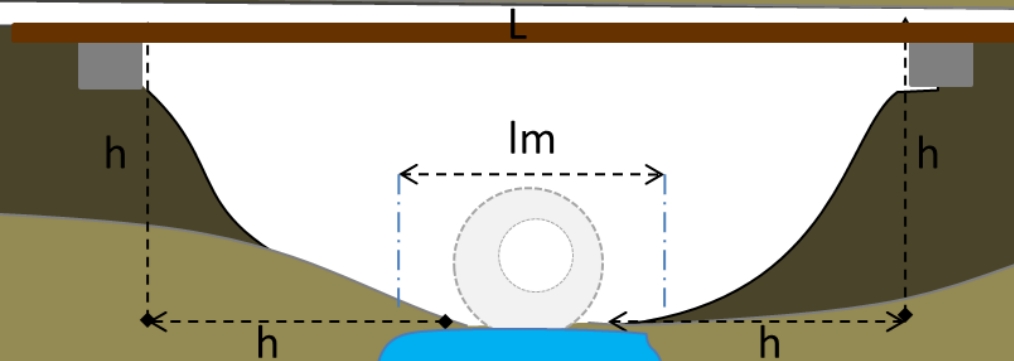
# Méthode de calcul simplifiée pour éviter les mauvaises surprises



**h :** distance verticale entre le niveau du chemin et le fond du cours d'eau

**Lm :** largeur du lit mineur

**L :** longueur du tablier



$$L = (2 * h) + Lm + 2$$

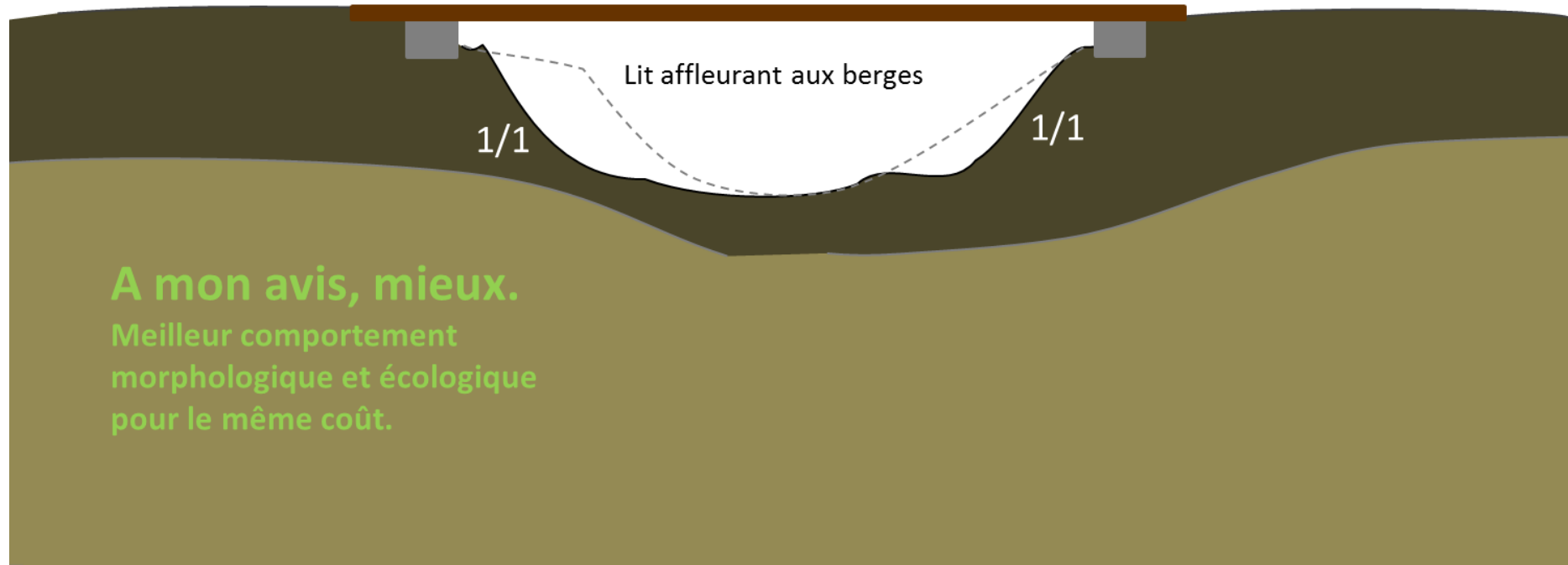
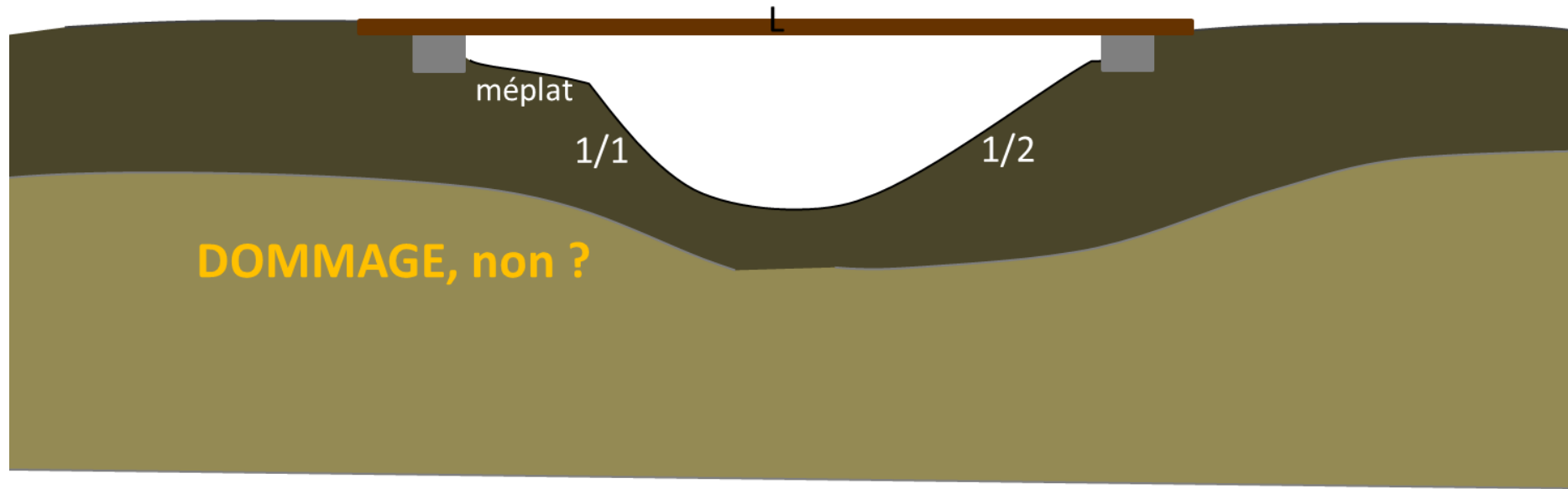
*2 correspond à 1 mètre de chaque côté pour l'ancrage de la passerelle*

*Exemples :*

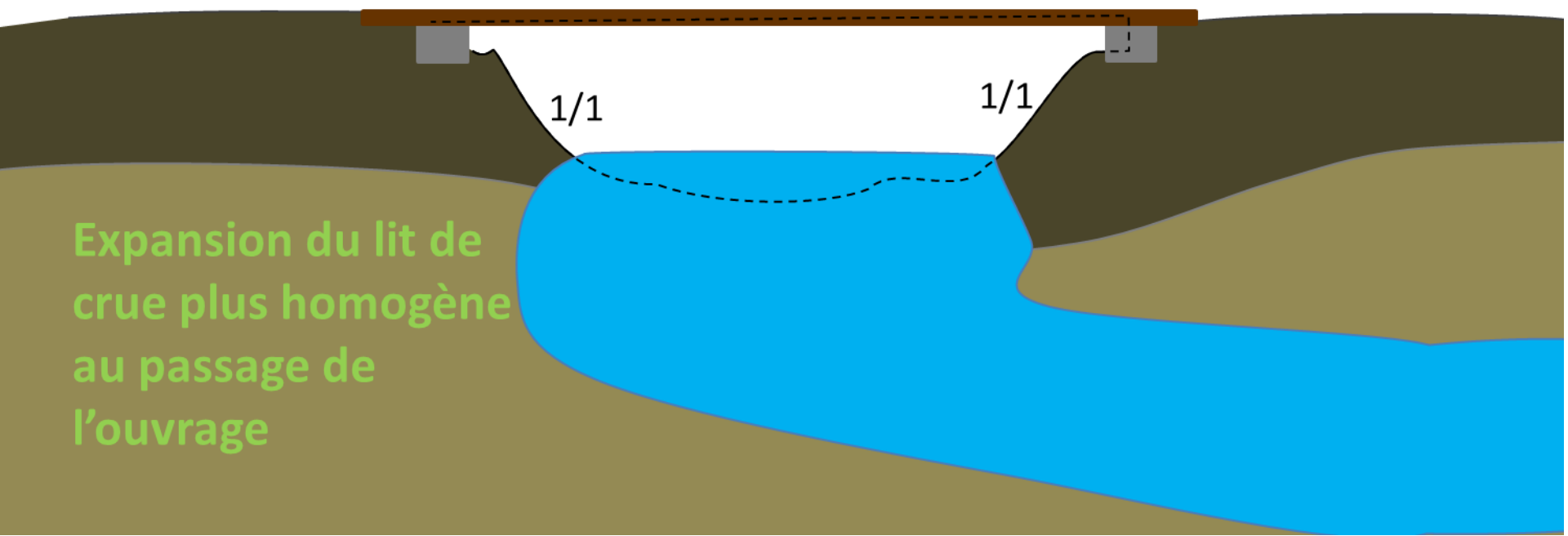
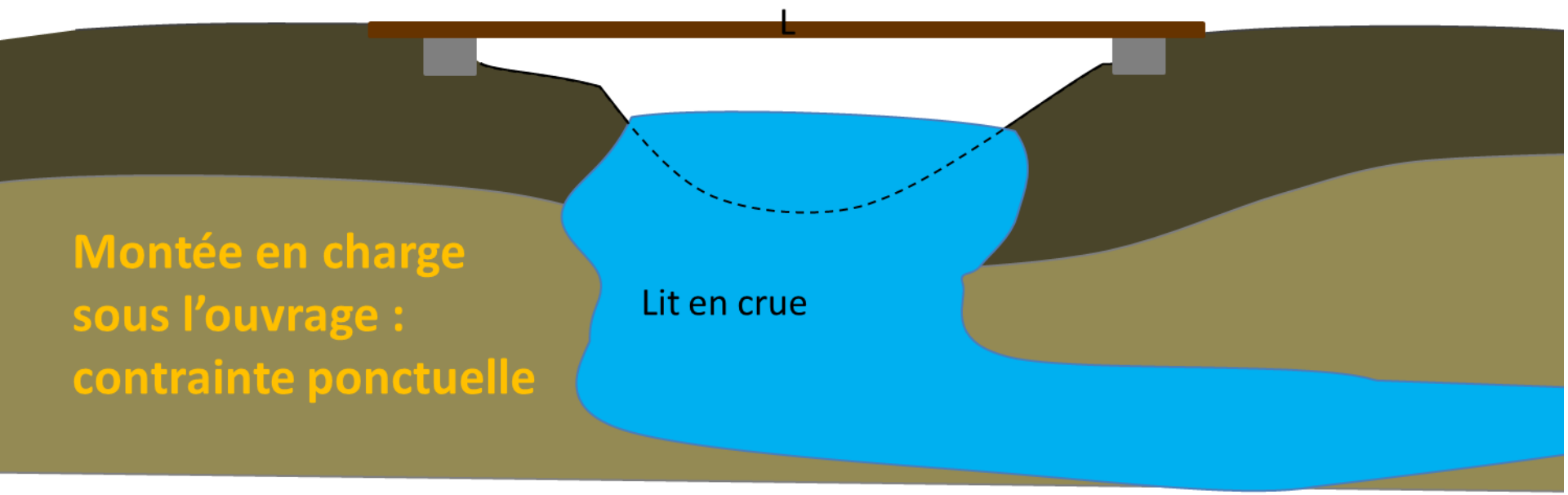
*Cours d'eau de 2 m de large, dont le fond est à 50 cm du chemin : tablier de 5 m*

*Cours d'eau de 0,5 m de large, dont le fond est à 2,5 m du chemin : tablier de 8 m*

## Profitions de l'effet passerelle au maximum



# Profitons de l'effet passerelle au maximum







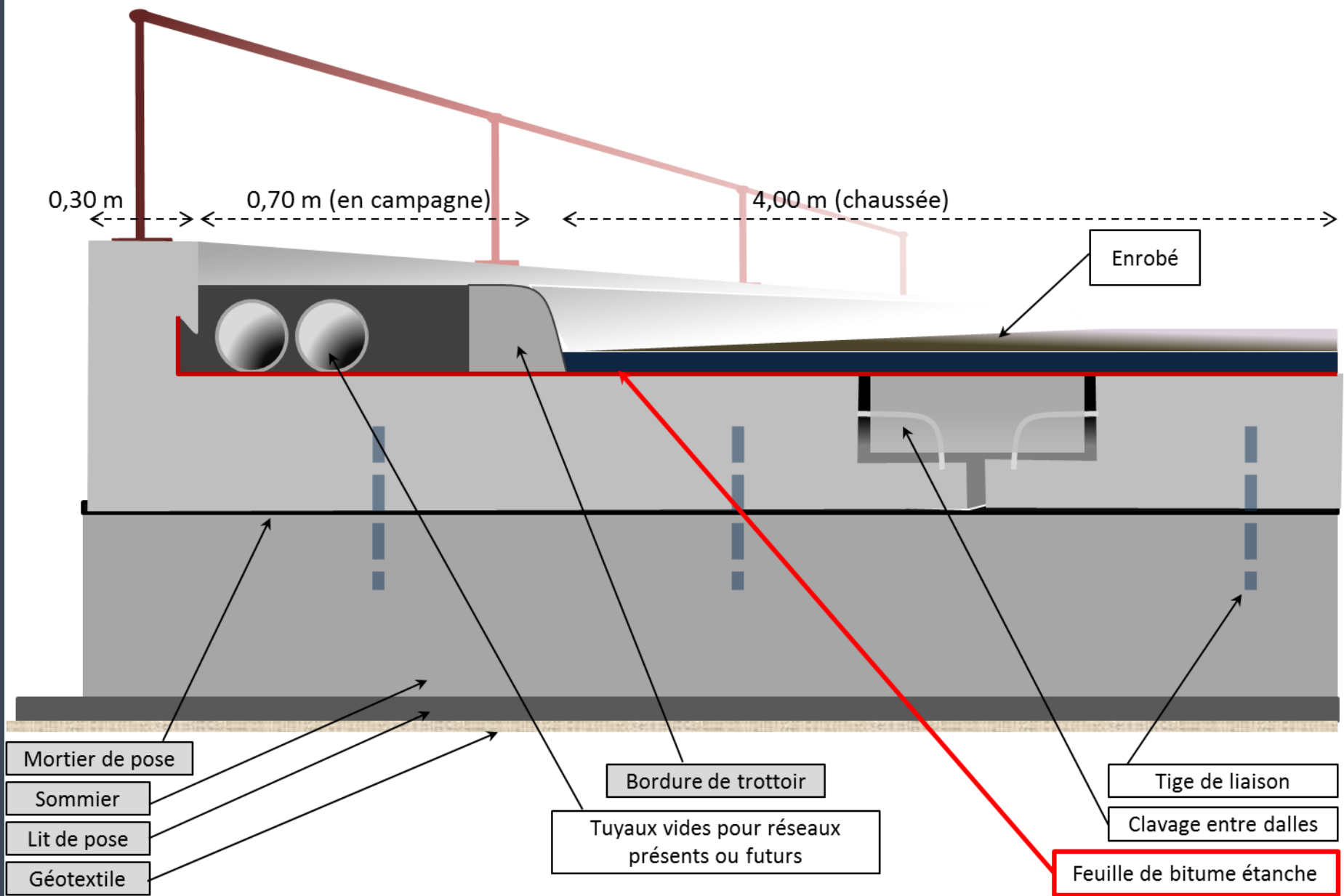








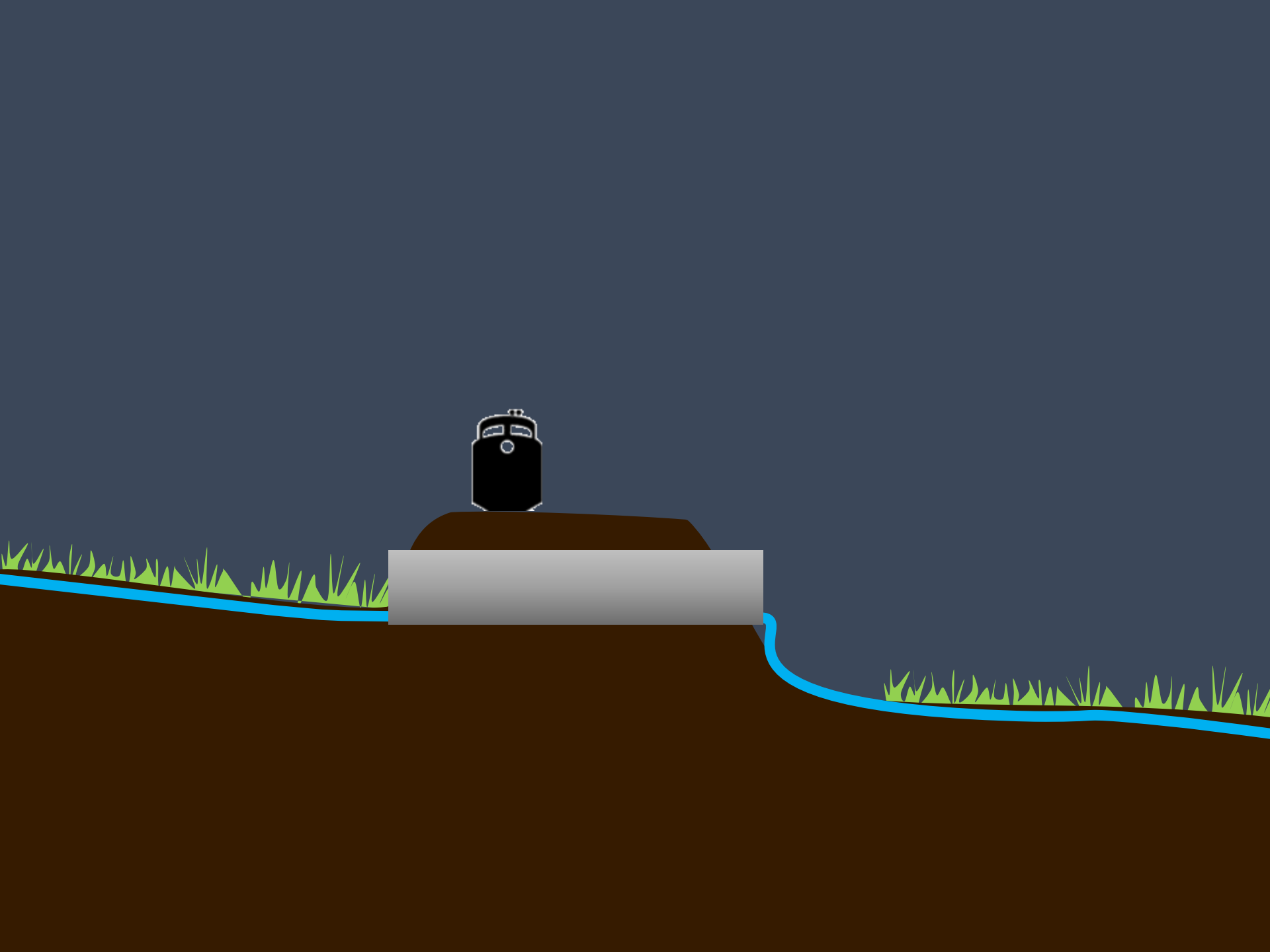
# Coupe transversale : pont modulaire (route départementale)



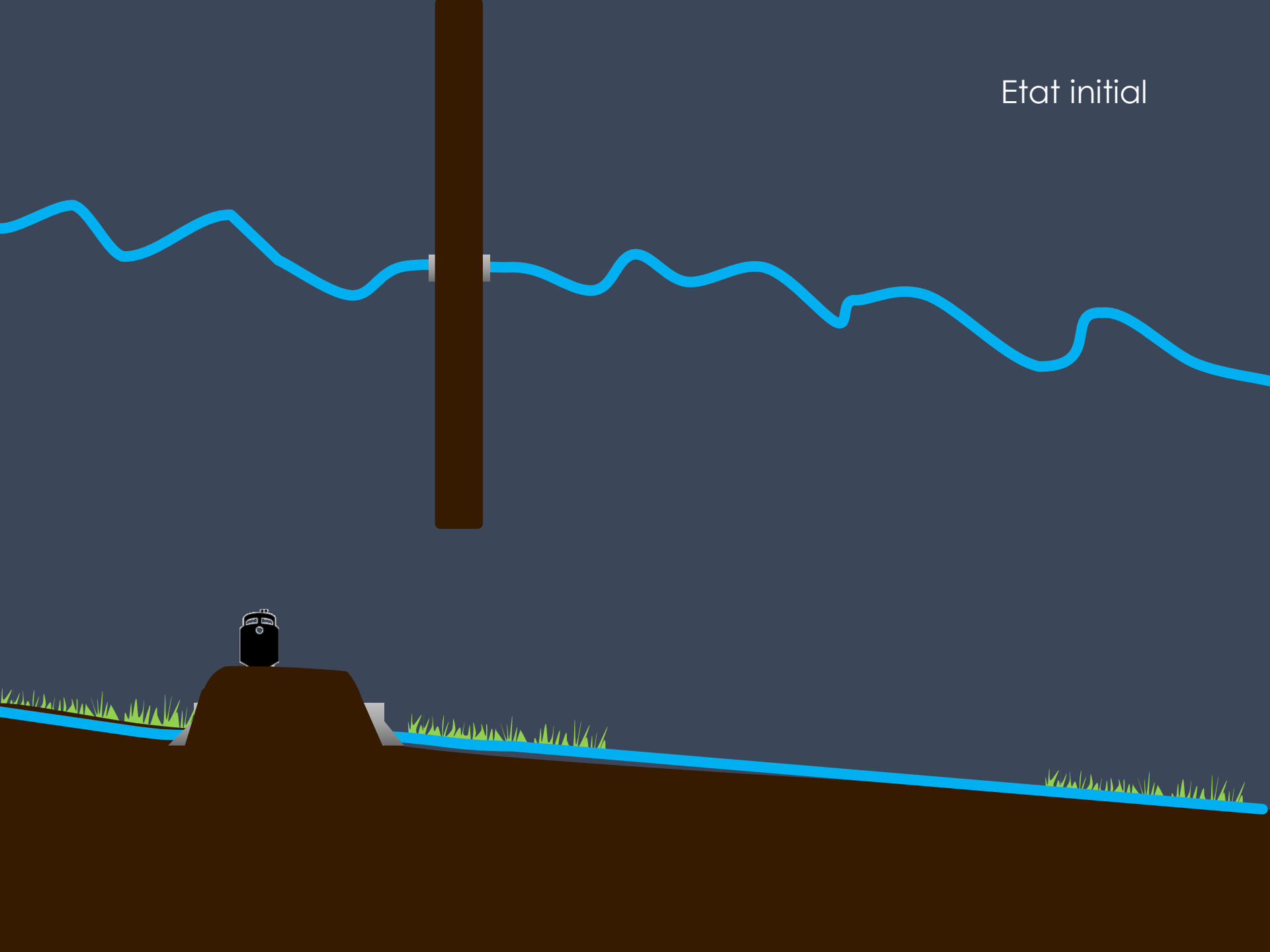
# Equipement de l'existant

# Position du problème

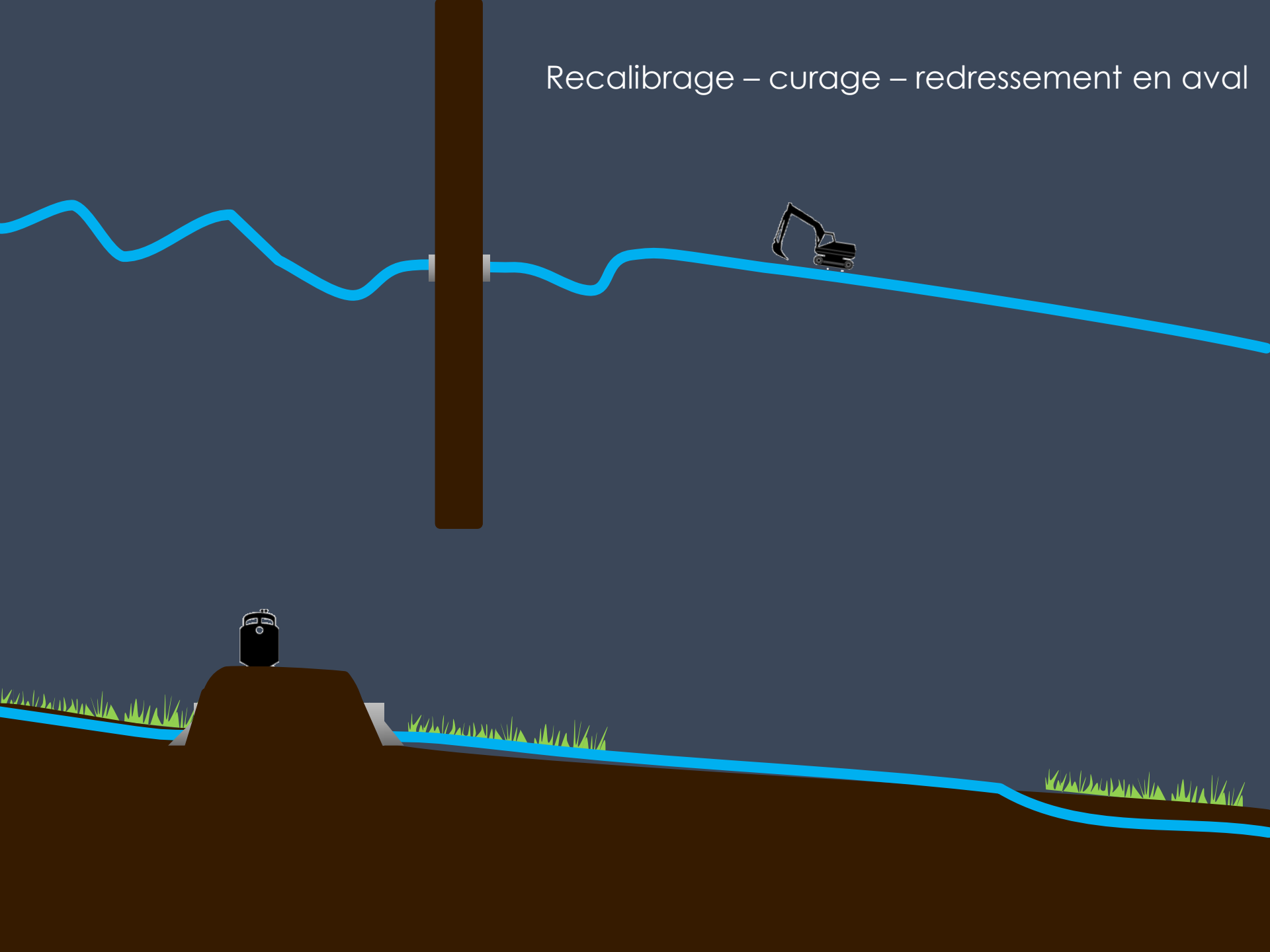




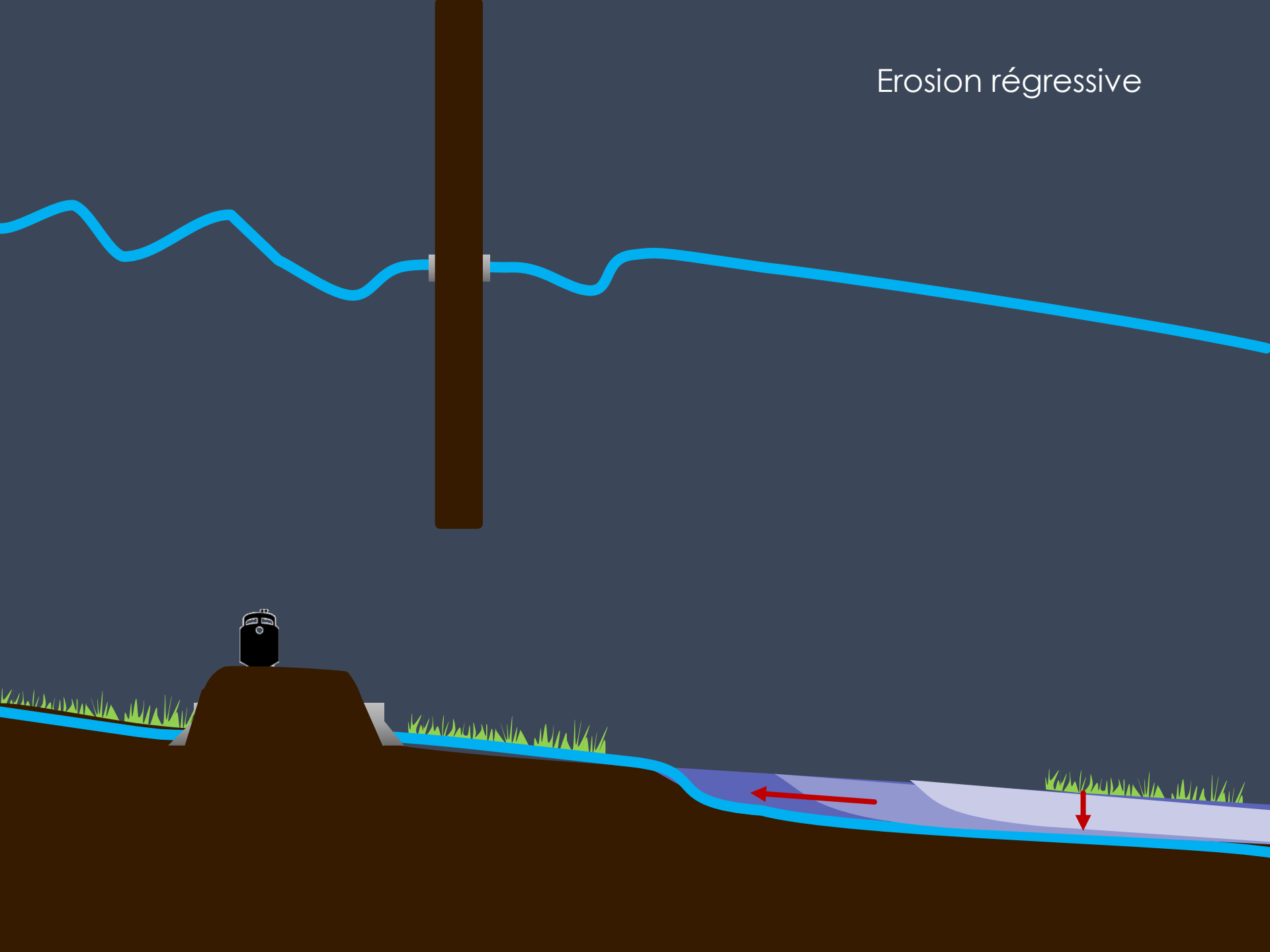
Etat initial



Recalibrage – curage – redressement en aval

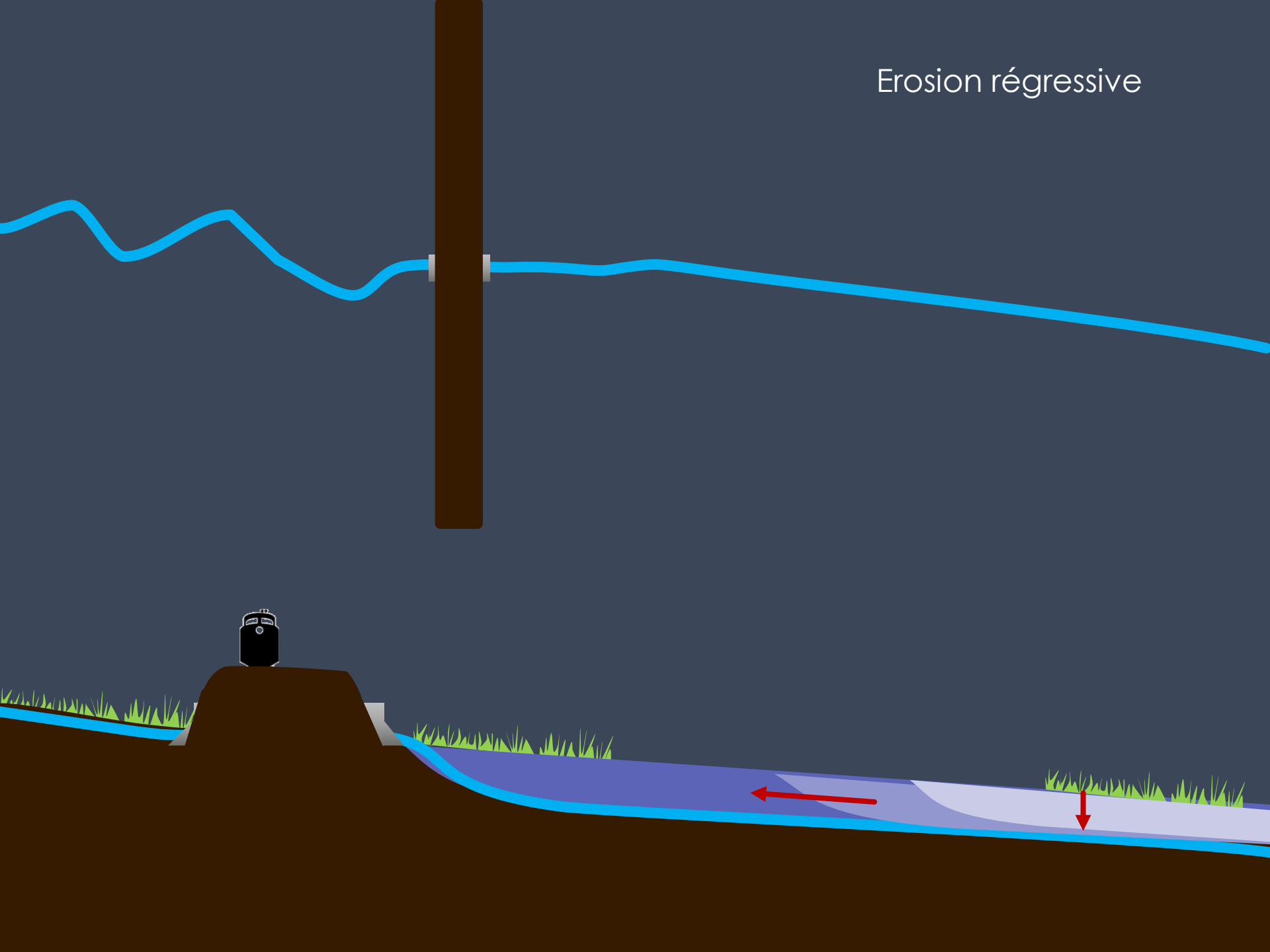


Erosion régressive





Erosion régressive





# Résultat



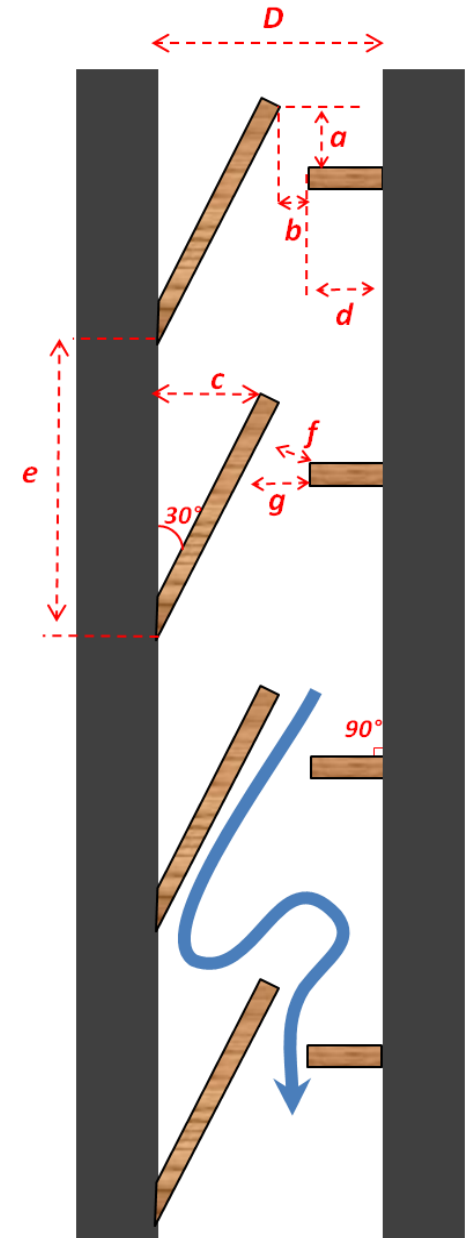


Offsets



## Abaque

D	a	b	c	d	e	g	f	hauteur*	Petits	Grands (hors biseau)
coef	0,260	0,125	0,495	0,380	1,120	0,275	0,238	0,096	0,380	0,990
40 cm	10 cm	5 cm	20 cm	15 cm	45 cm	11 cm	10 cm	30 cm	15 cm	40 cm
50 cm	13 cm	6 cm	25 cm	19 cm	56 cm	14 cm	12 cm	30 cm	19 cm	50 cm
60 cm	16 cm	8 cm	30 cm	23 cm	67 cm	17 cm	14 cm	30 cm	23 cm	59 cm
70 cm	18 cm	9 cm	35 cm	27 cm	78 cm	19 cm	17 cm	30 cm	27 cm	69 cm
80 cm	21 cm	10 cm	40 cm	30 cm	90 cm	22 cm	19 cm	30 cm	30 cm	79 cm
90 cm	23 cm	11 cm	45 cm	34 cm	101 cm	25 cm	21 cm	30 cm	34 cm	89 cm
100 cm	26 cm	13 cm	50 cm	38 cm	112 cm	28 cm	24 cm	30 cm	38 cm	99 cm
110 cm	29 cm	14 cm	54 cm	42 cm	123 cm	30 cm	26 cm	30 cm	42 cm	109 cm
120 cm	31 cm	15 cm	59 cm	46 cm	134 cm	33 cm	29 cm	30 cm	46 cm	119 cm
130 cm	34 cm	16 cm	64 cm	49 cm	146 cm	36 cm	31 cm	30 cm	49 cm	129 cm
140 cm	36 cm	18 cm	69 cm	53 cm	157 cm	39 cm	33 cm	30 cm	53 cm	139 cm
150 cm	39 cm	19 cm	74 cm	57 cm	168 cm	41 cm	36 cm	30 cm	57 cm	149 cm
160 cm	42 cm	20 cm	79 cm	61 cm	179 cm	44 cm	38 cm	30 cm	61 cm	158 cm
170 cm	44 cm	21 cm	84 cm	65 cm	190 cm	47 cm	41 cm	30 cm	65 cm	168 cm
180 cm	47 cm	23 cm	89 cm	68 cm	202 cm	50 cm	43 cm	30 cm	68 cm	178 cm
190 cm	49 cm	24 cm	94 cm	72 cm	213 cm	52 cm	45 cm	30 cm	72 cm	188 cm
200 cm	52 cm	25 cm	99 cm	76 cm	224 cm	55 cm	48 cm	30 cm	76 cm	198 cm



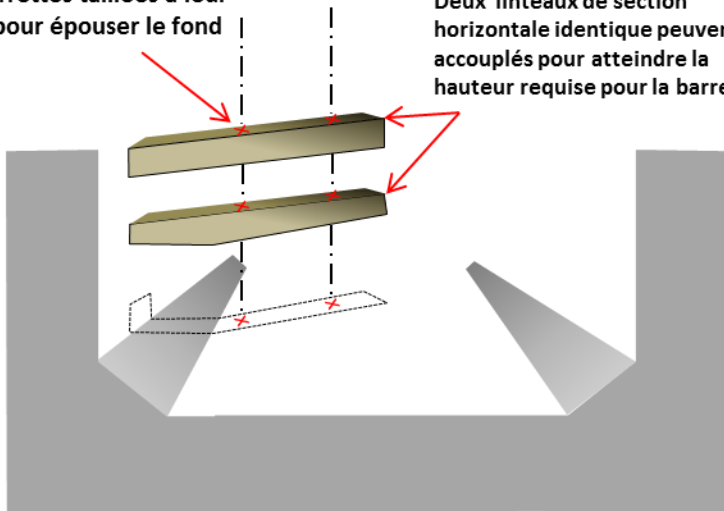
\*Hauteur des déflecteurs : 30 cm jusqu'aux ponts de 3,20 m de large. Au-delà, appliquer le coefficient 0,096.

Epaisseur minimale des déflecteurs : 15 cm,

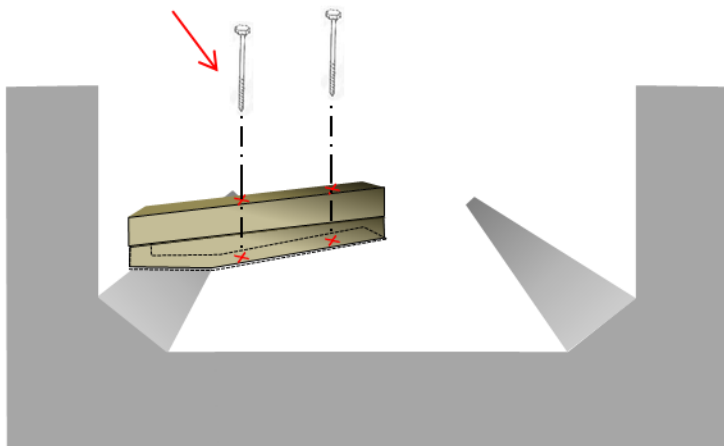
## Pont cadre à radier lisse

Reperçage des trous dans les barrettes taillées à leur base pour épouser le fond

Deux linteaux de section horizontale identique peuvent être accouplés pour atteindre la hauteur requise pour la barrette



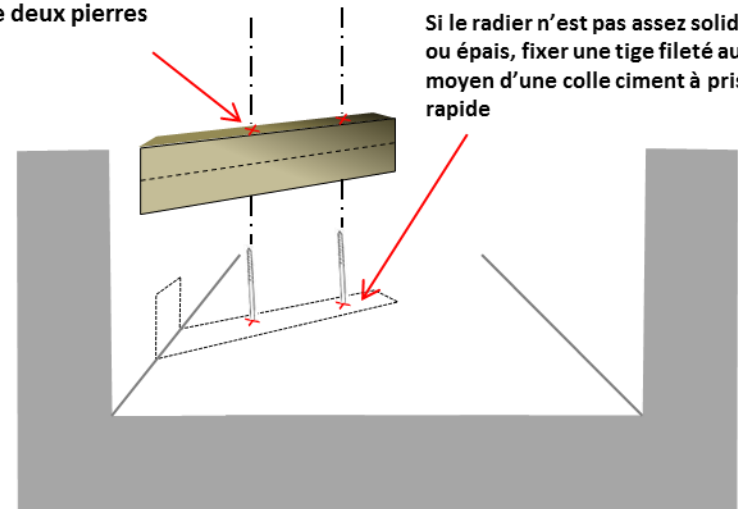
- Mise en position des barrettes,
- Vérification de toutes les cotes,
- Perçage du radier à travers les barrettes pré trouées
- Fixation avec des tirefonds



## Pont dalot à radier maçonné

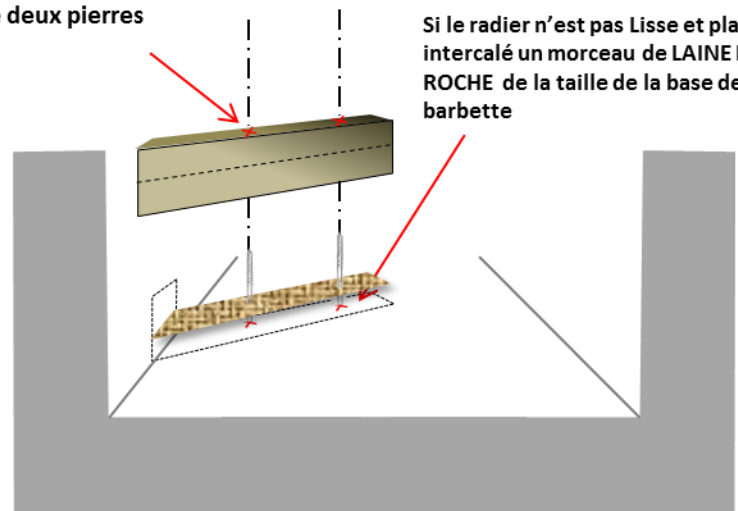
Reperçage des trous dans les barrettes au dessus d'un joint entre deux pierres

Si le radier n'est pas assez solide ou épais, fixer une tige filetée au moyen d'une colle ciment à prise rapide



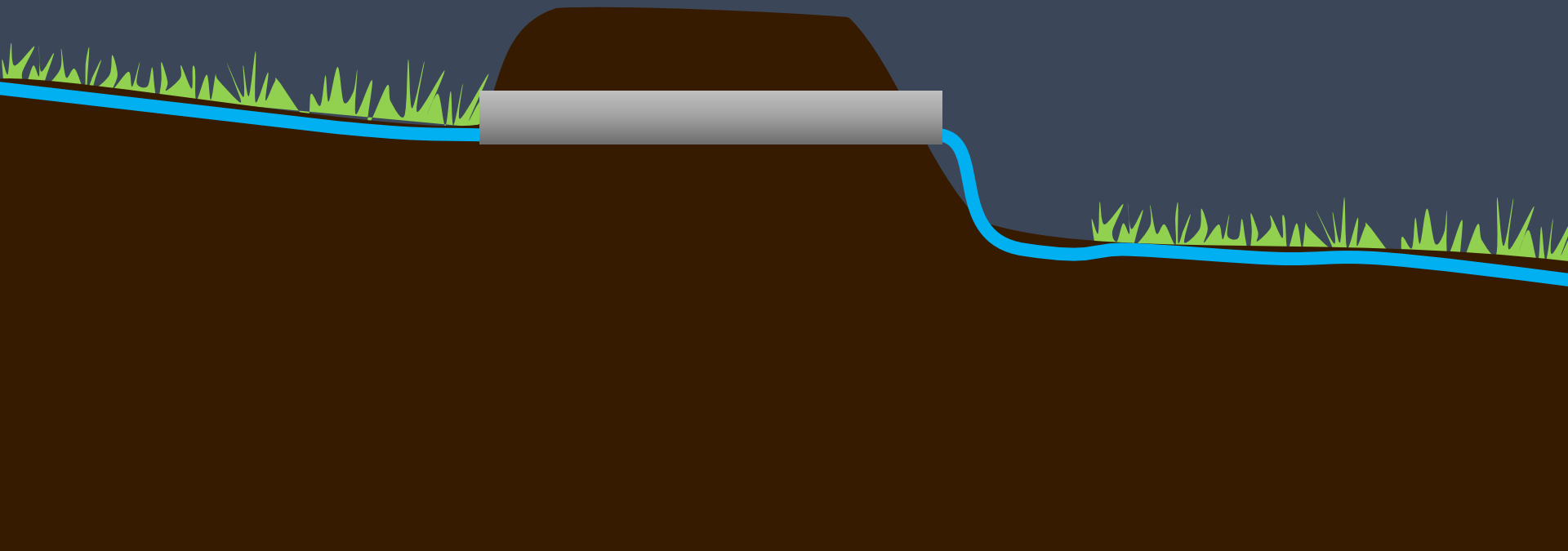
Reperçage des trous dans les barrettes au dessus d'un joint entre deux pierres

Si le radier n'est pas lisse et plat, intercalé un morceau de LAINE DE ROCHE de la taille de la base de la barrette

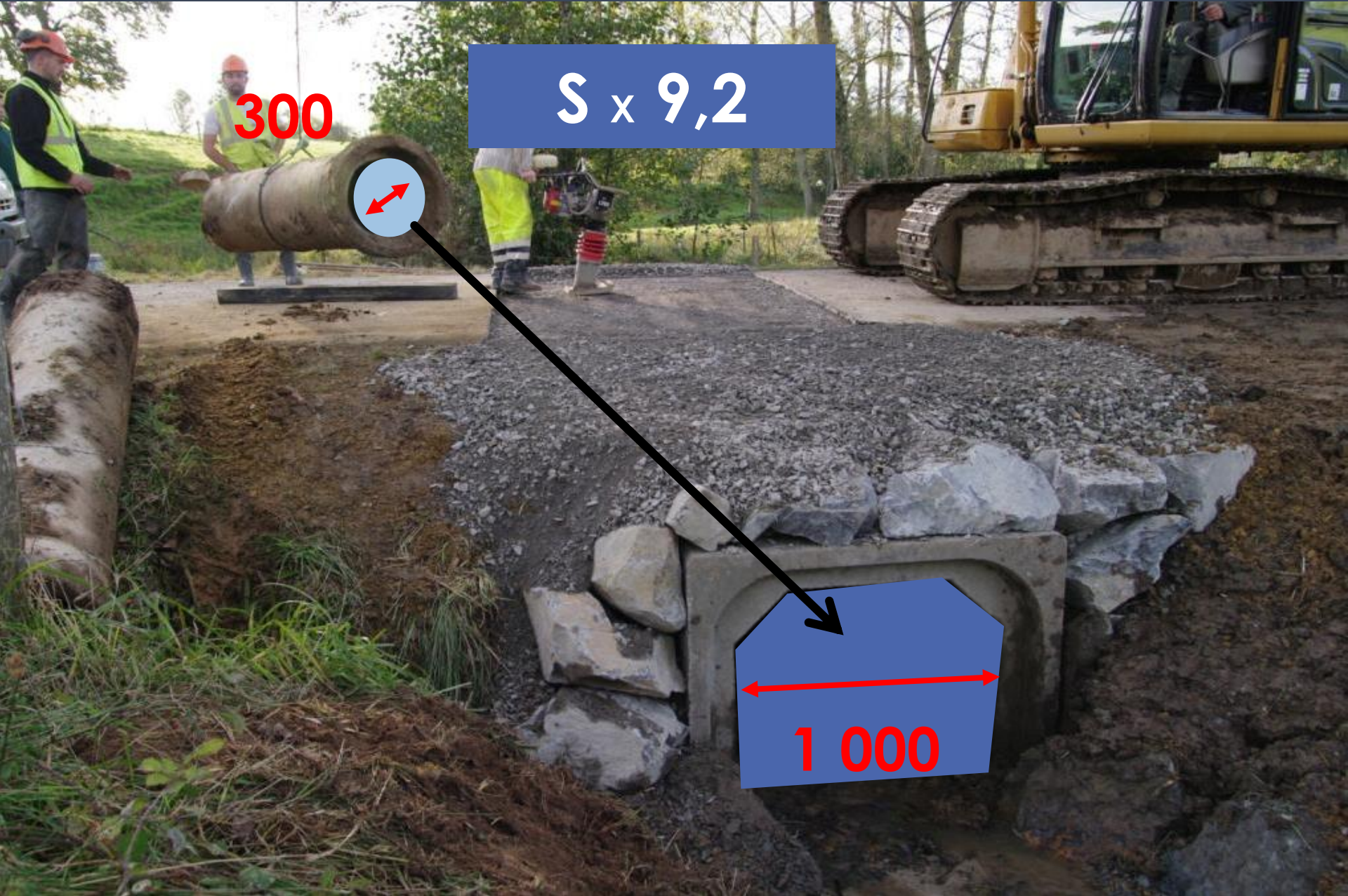


# Pont cadre

L'ouvrage à remplacer

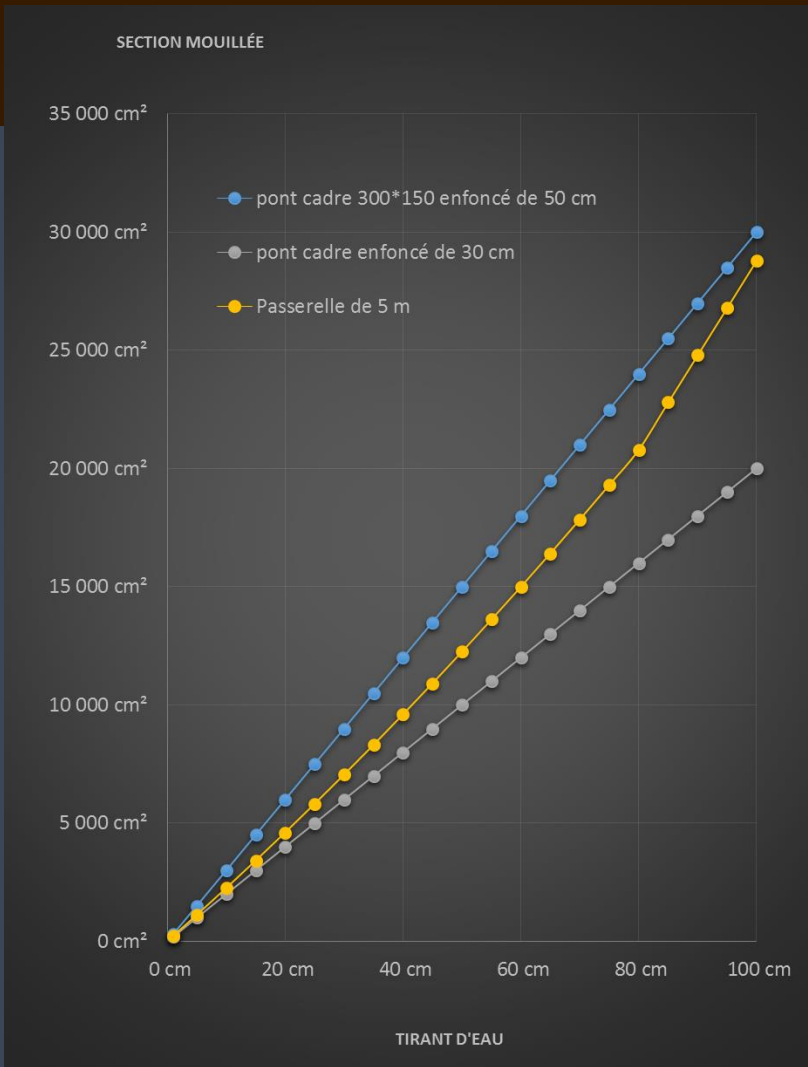
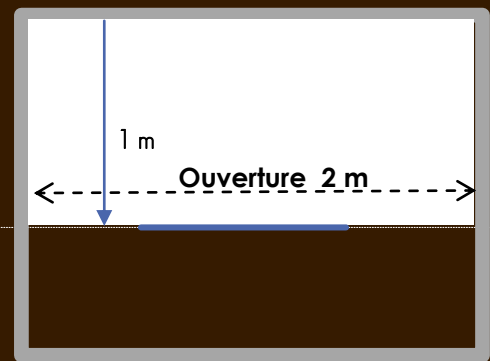
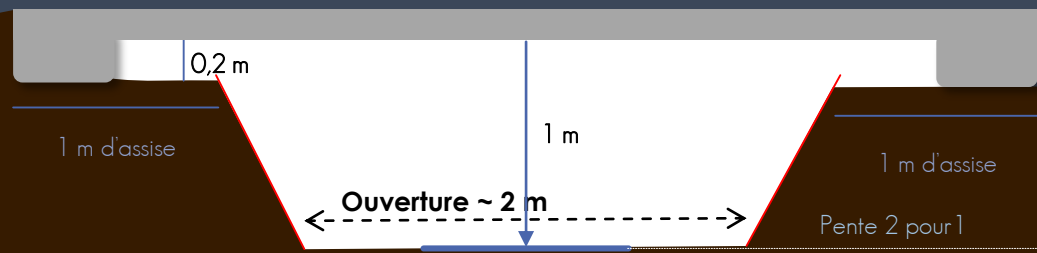


# Remplacement. Tuyau béton sous route par un pont cadre







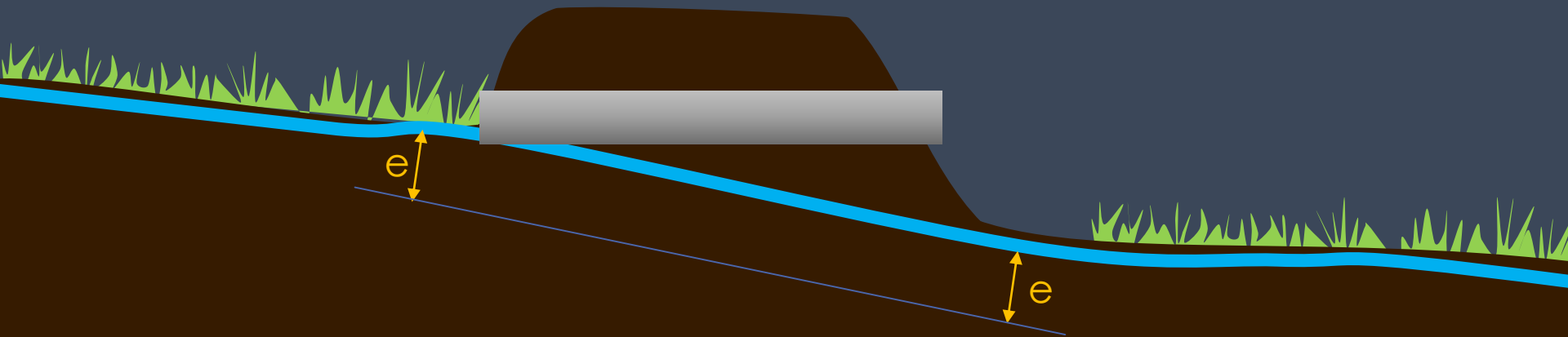






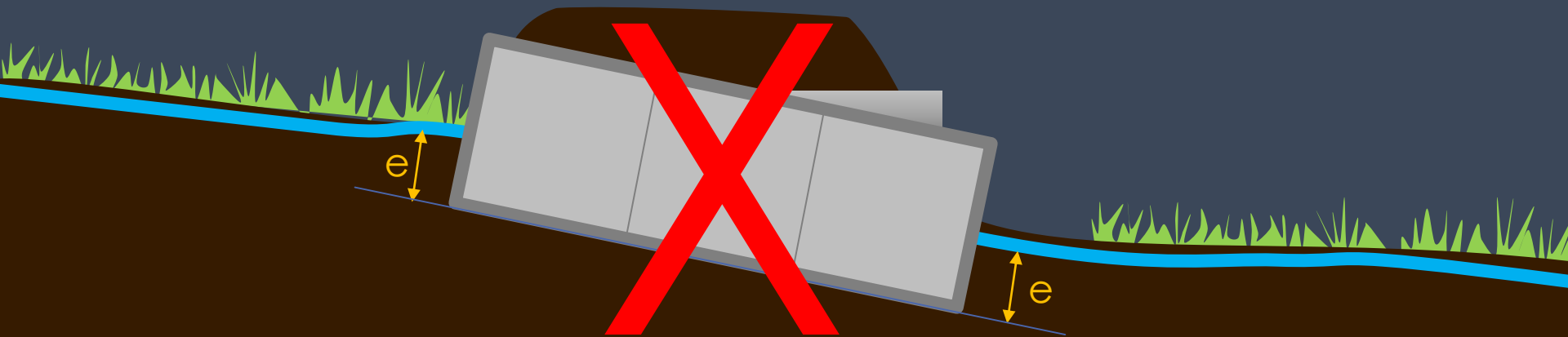
# Pont cadre

Le fond du lit de part et d'autre  $\neq$  bonne référence



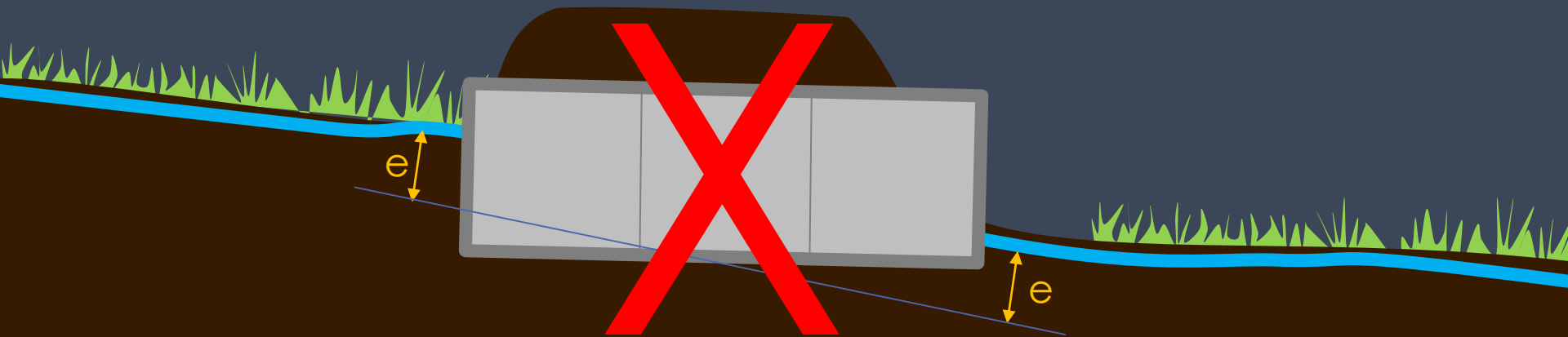
# Pont cadre

Le fond du lit de part et d'autre  $\neq$  bonne référence



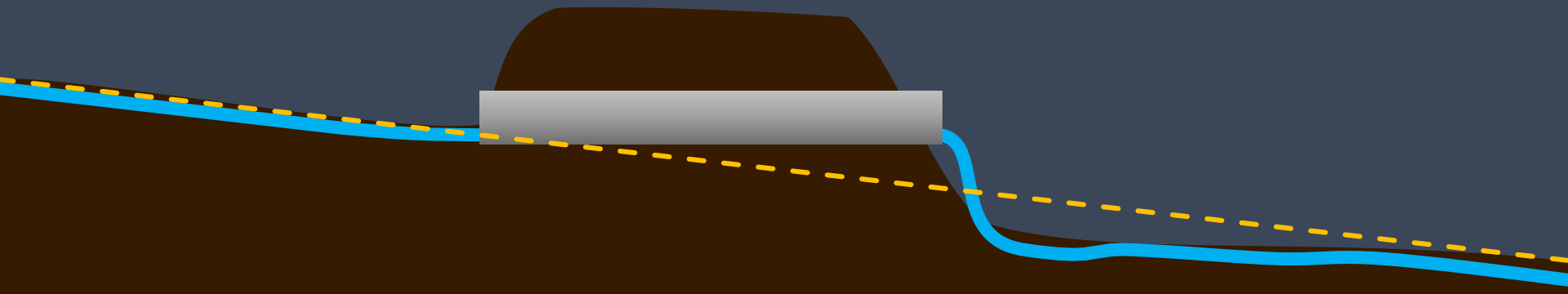
# Pont cadre

Le module à l'horizontal en cas de pente est dangereux



# Pont cadre

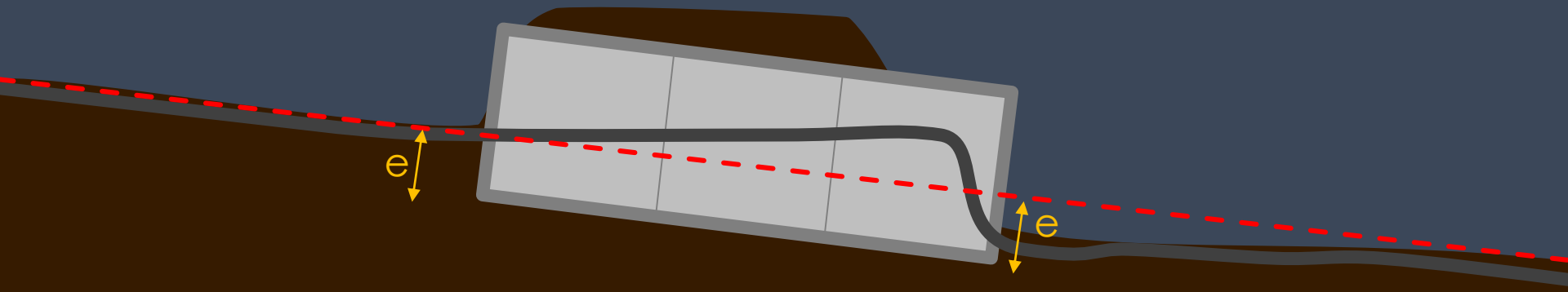
L'ouvrage a modifié le profil localement





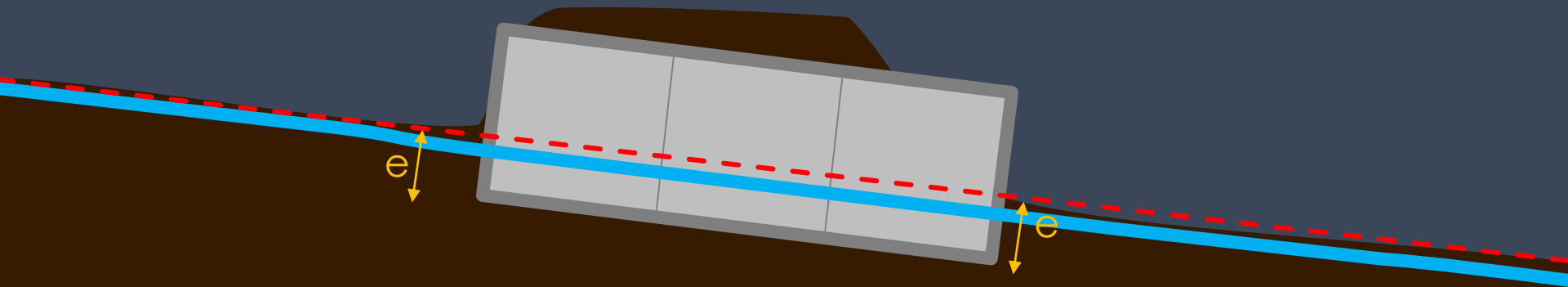
# Pont cadre

Se référer à la pente moyenne du tronçon



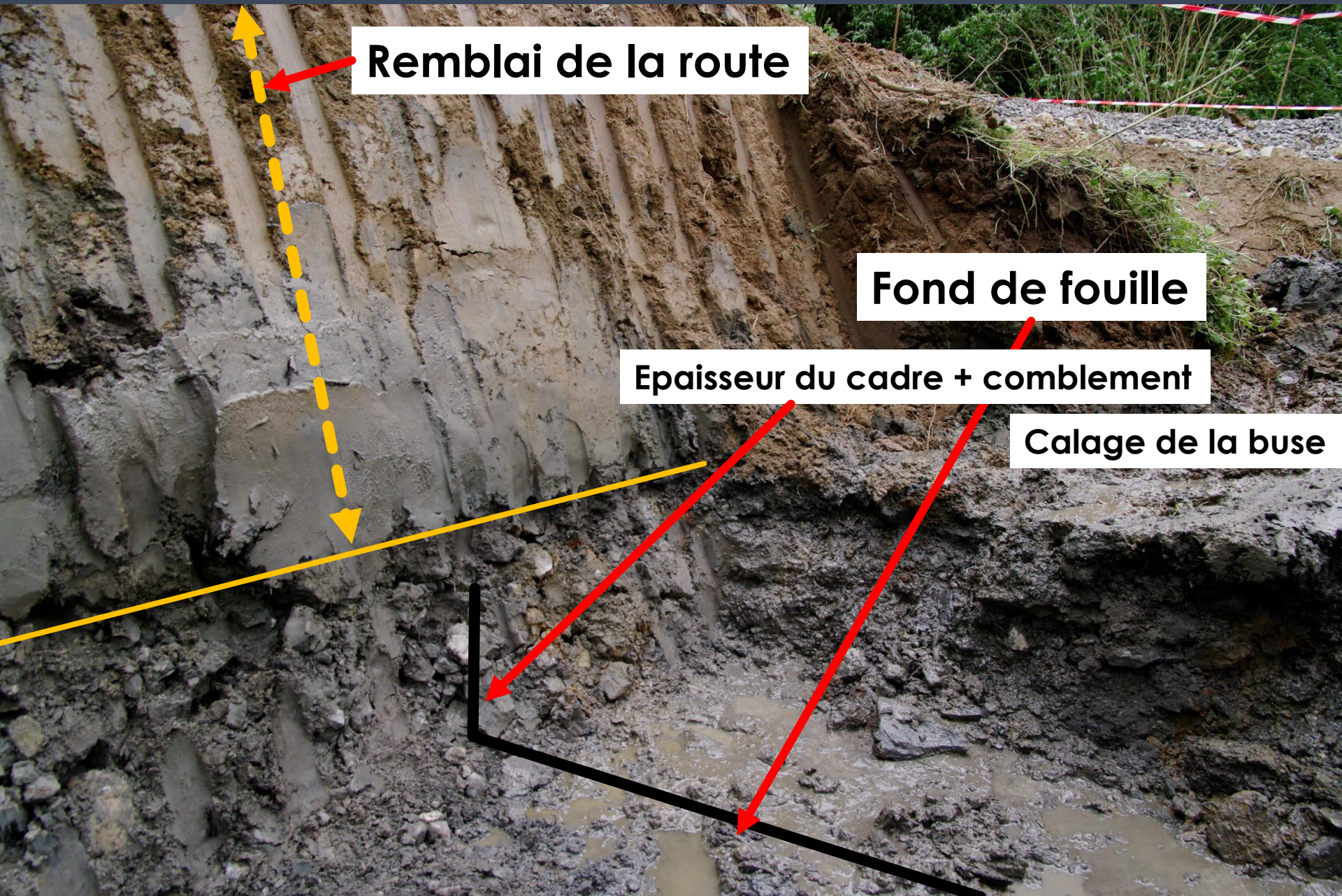
# Pont cadre

Se référer à la pente moyenne du tronçon







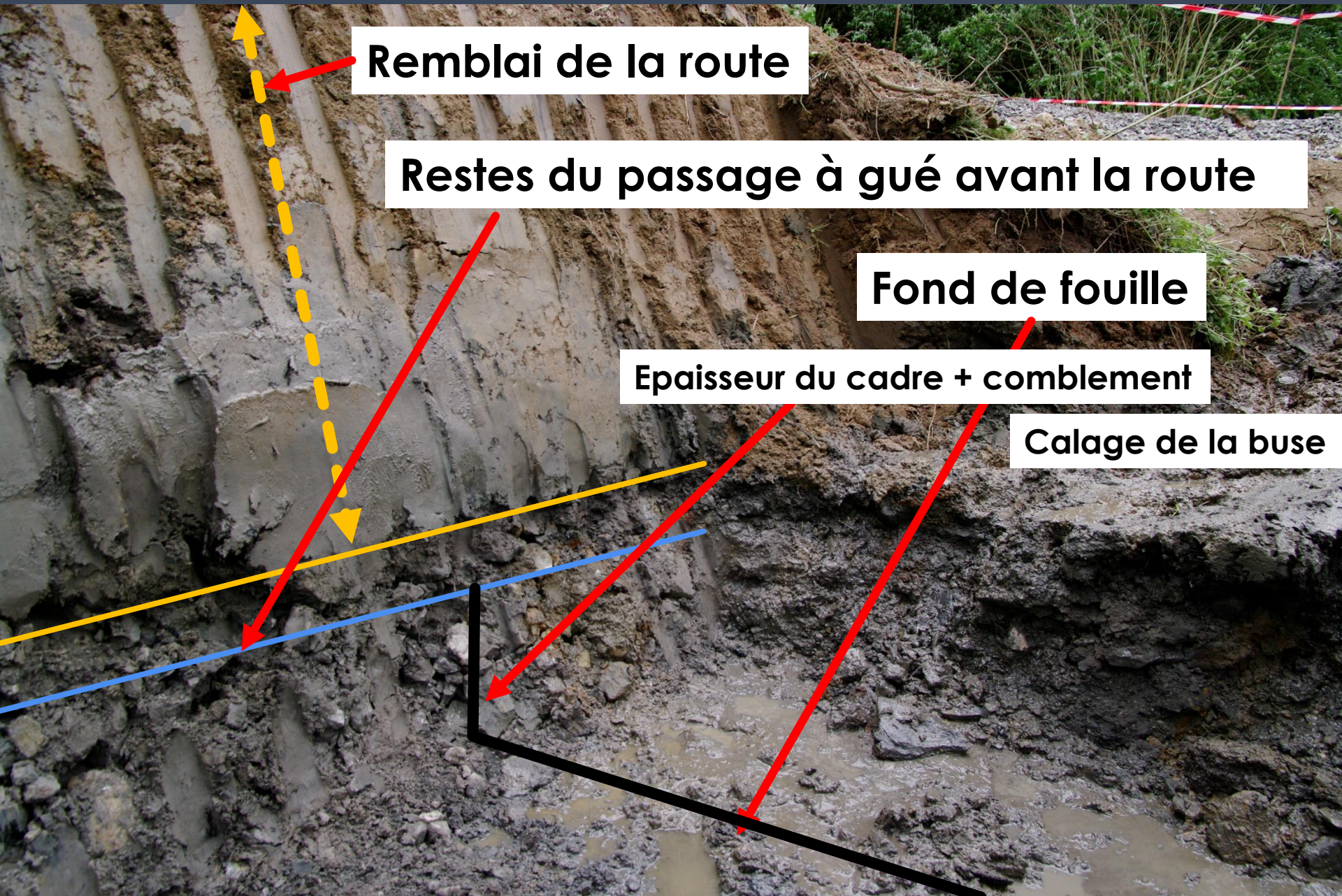


**Remblai de la route**

**Fond de fouille**

**Epaisseur du cadre + comblement**

**Calage de la buse**



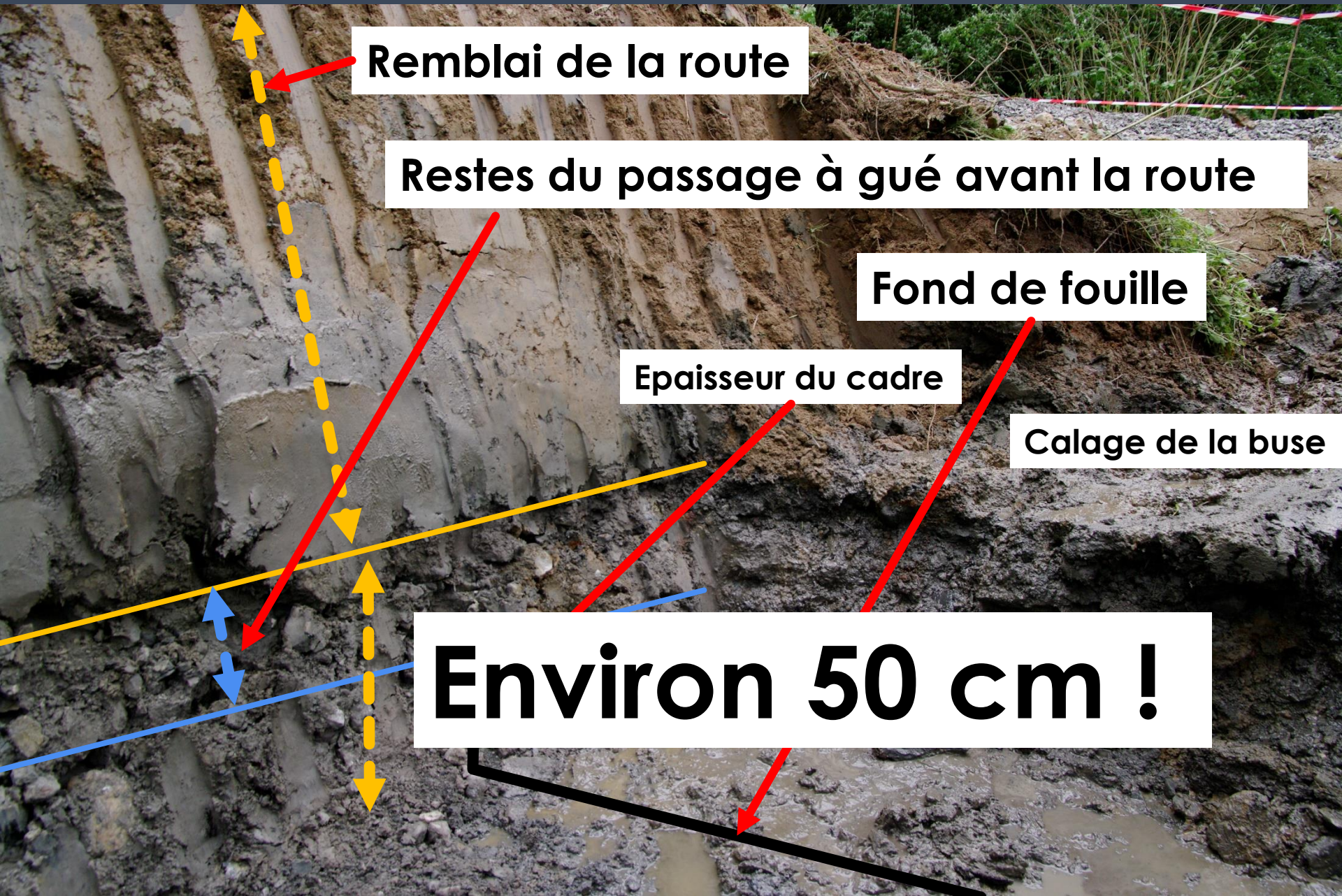
**Remblai de la route**

**Restes du passage à gué avant la route**

**Fond de fouille**

**Epaisseur du cadre + comblement**

**Calage de la buse**



**Remblai de la route**

**Restes du passage à gué avant la route**

**Fond de fouille**

**Epaisseur du cadre**

**Calage de la buse**

**Environ 50 cm !**





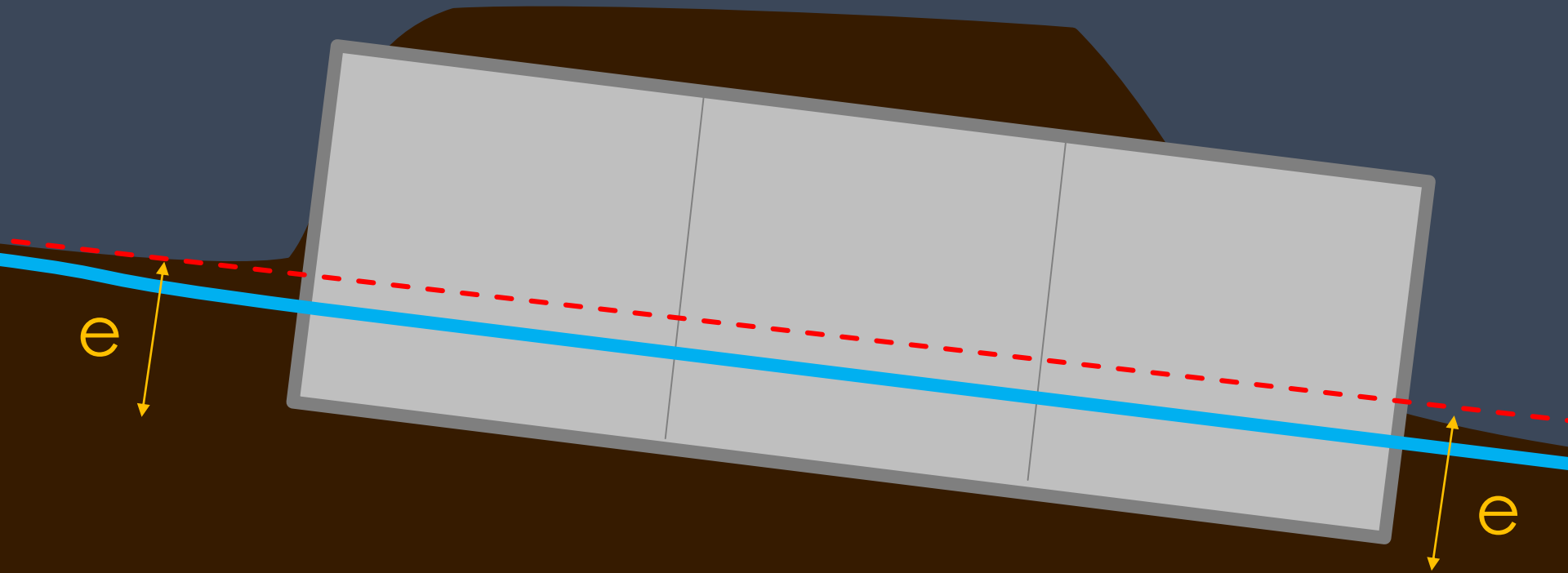
# Pont cadre

Travail de topo.  
préalable à la pose



# Pont cadre

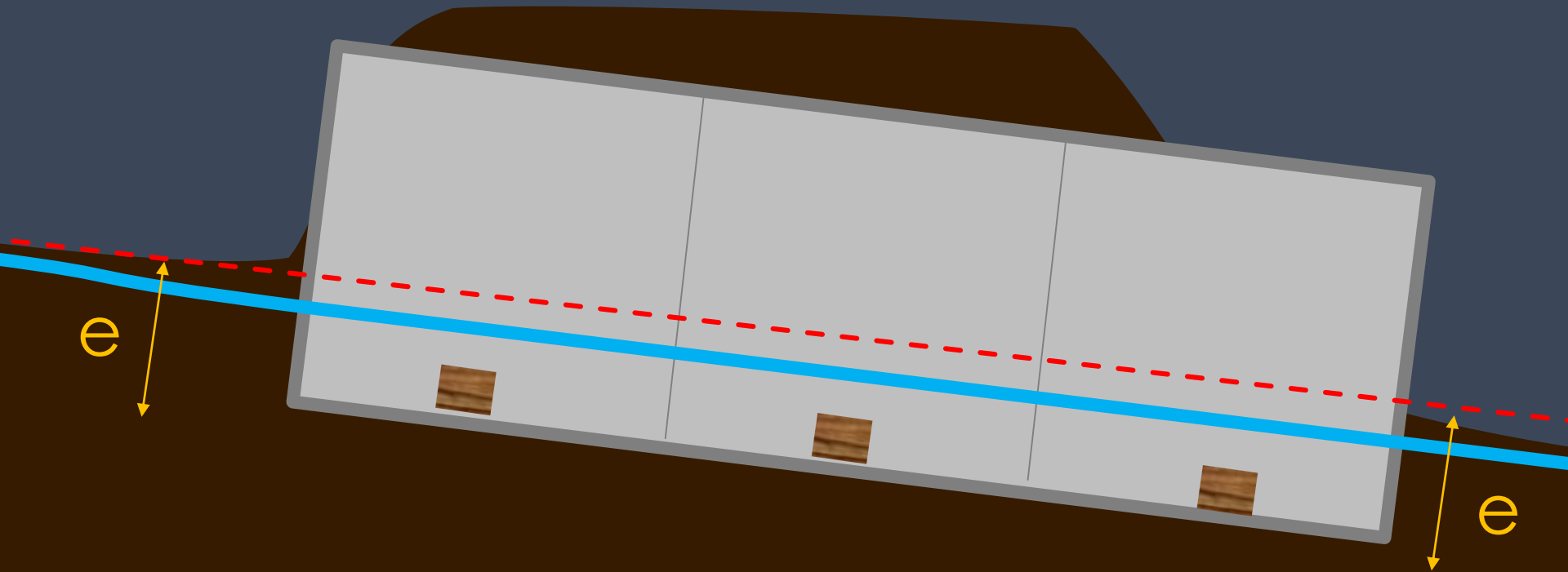
Calage



$e = 30 \text{ à } 50 \text{ cm}$

# Pont cadre

Fixation de dispositifs de maintien de rugosité



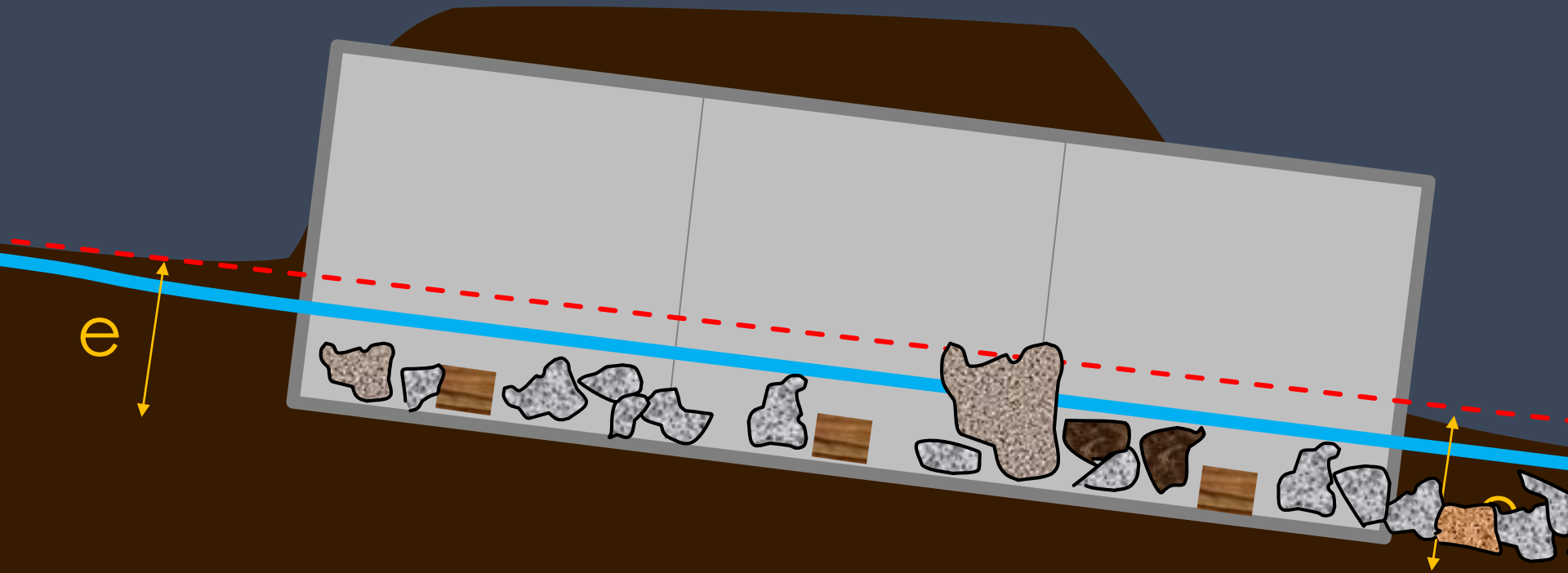
$e = 30 \text{ à } 50 \text{ cm}$





# Pont cadre

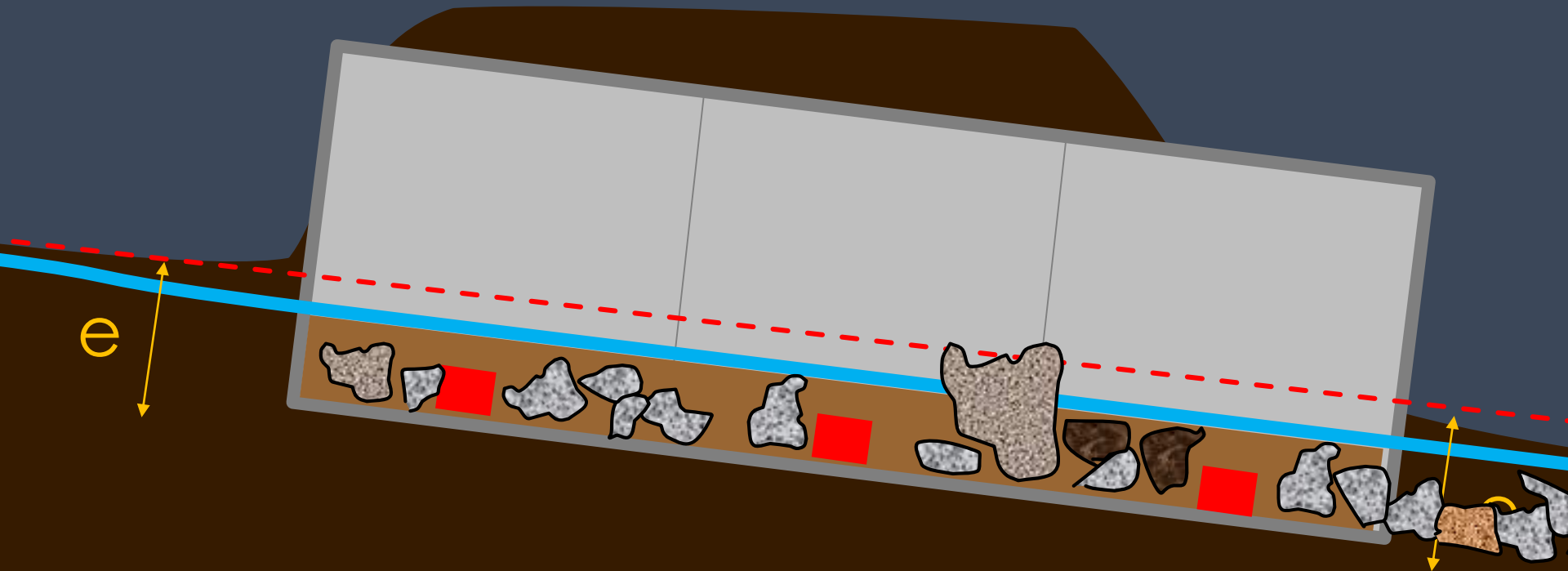
Pose de granulométrie, moyenne à grosse fraction



$e = 30 \text{ à } 50 \text{ cm}$

# Pont cadre

Pose de granulométrie, moyenne à grosse fraction













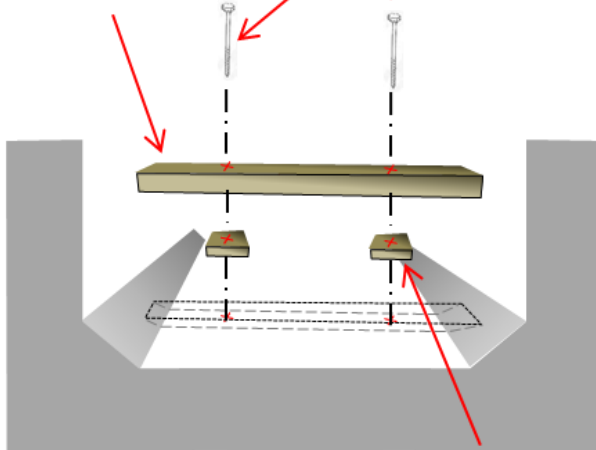


# Barrettes de maintien de rugosité déjà posées

Option 1

Barrette épaisse d'une demie hauteur de gousset, largeur à peu près égale au fond plat du module

- Perçage du radier à travers les barrettes pré-trouées
- Fixation avec des tirefonds



Deux cales peuvent servir à la fixation et assurer l'espacement avec le radier béton

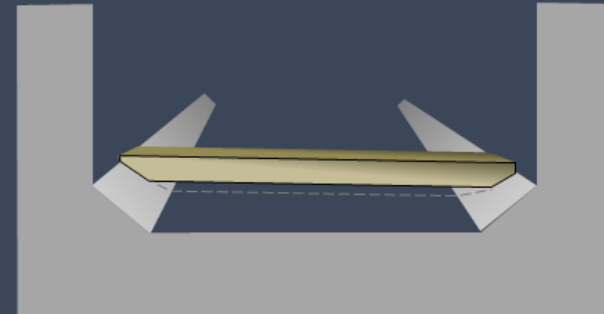
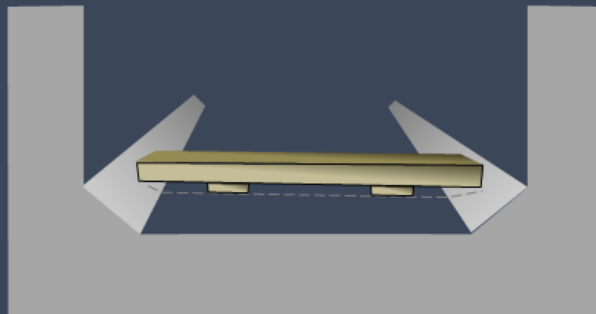
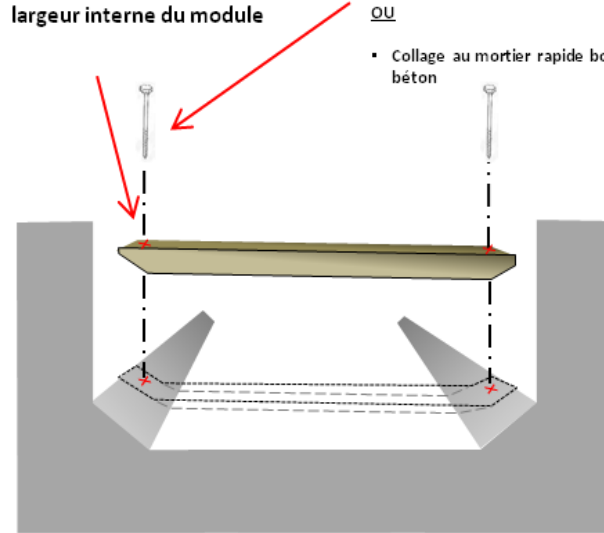
Option 2

Barrette épaisse d'une demie hauteur de gousset, largeur à peu égale à la largeur interne du module

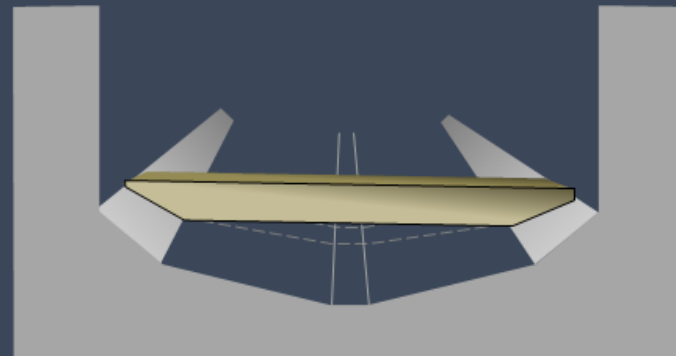
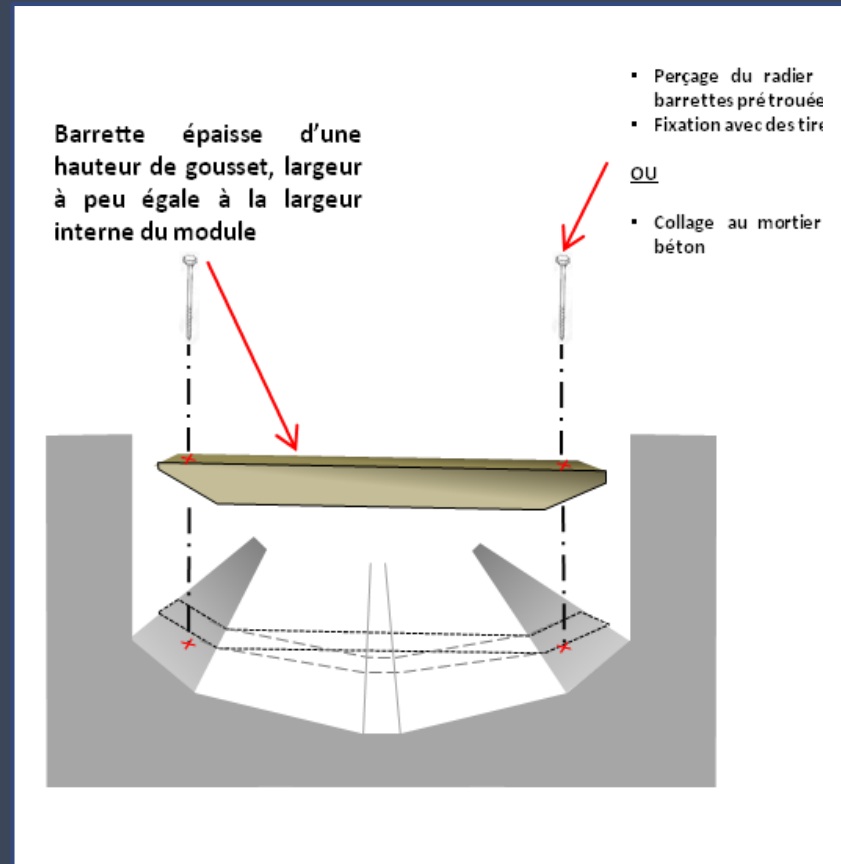
- Perçage du radier à travers les barrettes pré-trouées
- Fixation avec des tirefonds

OU

- Collage au mortier rapide bois-béton



# Barrettes de maintien de rugosité déjà posées



Bonus : utiliser la tête de pont pour induire une sinusoïde dans l'ouvrage





## Ouvrage

- sous dimensionné,
- calé trop haut,
- pentu,
- long (70 m)
- sans recharge de pierre





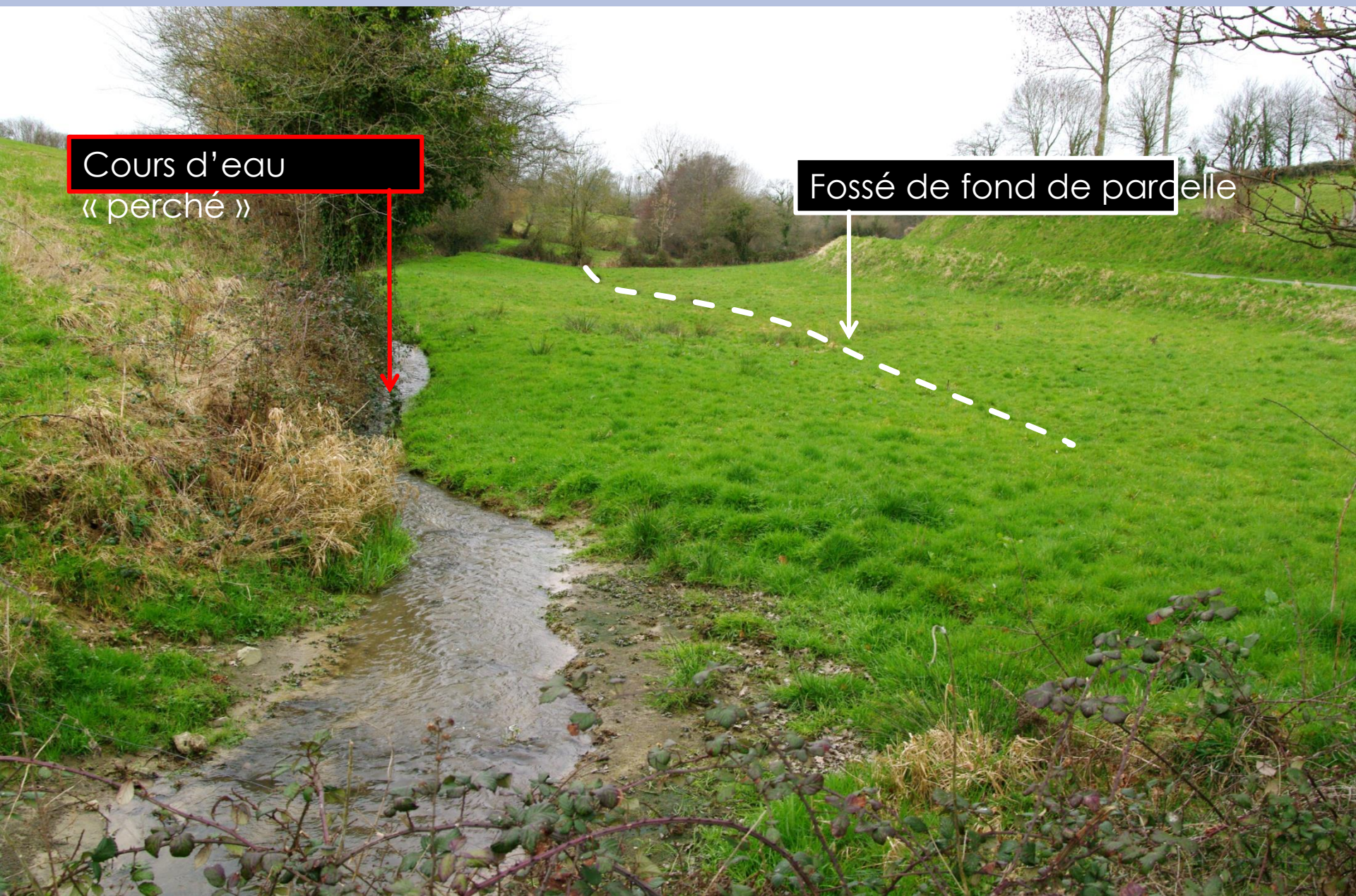




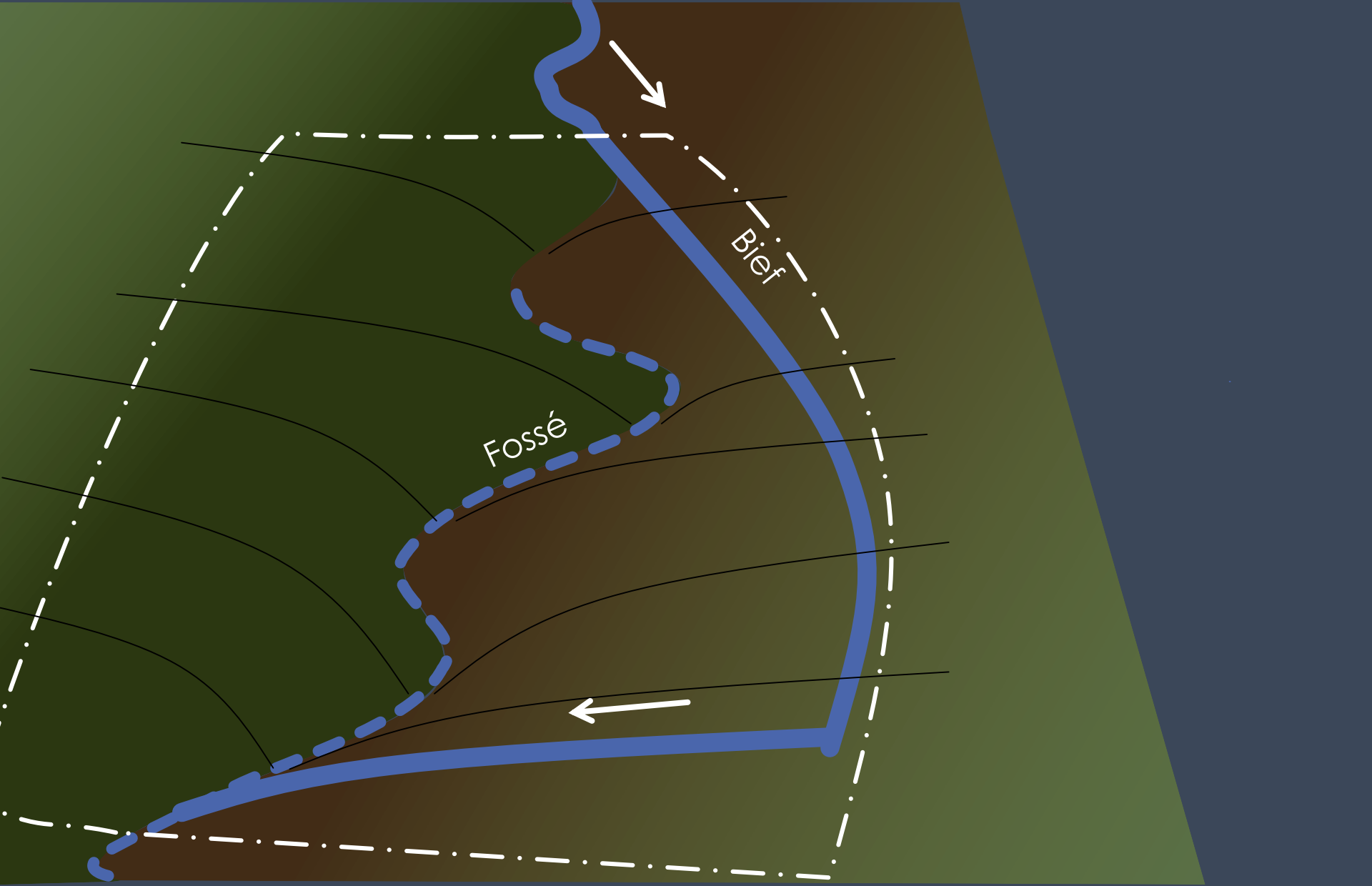
# Remises dans le talweg

Cours d'eau  
« perché »

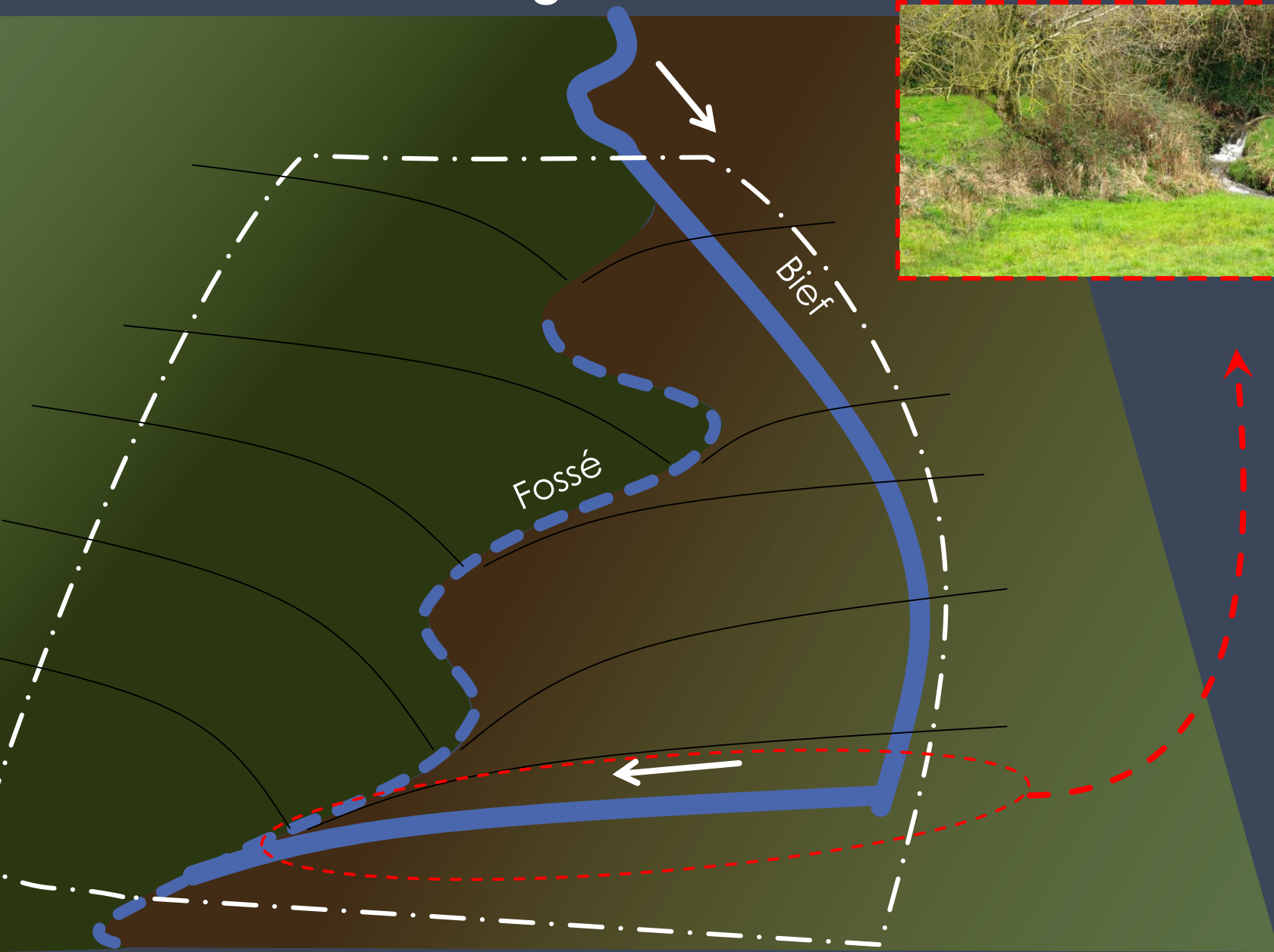
Fossé de fond de parcelle



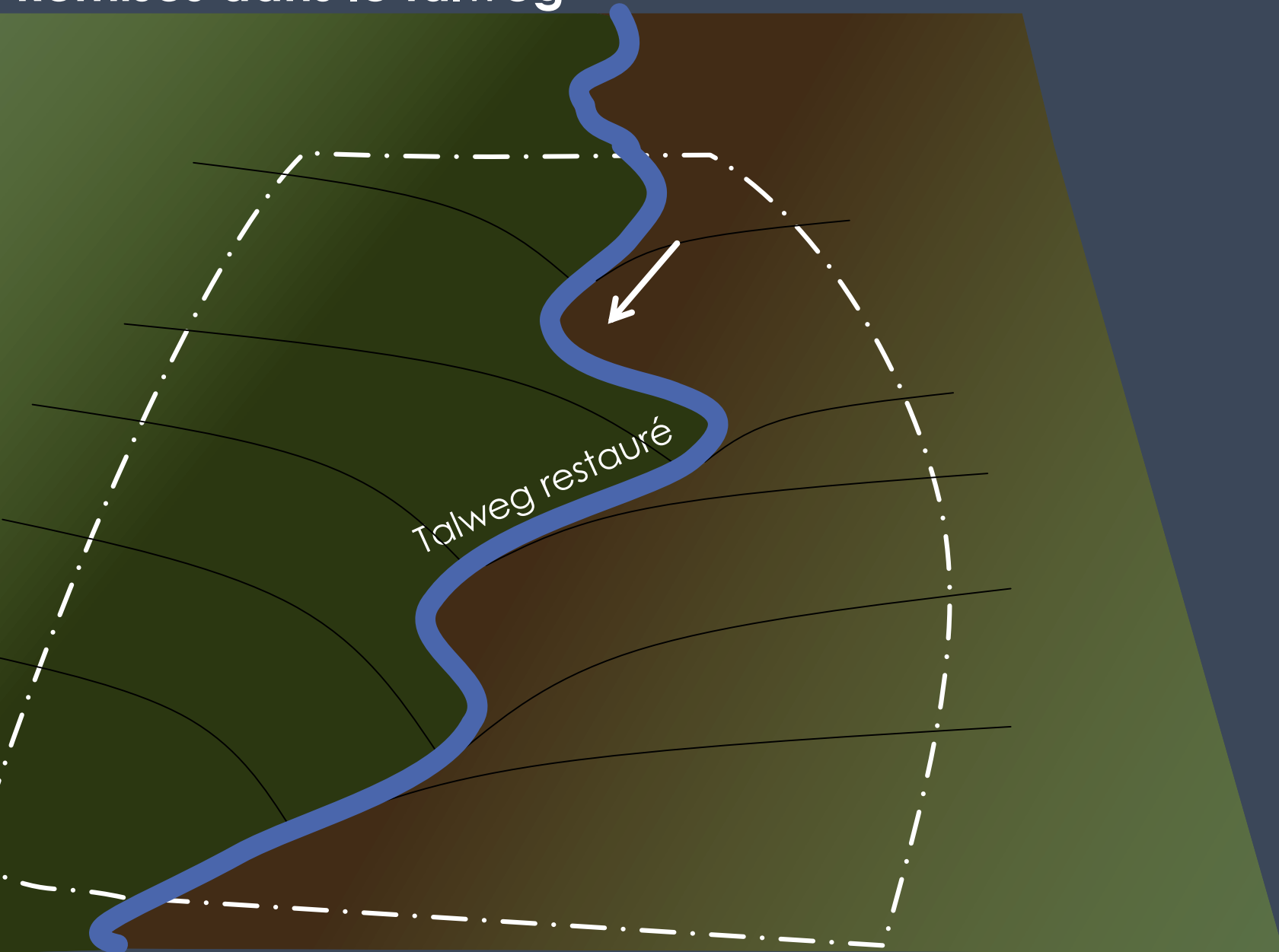
# Remises dans le talweg



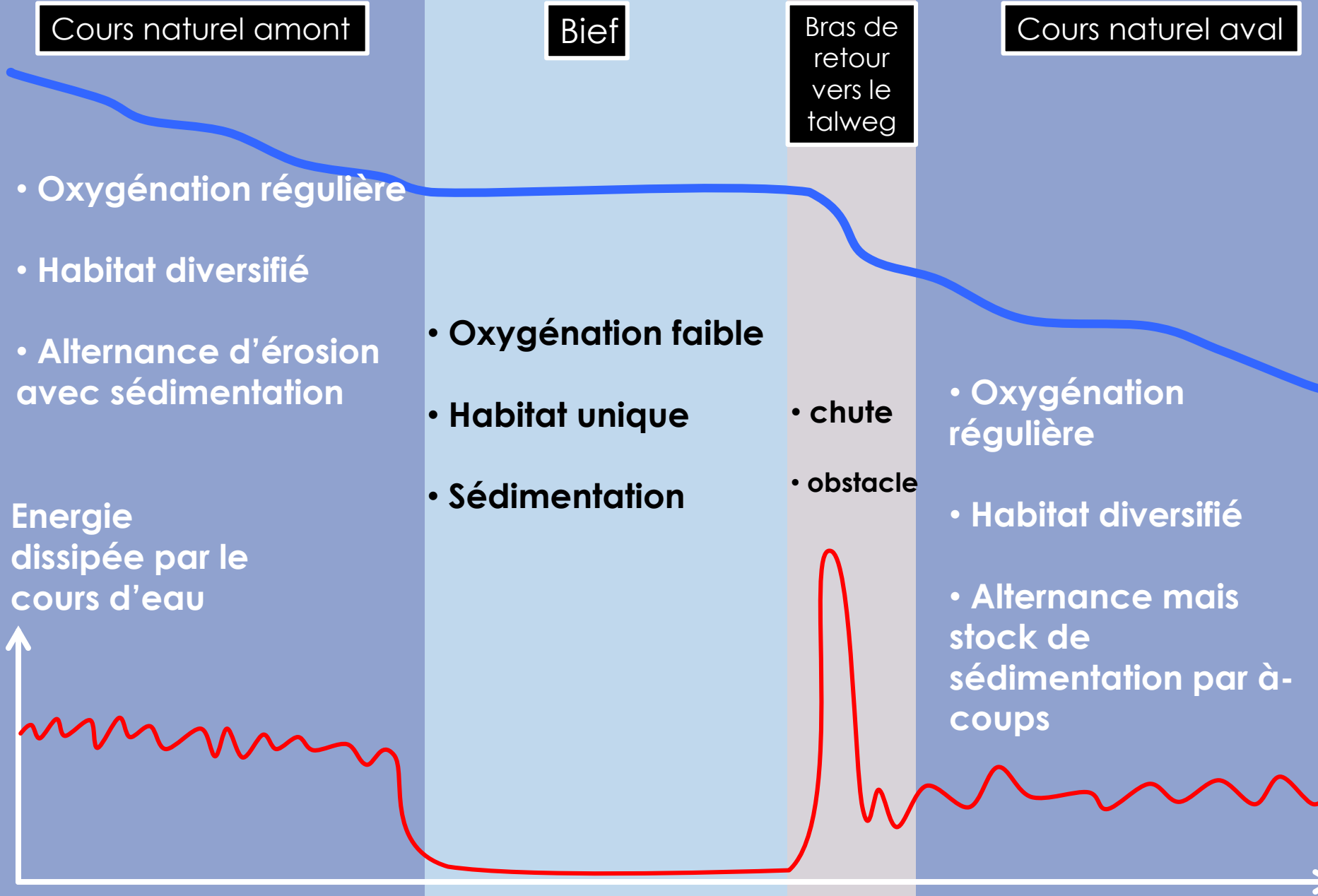
# Remises dans le talweg



# Remises dans le talweg



# Remises dans le talweg : POURQUOI ?



Cours naturel amont

Bief

Bras de retour vers le talweg

Cours naturel aval

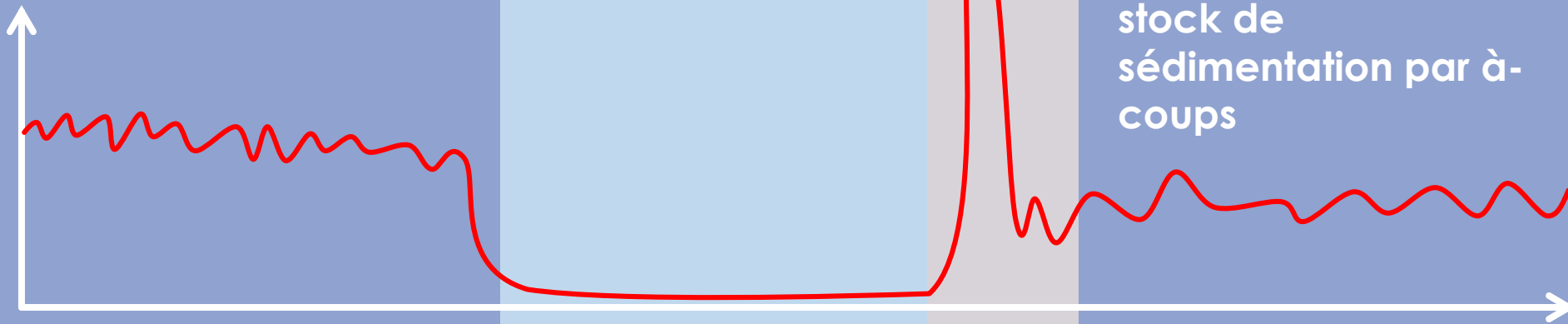
- Oxygénation régulière
- Habitat diversifié
- Alternance d'érosion avec sédimentation

- Oxygénation faible
- Habitat unique
- Sédimentation

- chute
- obstacle

- Oxygénation régulière
- Habitat diversifié
- Alternance mais stock de sédimentation par à-coups

Energie dissipée par le cours d'eau

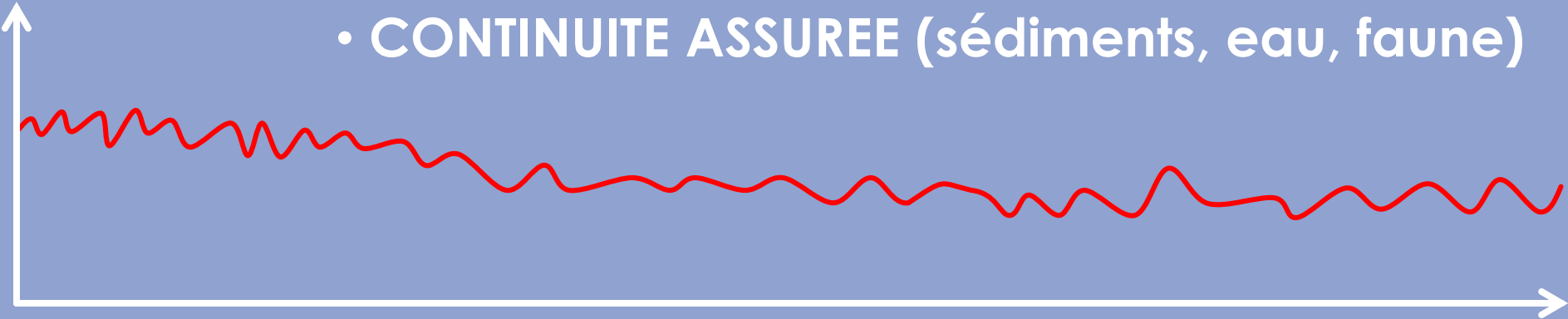


# Remises dans le talweg : POURQUOI ?

Cours restauré

- Oxygénation régulière
- Habitat diversifié
- Alternance d'érosion avec sédimentation
- CONTINUITE ASSUREE (sédiments, eau, faune)

Energie  
dissipée par  
le cours  
d'eau





Au creusement

Moyen terme

Long terme



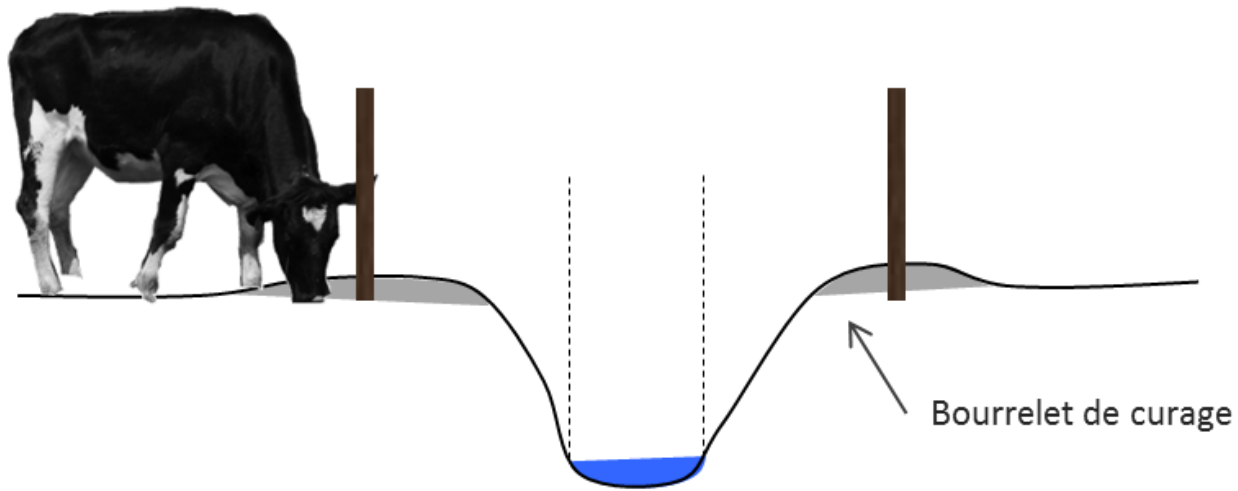




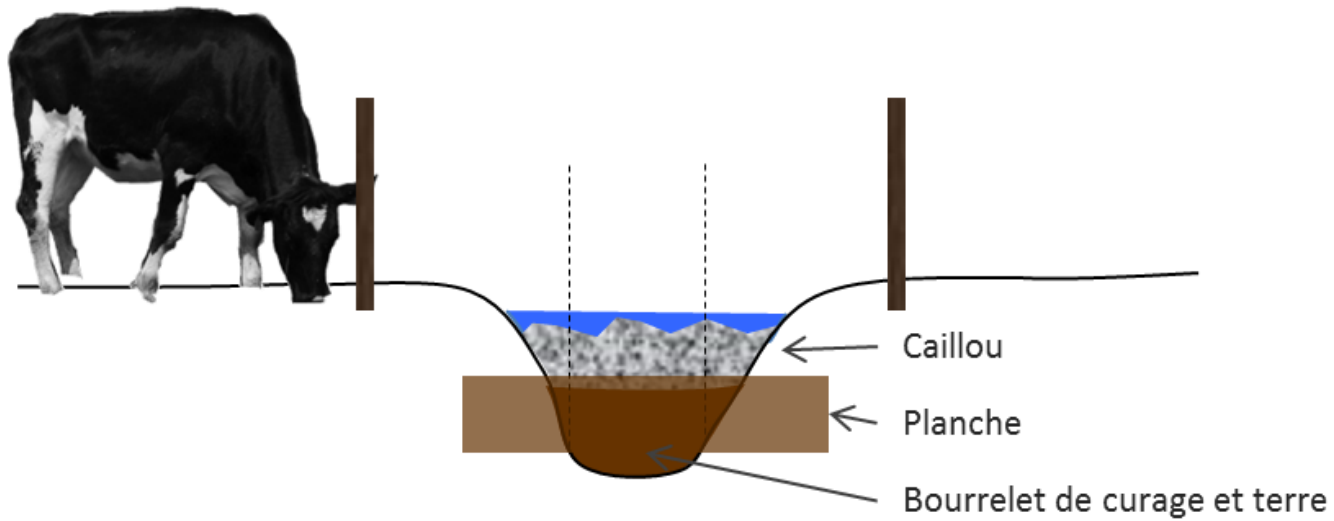




## Lit incisé :



## Lit traité avec des seuils telluriques :

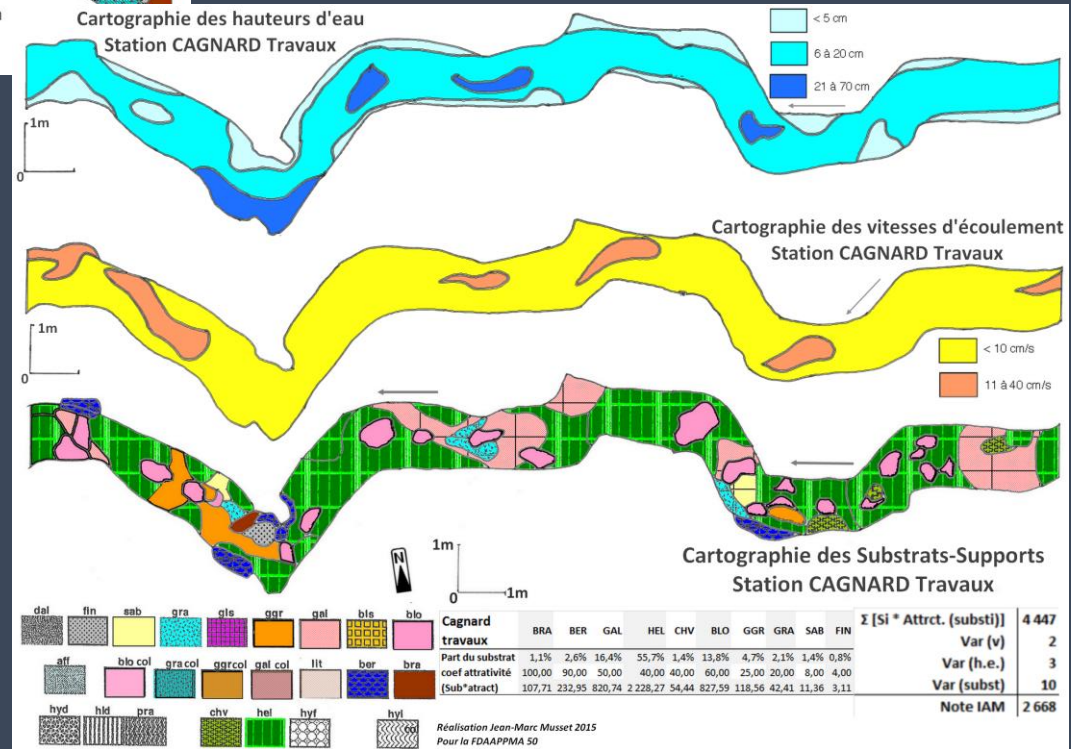
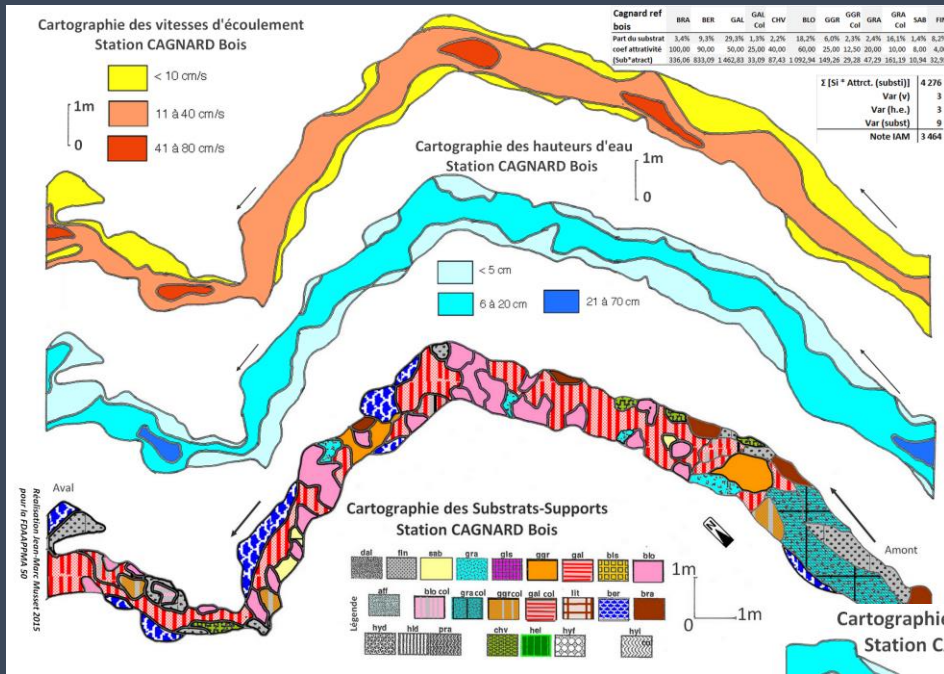




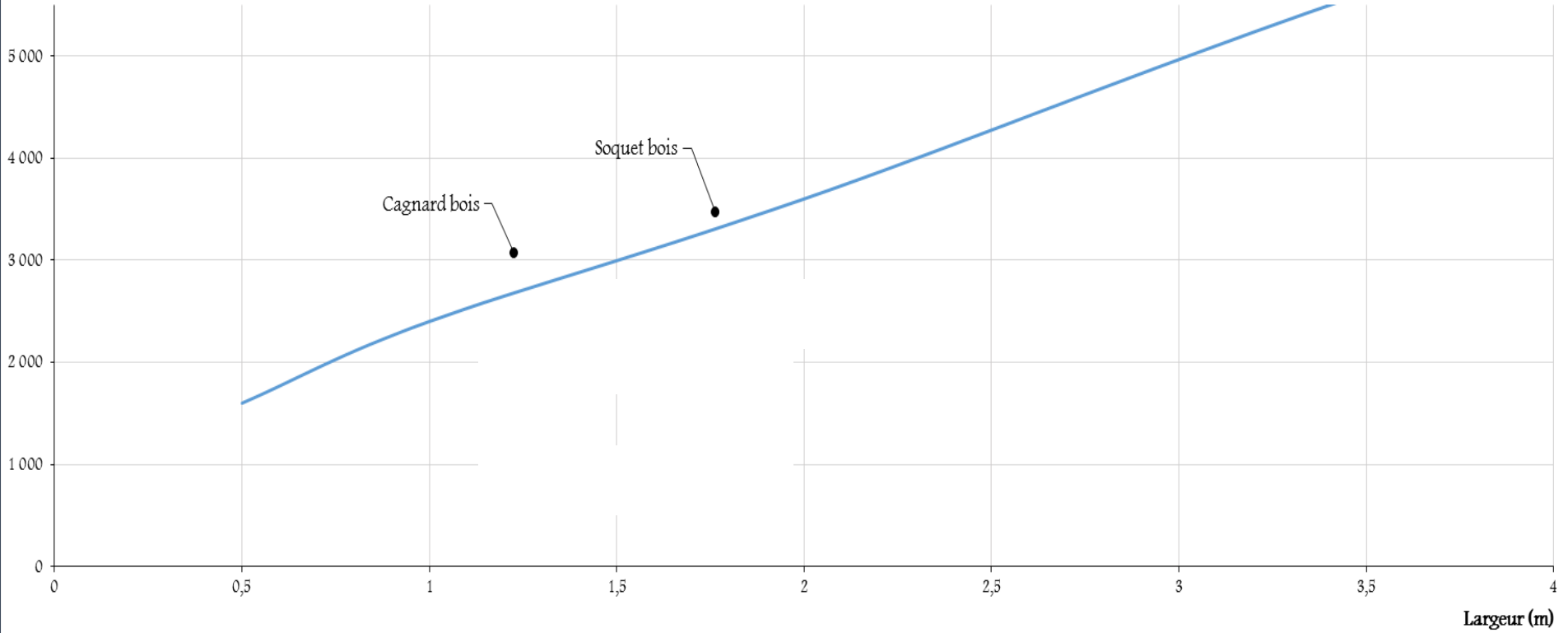




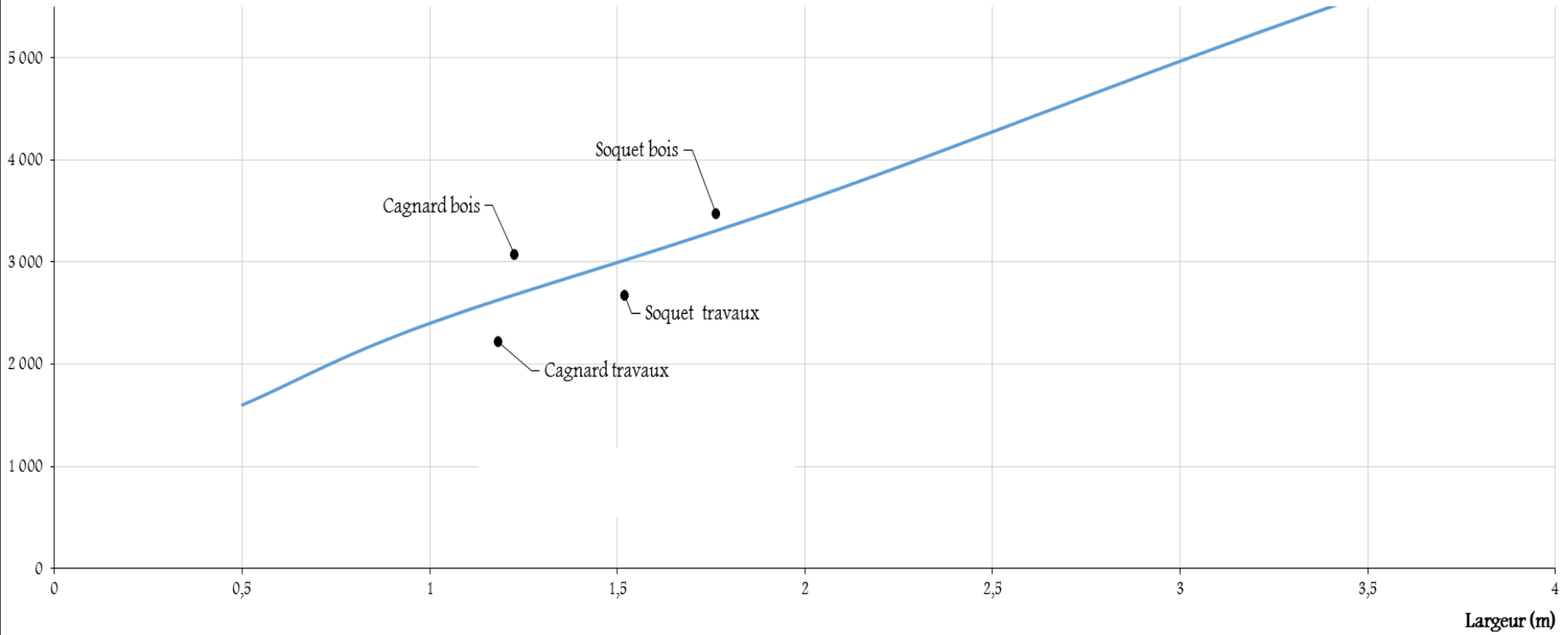




IAM



IAM



# Effacement d'un seuil, aménagement d'un dispositif de franchissement rustique provisoire

## OBJECTIFS :

- DÉSTABILISER L'AMONT DU LIT PAR ÉROSION RÉGRESSIVE POUR RETROUVER GRANULATS ET PENTE CONSTANTE

## CONTRAINTE :

- CONSERVER LA CÔTE D'UN FONDÉ EN TITRE... EN ATTENDANT SA CONSISTANCE RÉELLE
- LIBRE CIRCULATION

# SITUATION INITIALE

- BUCOLIQUE, MAIS RUPTURE DE LA CONTINUITÉ, OBSTACLE DIFFICILEMENT FRANCHISSABLE



# Moyen choisi

- Dérasement des maçonneries jusqu'à la côte du fondé en titre, situé en aval : - 1 m environ



Après travaux

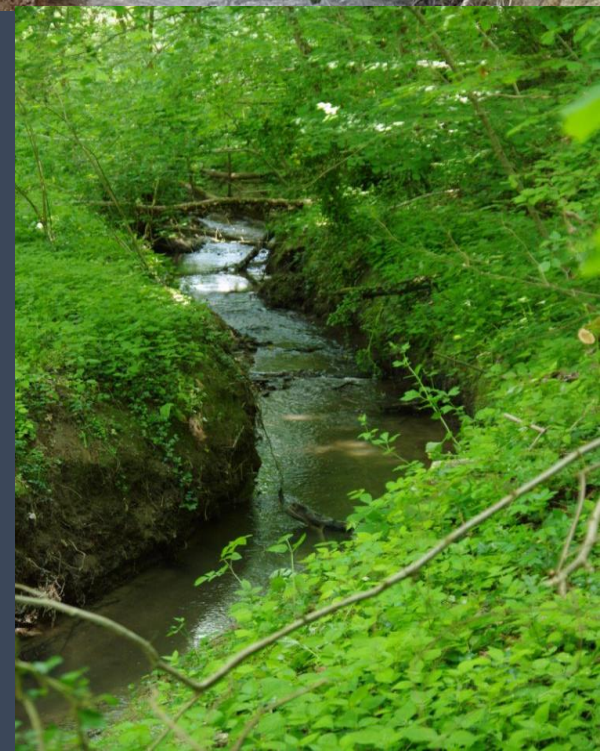




Tvx + 3 sem



Tvx + 2 mois



# Récupération de la côte du fondé en titre















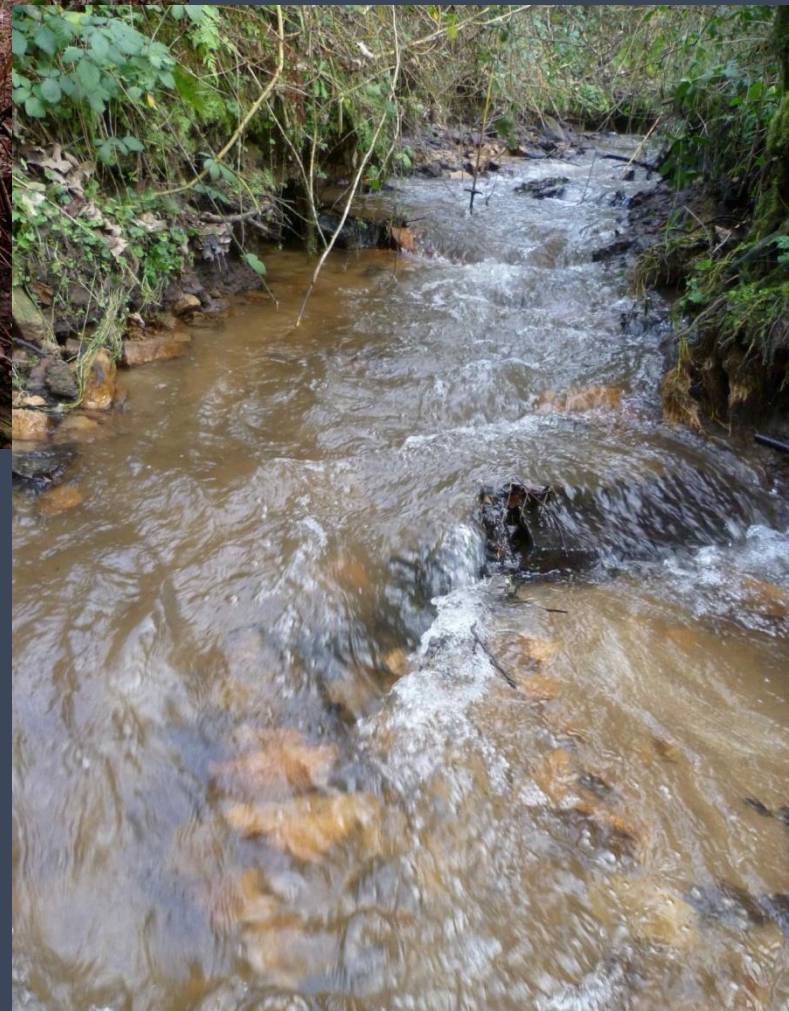
**Remplacement d'un  
ouvrage routier**

**Allemagne – ALL-16**





**Pont tablier modulaire**



## **Erosion régressive :**

- remobiliser les stocks sédimentaires
- retrouver un profil d'équilibre



Merci.