
***Interactions en crue
entre drainage souterrain
et assainissement agricole***

Yves NÉDÉLEC

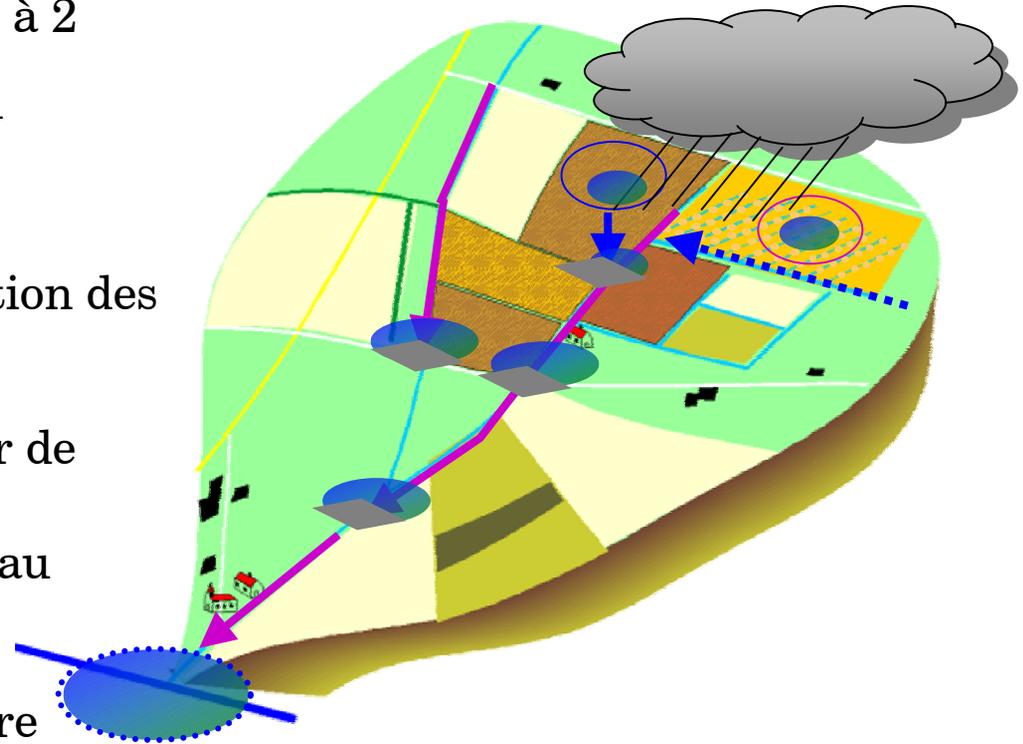
Plan de l'exposé

- I. Problématique : Drainage intensif et crues de petits bassins versants
- II. Enseignements des mesures de terrain et des modèles du fossé
- III. Expérimentation en laboratoire
- IV. Interprétation et modélisation
- V. Conclusions et perspectives

I. Problématique

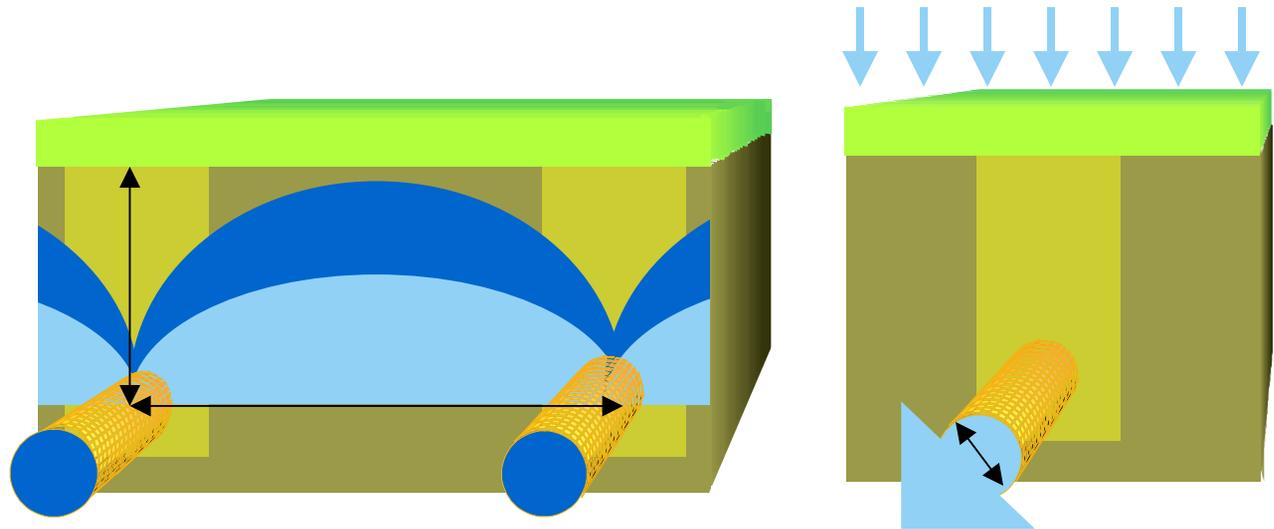
Problématique

- Bassins versants à dominante agricole et d'ordre inférieur à 2
- Forte implantation du drainage et de l'assainissement
- Objectifs de limitation des crues
- Ralentissement par de petits obstacles répartis sur le réseau d'assainissement
- Stockage temporaire préservant la continuité du lit du fossé



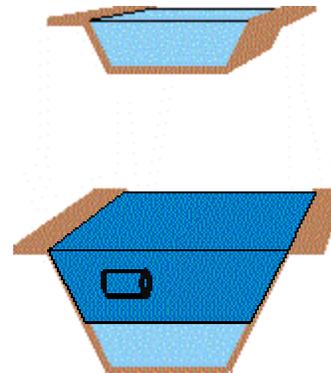
Dimensionnement et rôle des drains enterrés :

- **Écartement et profondeur sont reliés pour atteindre un objectif de rabattement de nappe**
- **Le diamètre des collecteurs est choisi pour évacuer, avant le passage en charge, une pluie de 3 jours, d'une période de retour d'un an**



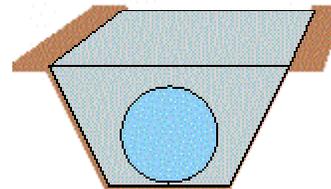
Dimensionnement et rôle du fossé :

- **Section calculée pour évacuer un débit d'une période de retour de un ou deux ans, sans gêne pour les rejets de drainage**
- **Sur-capacité de transfert due à la profondeur des drains**



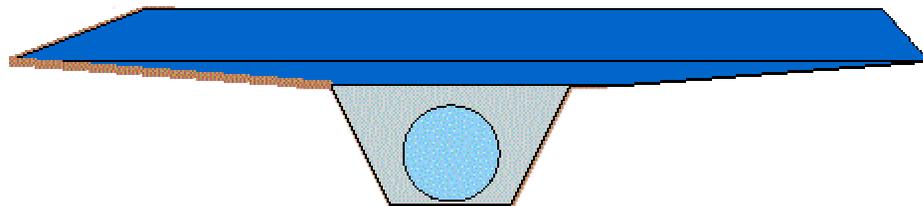
Mise en jeu d'ouvrages de ralentissement :

- Réduction locale de la section du fossé, pour être limitant au delà du débit de projet
- Réaménagement d'obstacles existants ou implantation de nouveaux ouvrages



Stockage temporaire :

- **Débordement dans le lit majeur**
- **Action dynamique et temporaire d'une succession d'obstacles**



II. Enseignements des mesures de terrain et des modèles du fossé

Problématique

Le résultat d'observations et de réflexions menées depuis plusieurs années :

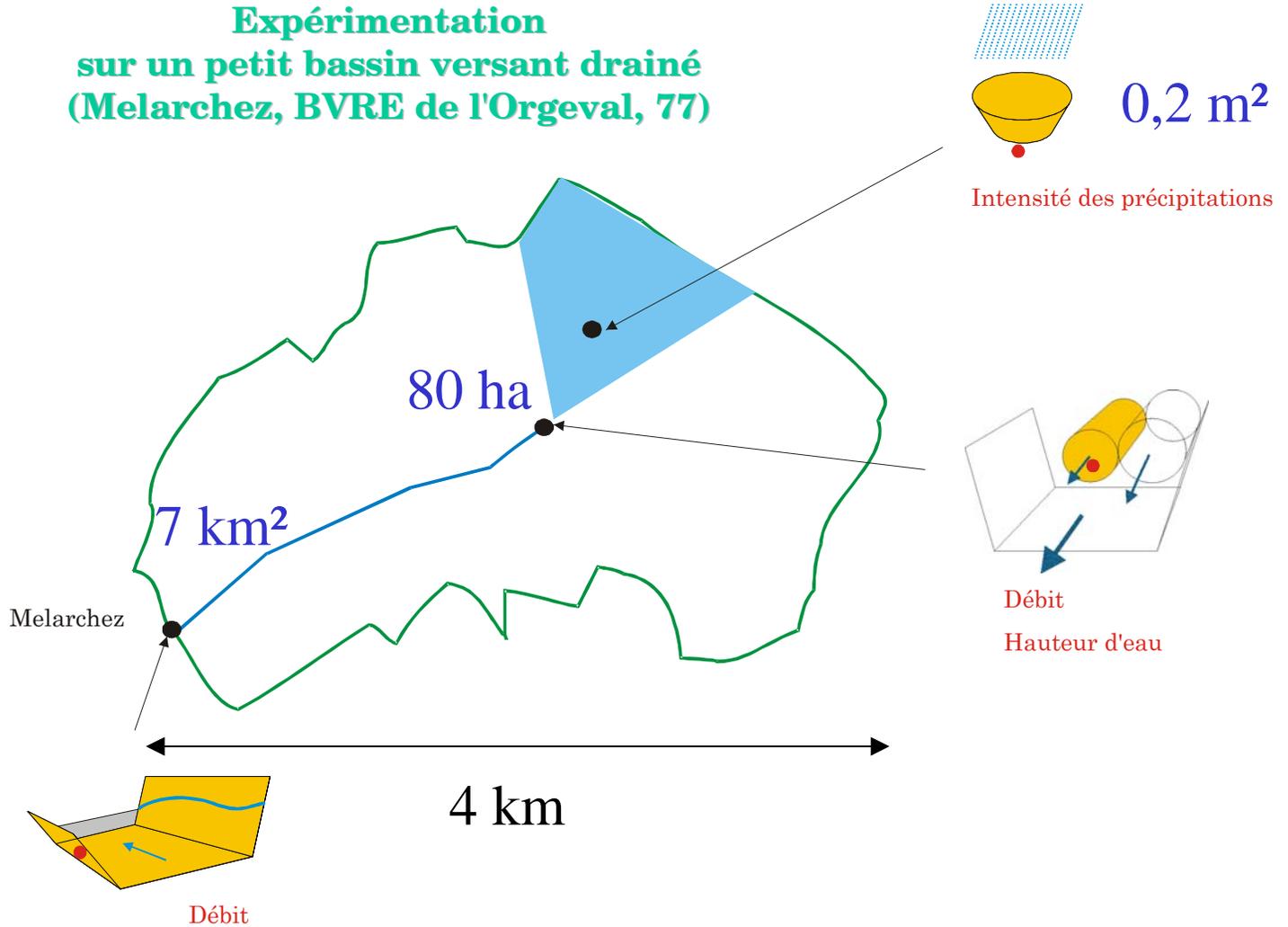
Enseignements du terrain et des modèles

1. Les débits spécifiques mesurés localement peuvent ne pas suivre une logique d'échelles emboîtées
2. Le ralentissement par les obstacles peut être moindre que dans les réseaux enterrés
3. Le passage en charge des collecteurs joue un rôle clé lors de la formation de la crue

Mesures : comparaison pluie / collecteur / bassin versant

Problématique

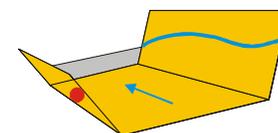
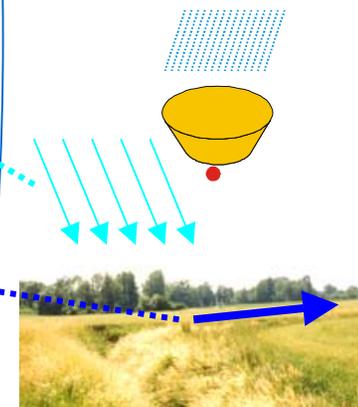
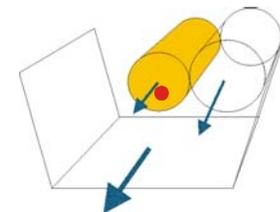
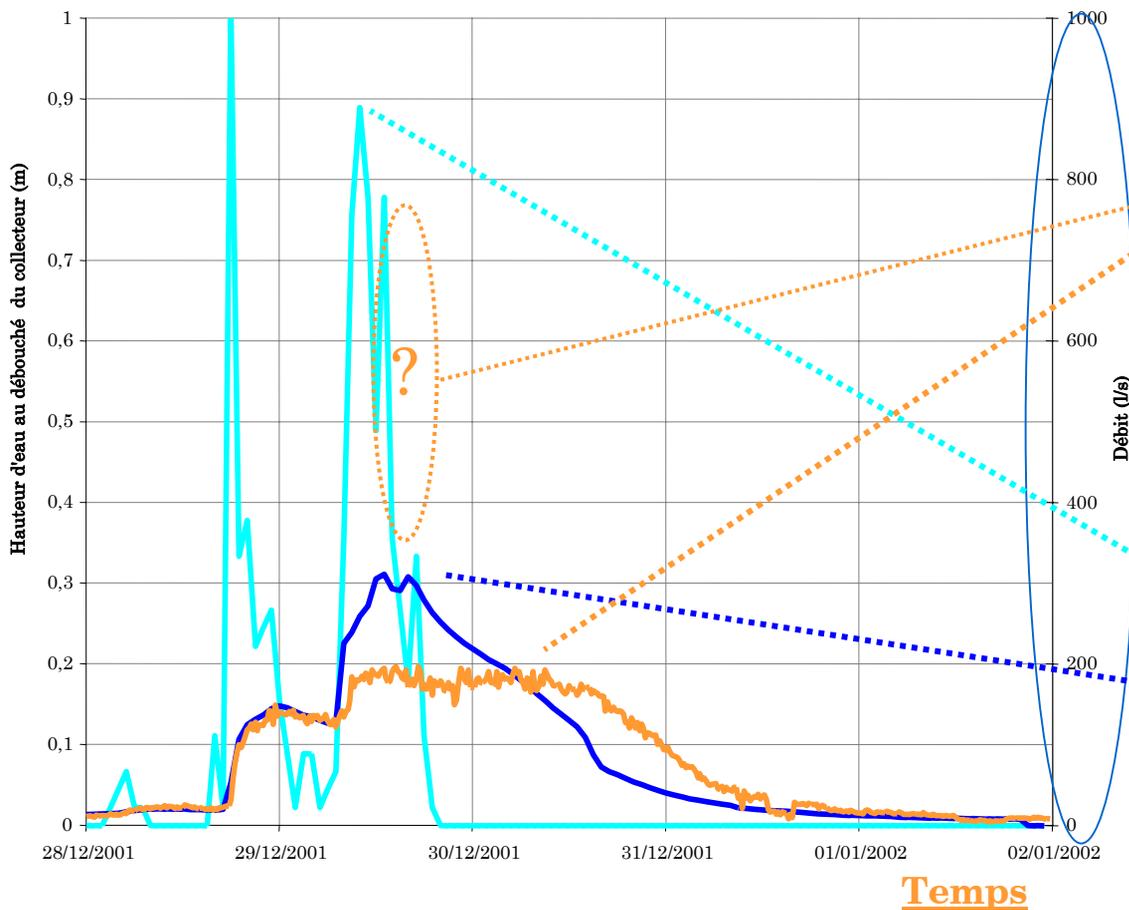
Enseignements
du terrain
et des modèles



Problématique

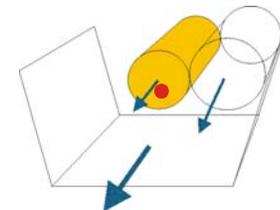
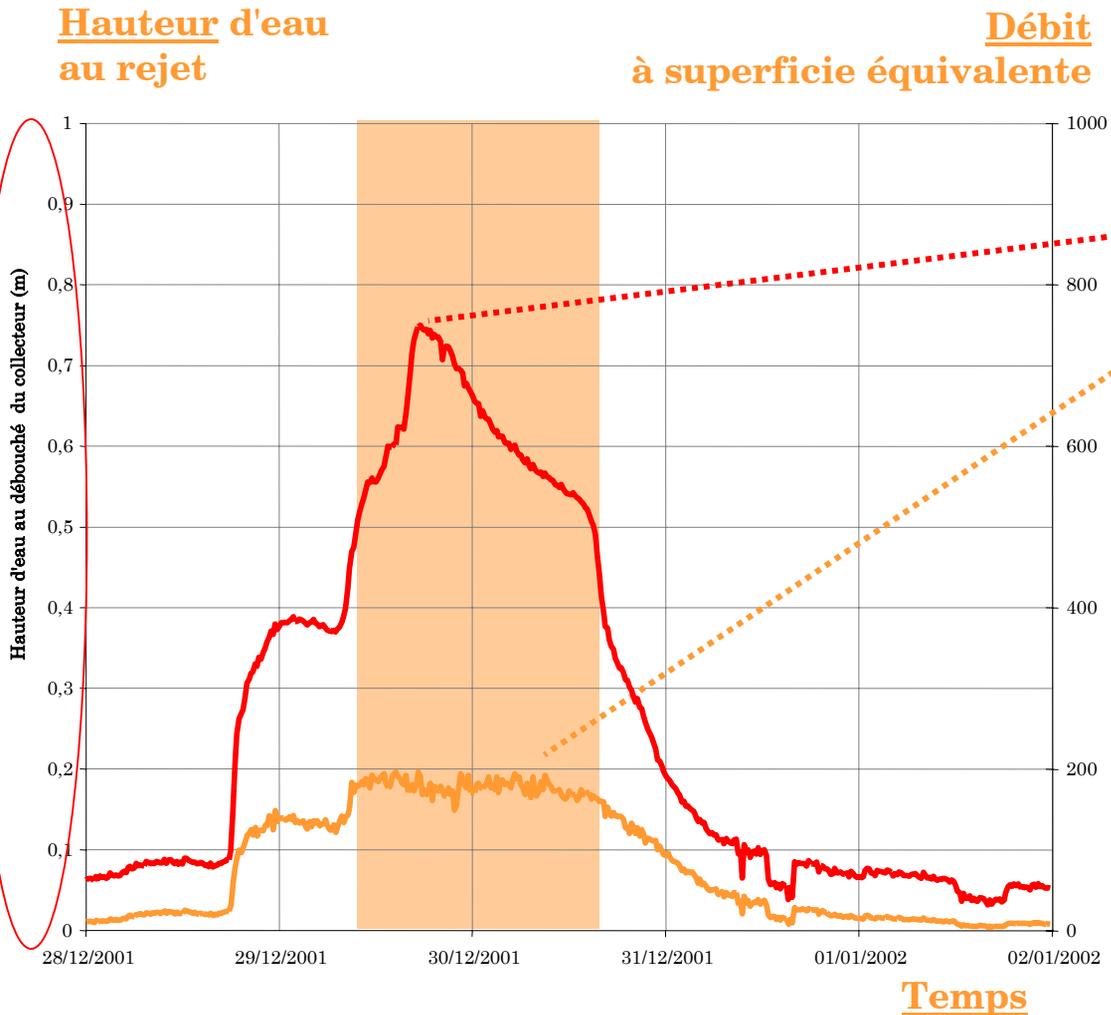
Enseignements
du terrain
et des modèles

Débit à superficie équivalente (80 ha)



Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles



Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

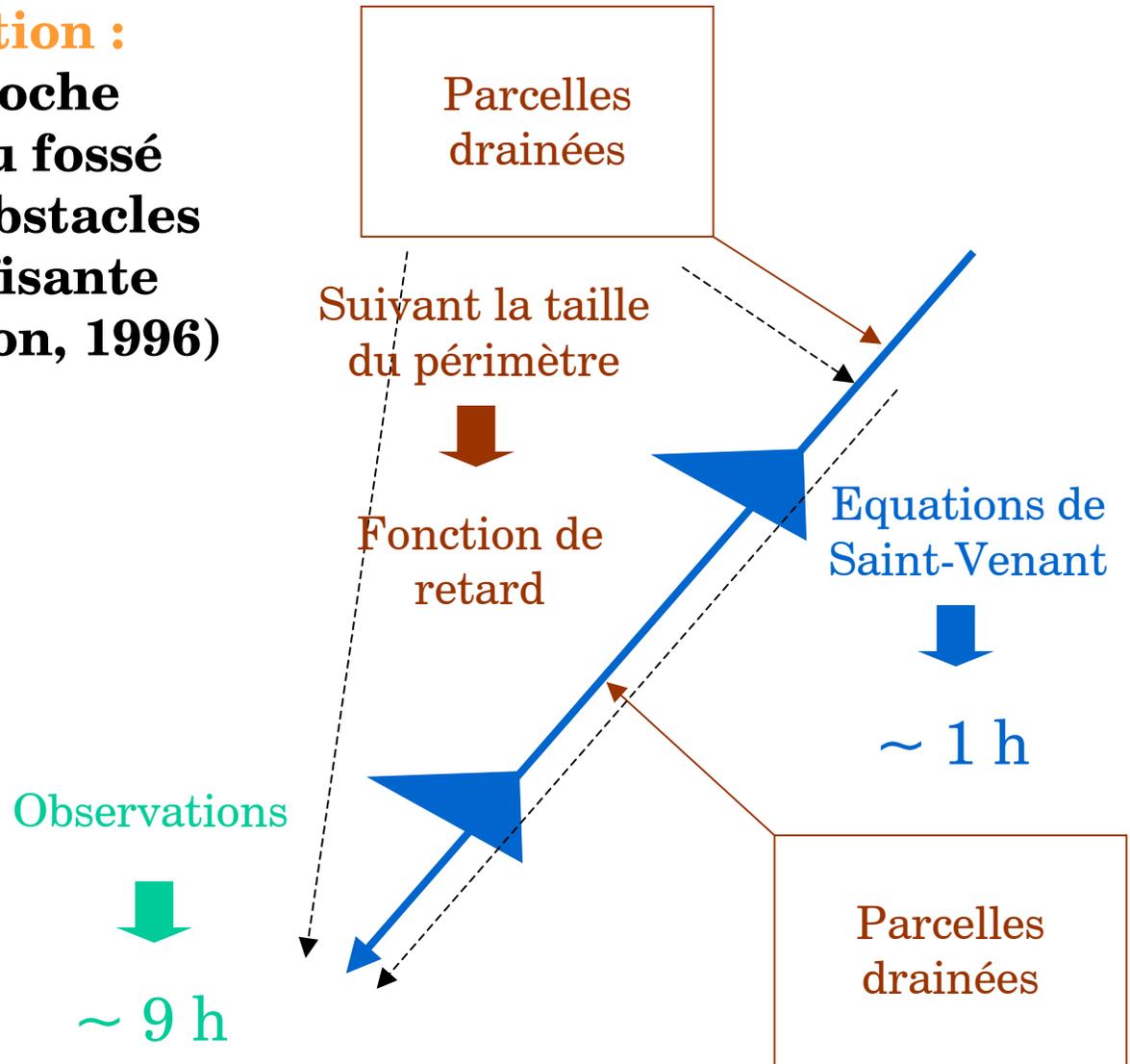
Ces mesures fournissent une première indication sur un rôle clé du passage en charge du collecteur.

La seconde indication nous est donnée par la modélisation du fossé :...

Modélisation :
Une approche
limitée au fossé
et à ses obstacles
est insuffisante
(Porcheron, 1996)

Problématique

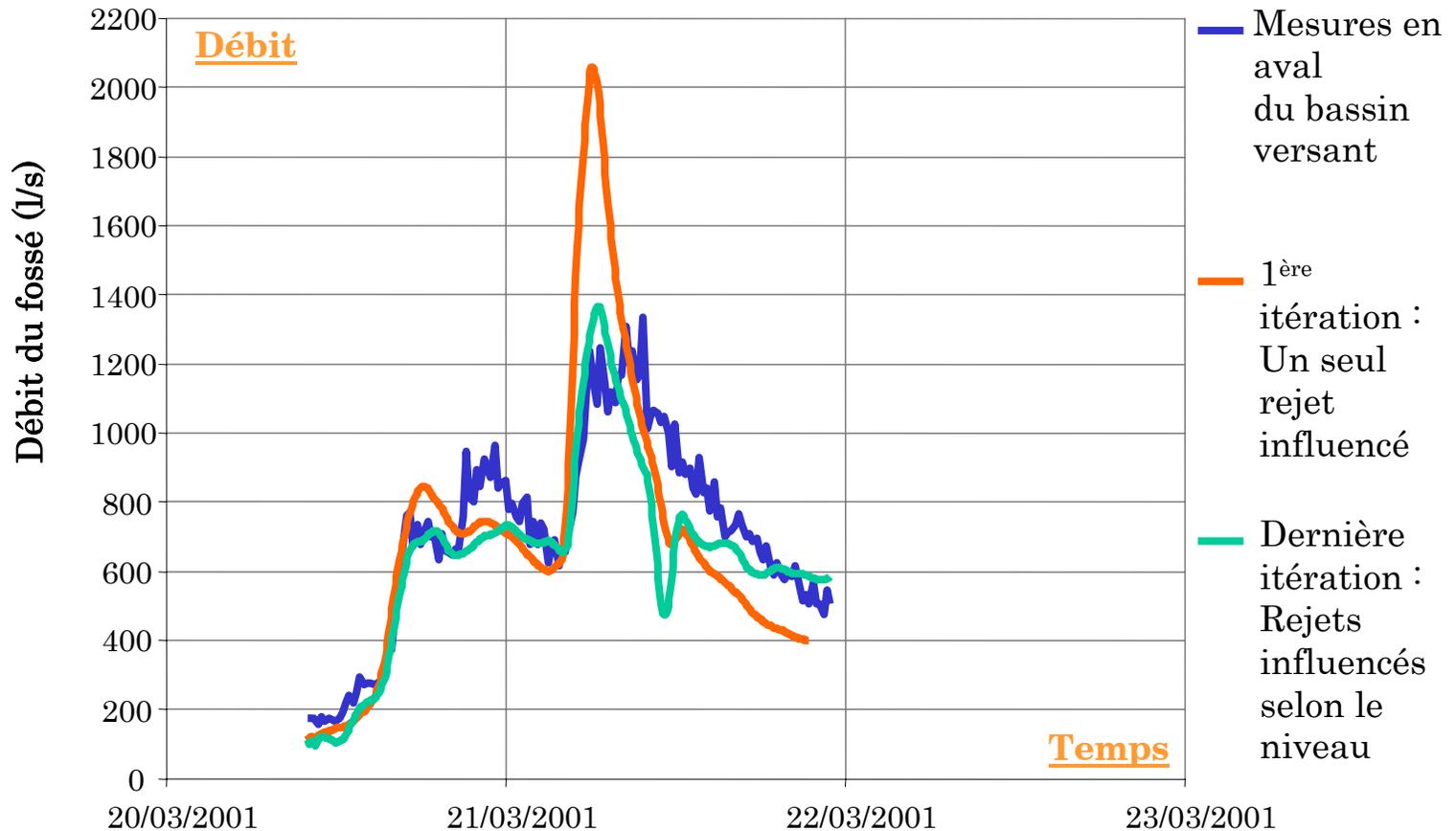
Enseignements
du terrain
et des modèles



Modélisation : Ignorer la mise en charge des collecteurs fausse la simulation du pic (Helmer, 2001)

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles



Problématique

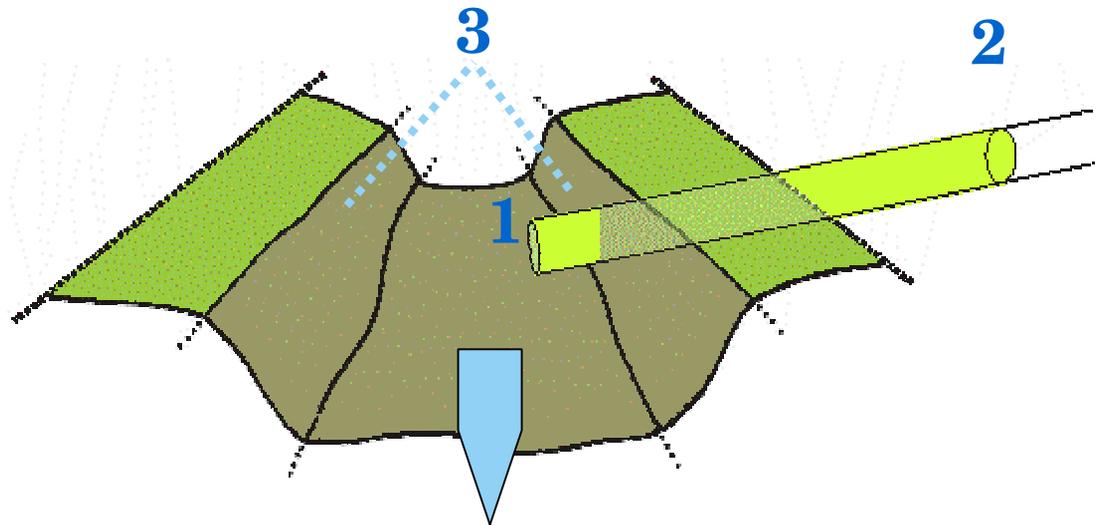
De ces réflexions découle la *proposition*
étudiée à travers le travail de thèse :

Enseignements
du terrain
et des modèles

Le fonctionnement hydraulique
de la jonction collecteur / fossé
influence sensiblement
et de manière prévisible
la formation de la crue

Trois objectifs sous-tendus par cette proposition :

1. Connaître le mécanisme de passage en charge du collecteur
2. Prédire le rejet d'un collecteur influencé
3. Pouvoir tenir compte de l'influence du rejet sur le niveau d'eau en amont du fossé



Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

État des connaissances :

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

- **Jonctions de canaux ou conduites de même nature**

(Hager, 1989 ; Biron et al., 1996 ; Shettar et Murthy, 1996 ; Gurram et al., 1997 ; Ramamurthy et Zhu, 1997 ; Barkdoll et al., 1998 ; Hsu et al., 1998 ...)

- **Caractère érosif des rejets : jamais influencés**

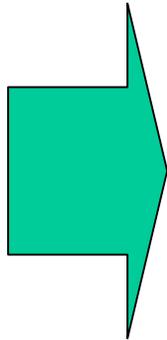
(Blaisdell Fred et Anderson, 1988 ; Rice et Kadavy, 1994 ; Hoffmans, 1998 ; Ojha, 1999 ; Verma et Goel, 2000)

- **Problème connu dans le domaine de l'assainissement urbain, mais pas pour ce type de configuration ou cette gamme de débits**

(Motiee et al., 1997 ; Sartor, 1999)

Cet état des connaissances justifie :

- Une approche locale
- Une expérimentation complémentaire spécifique et nouvelle
- Une expérimentation de laboratoire non soumise aux contraintes et aléas du terrain



Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

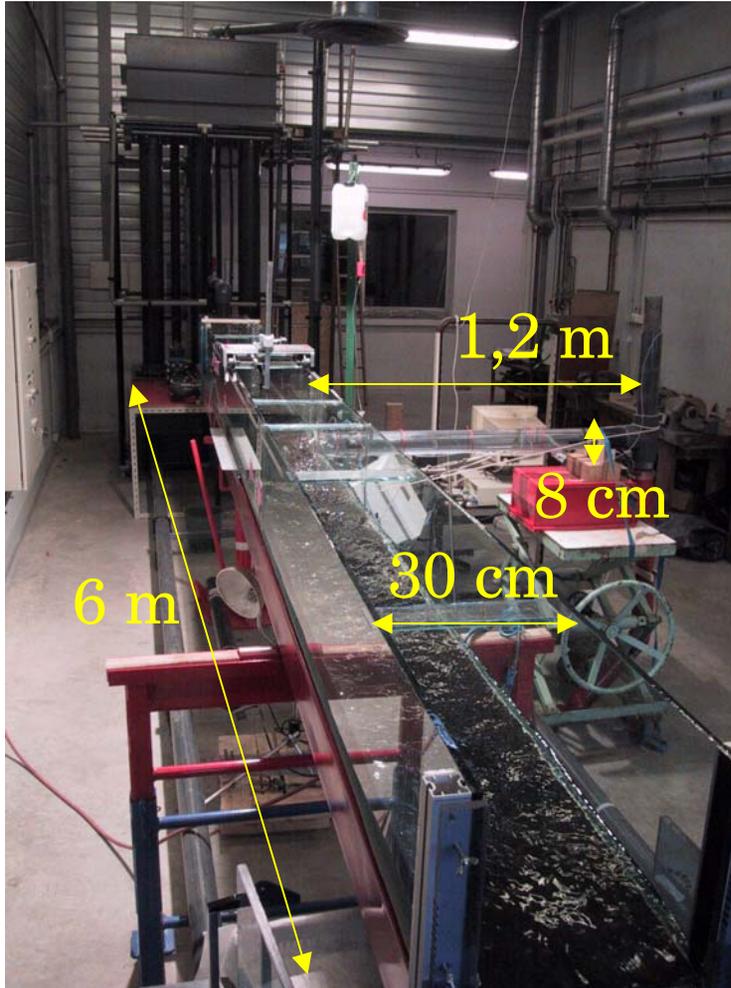
III. Expérimentation en laboratoire

"FoCol" : jonction de *Fossé* et de *Collecteur*

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire



Modèle réduit :

- Echelle 1/6^{ème} :
fossé de largeur 1,8 m,
collecteur de Ø 50 cm
- Similitude de Froude
- Modèle : $Q_{\max} \cong 12 \text{ l/s}$
 $q_{\max} \cong 3 \text{ l/s}$
- Terrain : $Q_{\max} \cong 1100 \text{ l/s}$
 $q_{\max} \cong 270 \text{ l/s}$
- Nombre de Reynolds faible

18

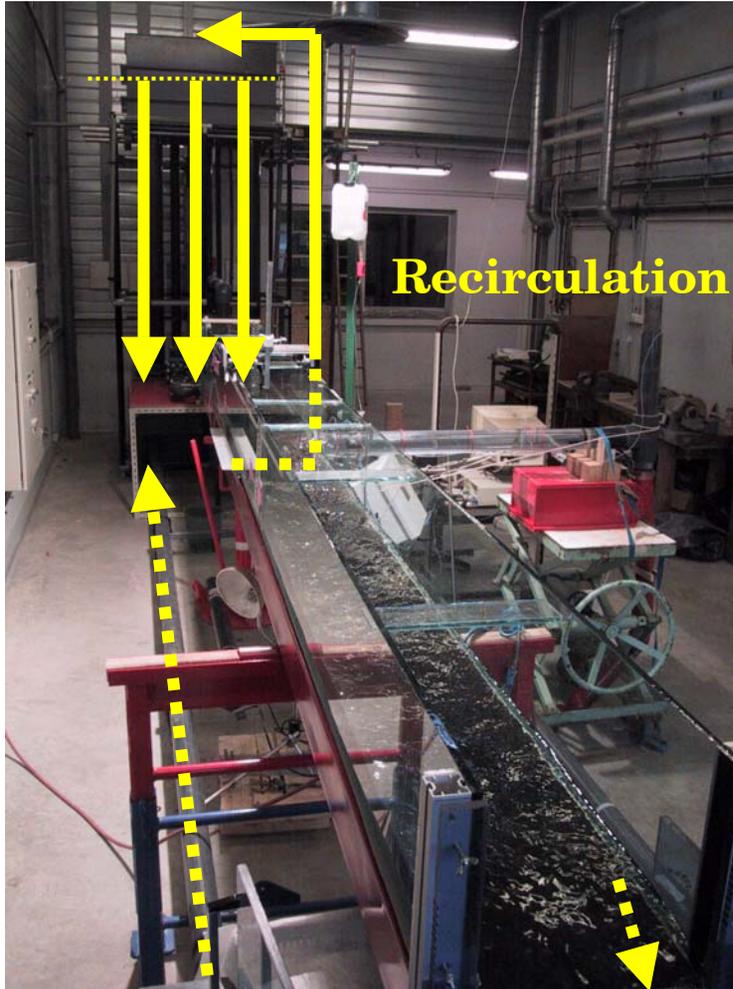
III. Expérimentation en laboratoire

"FoCol" : jonction de *Fossé* et de *Collecteur*

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire



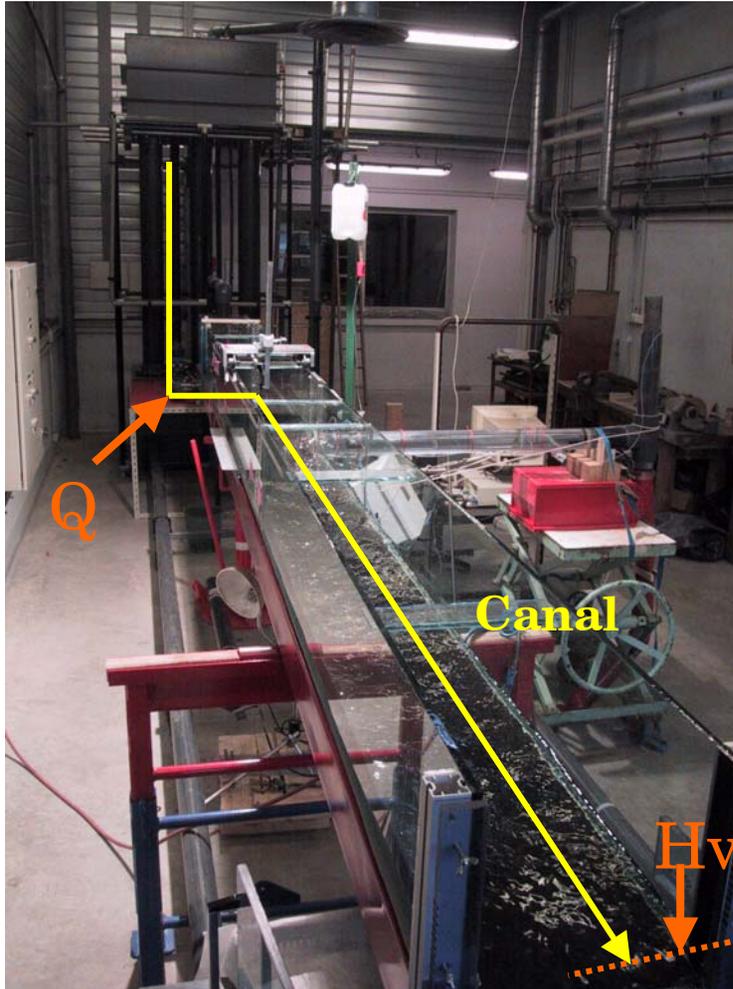
III. Expérimentation en laboratoire

"FoCol" : jonction de *Fossé* et de *Collecteur*

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire



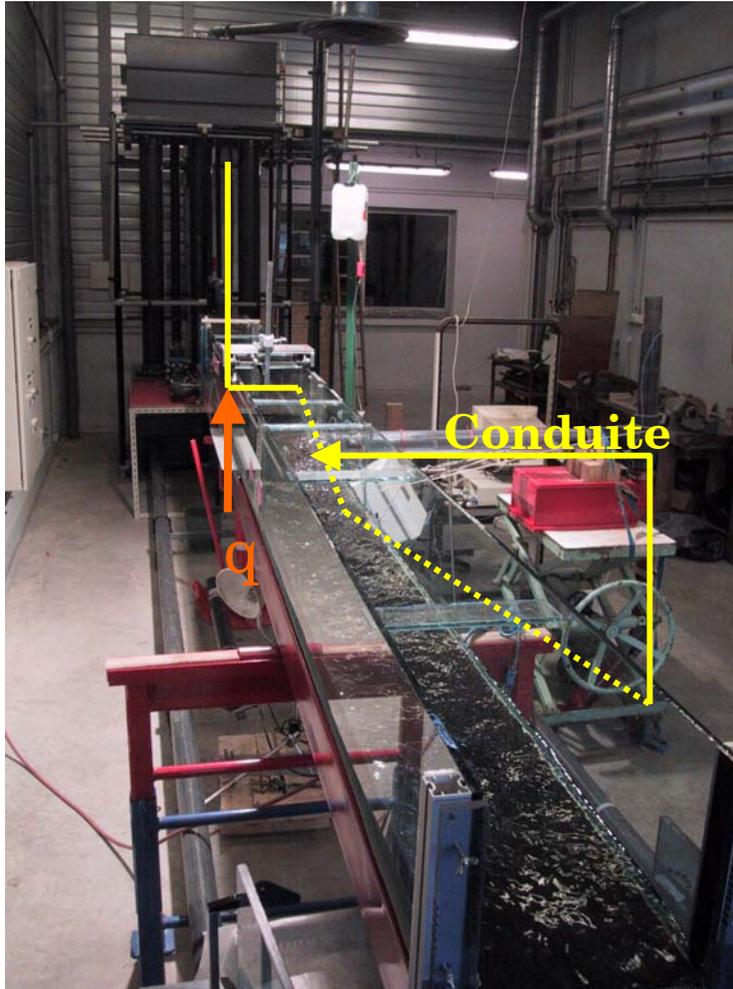
III. Expérimentation en laboratoire

"FoCol" : jonction de *Fossé* et de *Collecteur*

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

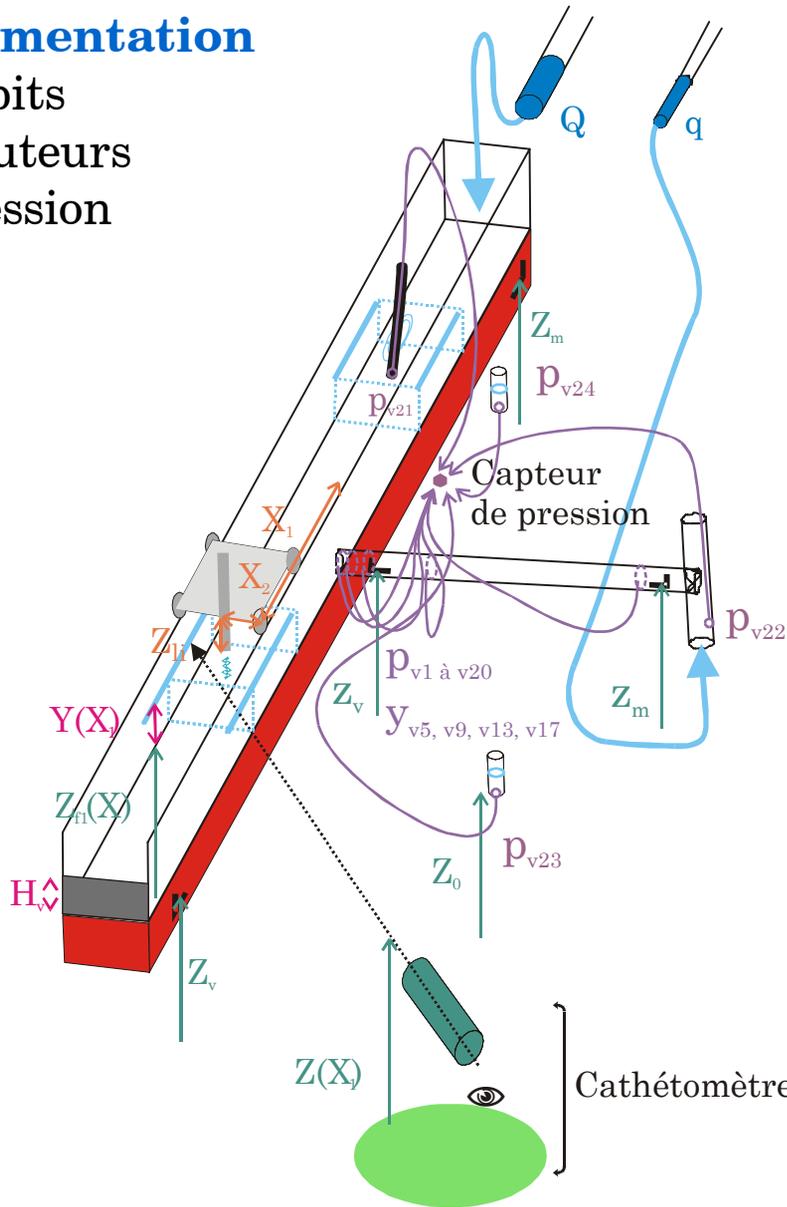
Expérimentation
en laboratoire



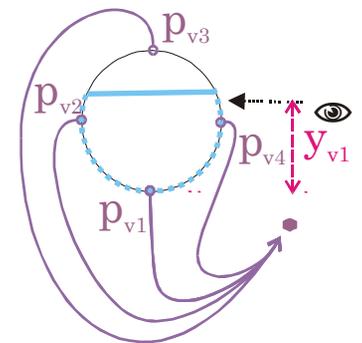
Instrumentation

- ▶ Débits
- ▶ Hauteurs
- ▶ Pression

-  : débitmètre électromagnétique
-  : mesure au cathétomètre
-  : mesure au limnimètre
-  : mesure sur règle graduée
-  : capillaire vers capteur de pression



Profil à $X_2 = 10$ mm vu depuis le canal :



Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Cette expérience montre l'importance de
4 facteurs...

...2 facteurs pour l'influence sur le fossé :

1. Le niveau imposé à l'aval du fossé
2. Le rapport entre débit du fossé et débit du rejet

...2 facteurs pour l'influence sur le collecteur :

3. Sa pente
4. La possibilité pour l'air d'y entrer

Rôle du niveau imposé à l'aval du fossé : Influence du rejet à débits fixés, lorsque l'on abaisse le déversoir en aval du canal

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire



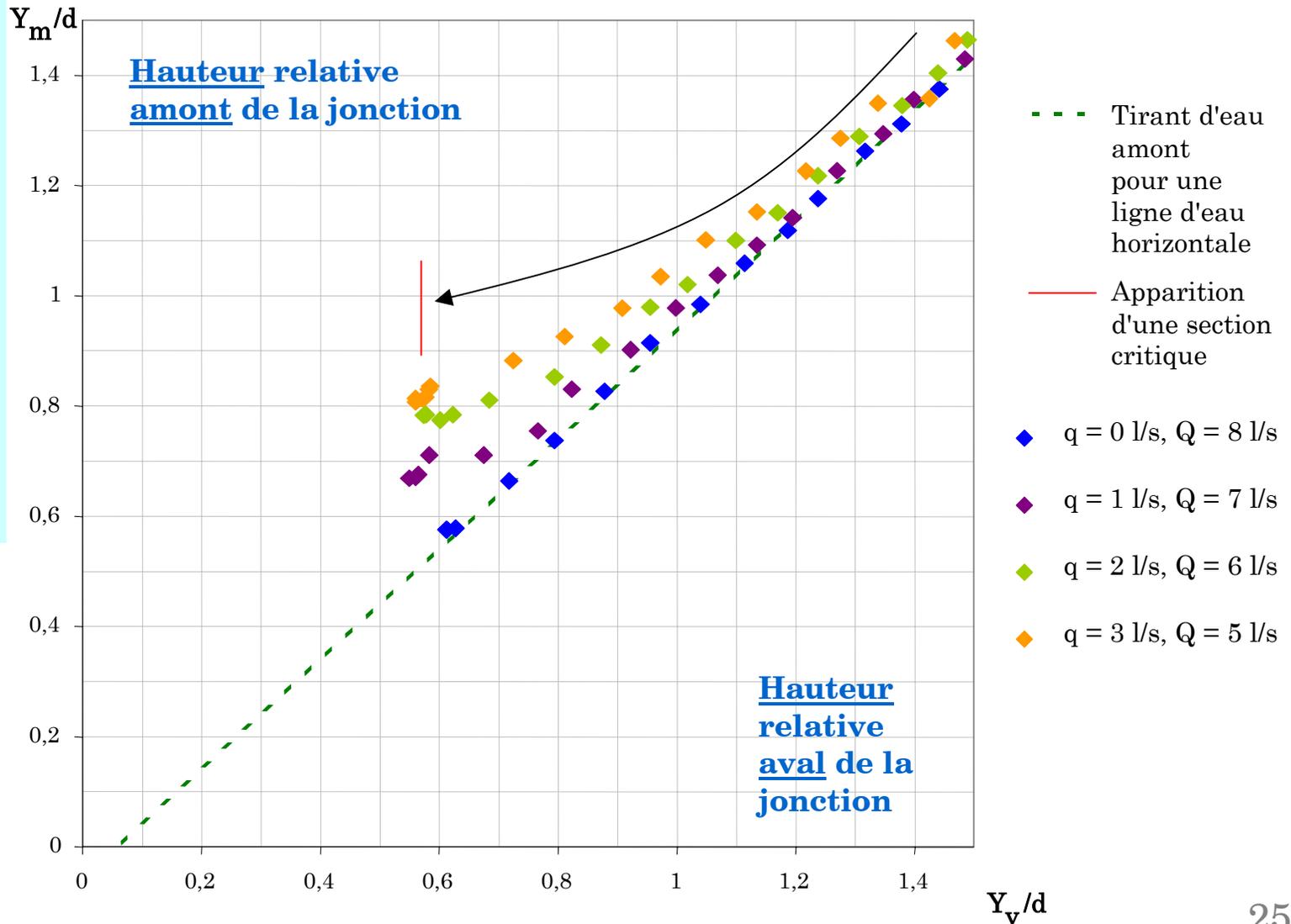
(Animation vidéo)

Comparaison amont / aval à débits fixes et hauteur aval variable

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

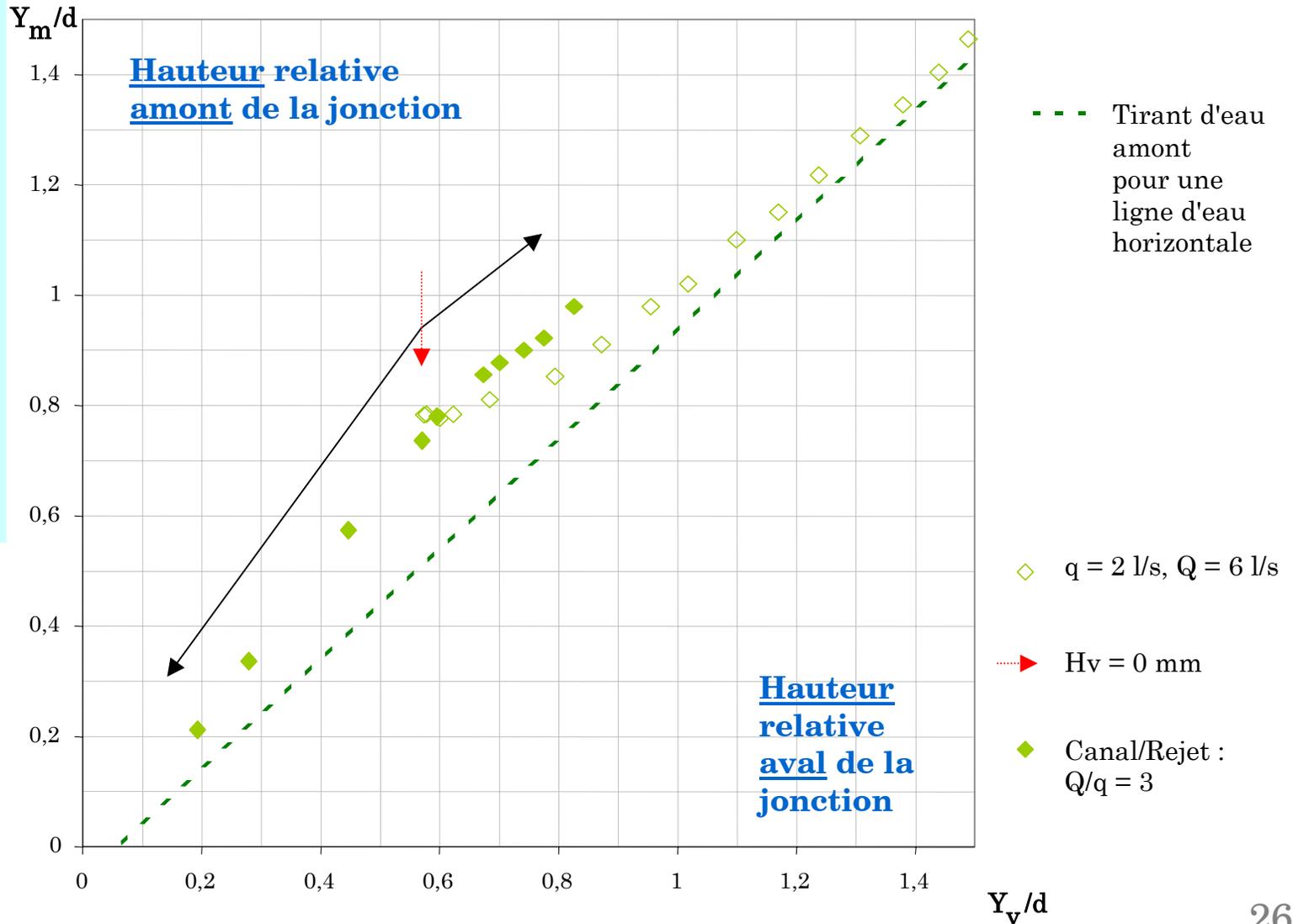


Hauteur aval fixe et débit variable, mais en proportion constante : tendance inverse

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire



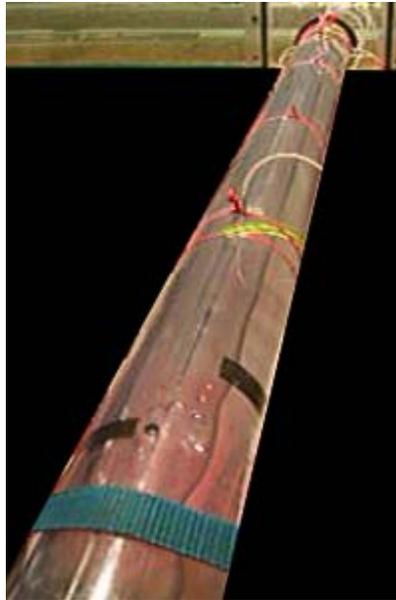
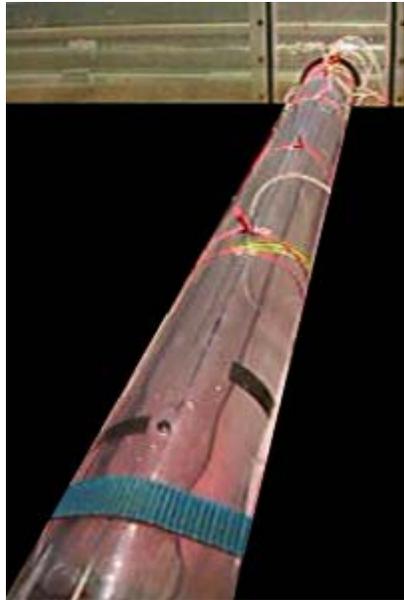
La pente i de la conduite sépare les transitions en trois catégories ...

(Animations vidéo)

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire



Faible



i



Forte

IV. Interprétation et modélisation

Problématique

Données expérimentales

Terrain

Laboratoire

Enseignements
du terrain
et des modèles

Tendances

Modèle

Expérimentation
en laboratoire

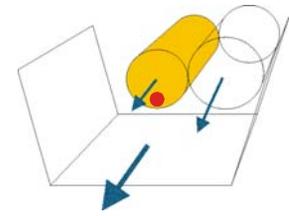
Explication



Validation

Interprétation
et modélisation

Tendances observées sur le terrain (fossé re-calibré entre deux hivers)

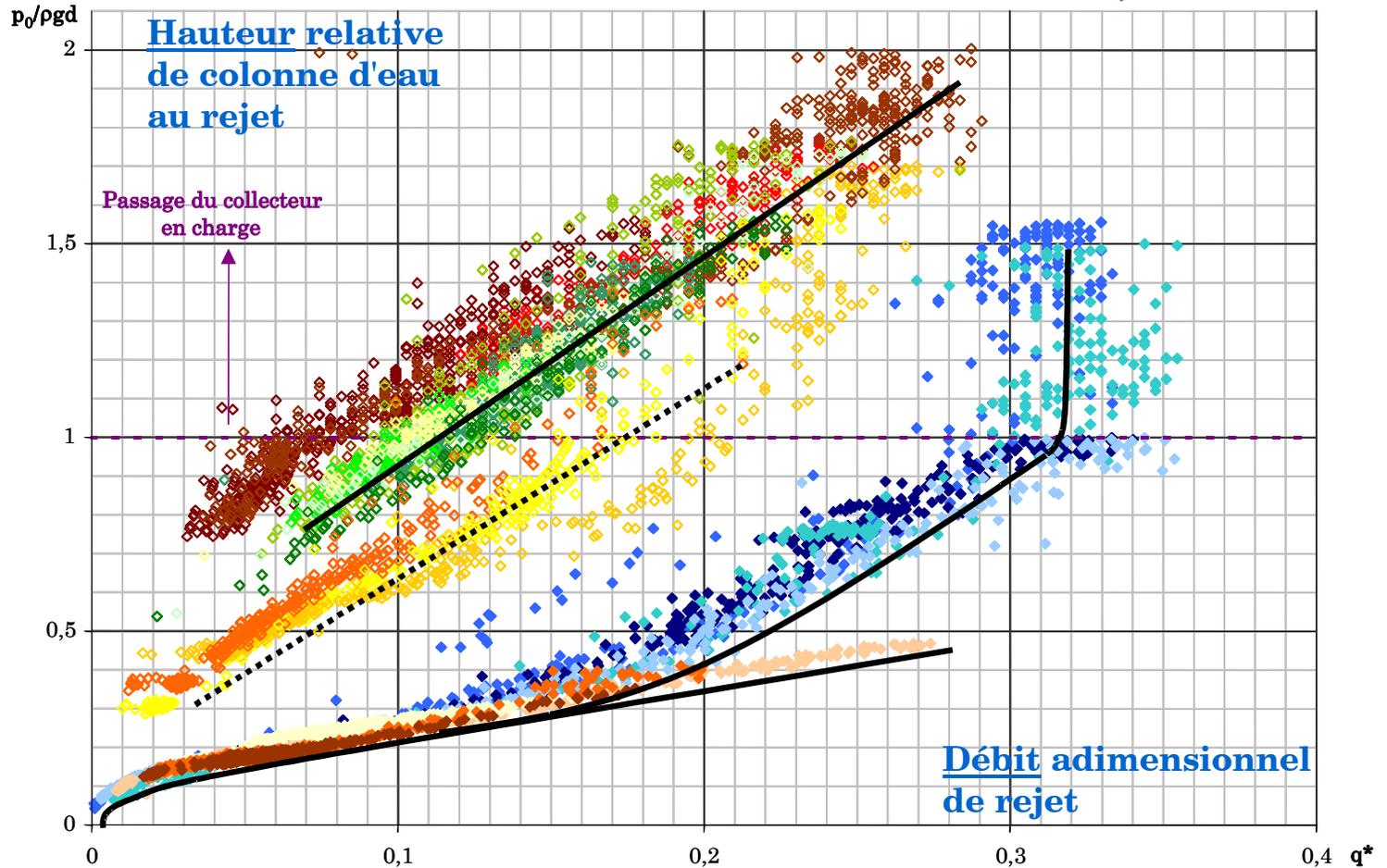


Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation



Ces tendances découlent pour l'essentiel de :

1. La géométrie de l'interconnexion
2. La rugosité et la pente du fossé

Mais ne renseignent pas :

3. Sur les conséquences pour l'amont du fossé
4. Sur ce qui se produit à la mise en charge

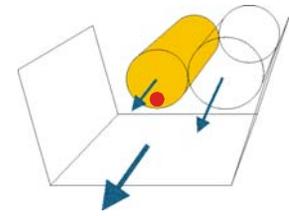
Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Tendances observées sur le terrain (fossé re-calibré entre deux hivers)

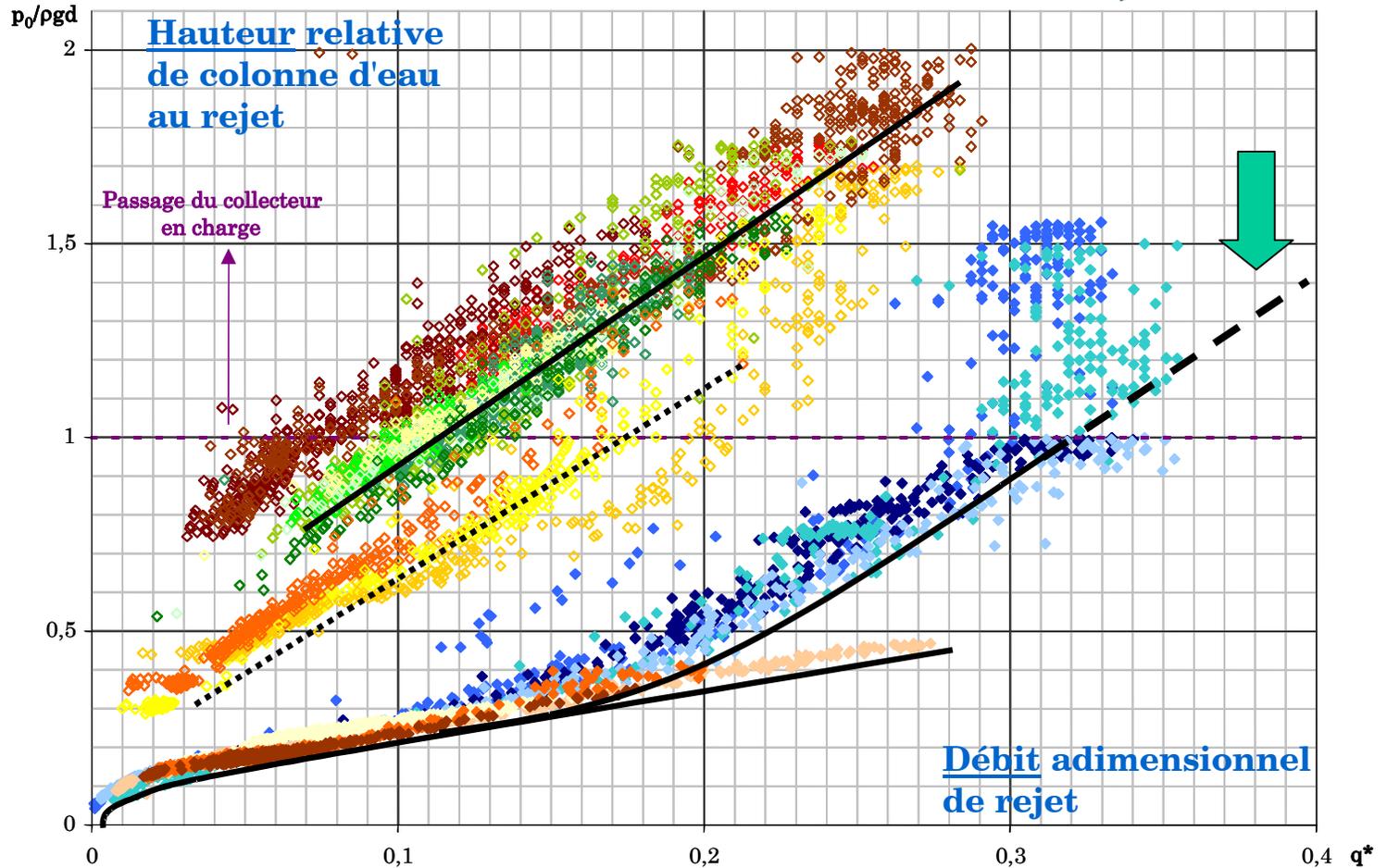


Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation



Prédiction des conséquences sur l'amont du fossé :

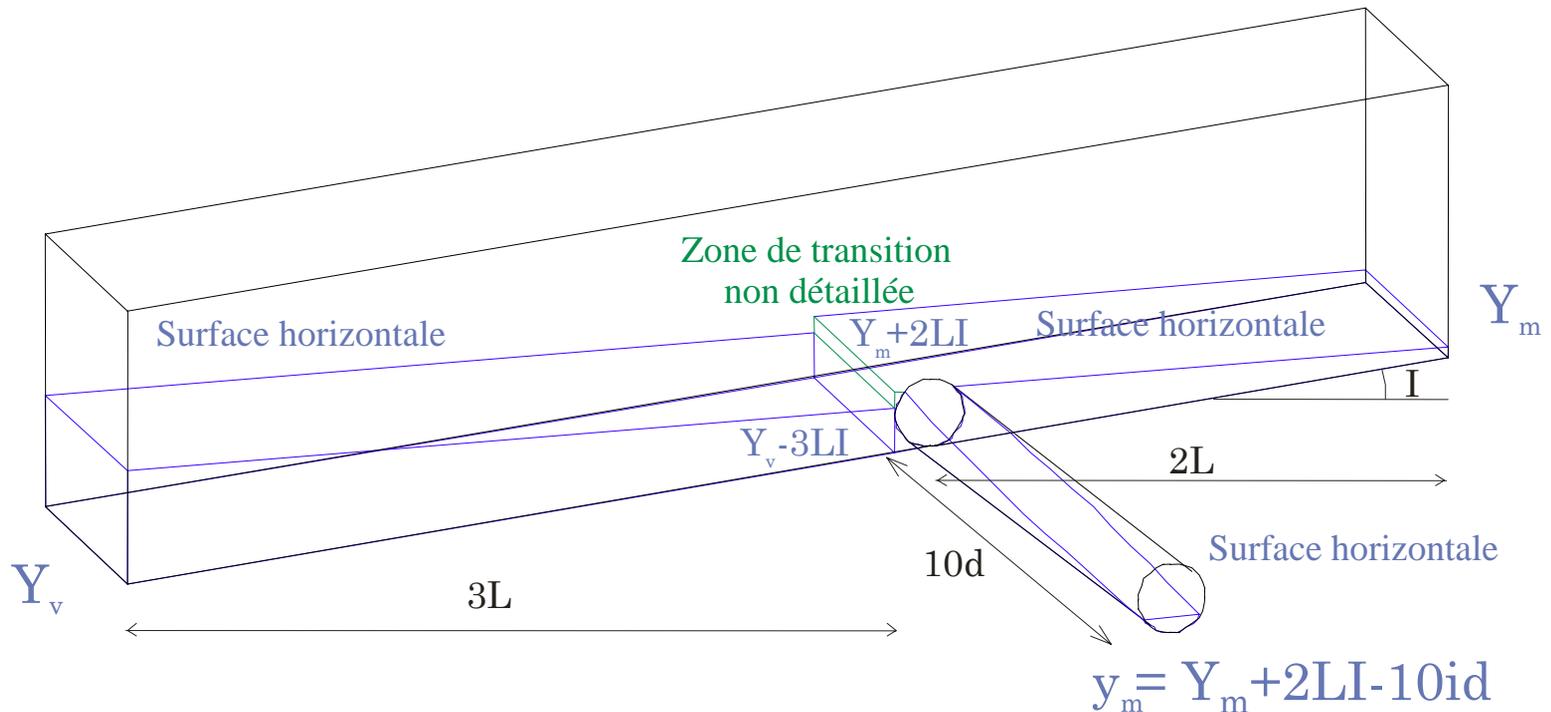
- **bilan de quantité de mouvement**
- **hypothèses sur la géométrie de la surface libre**

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation



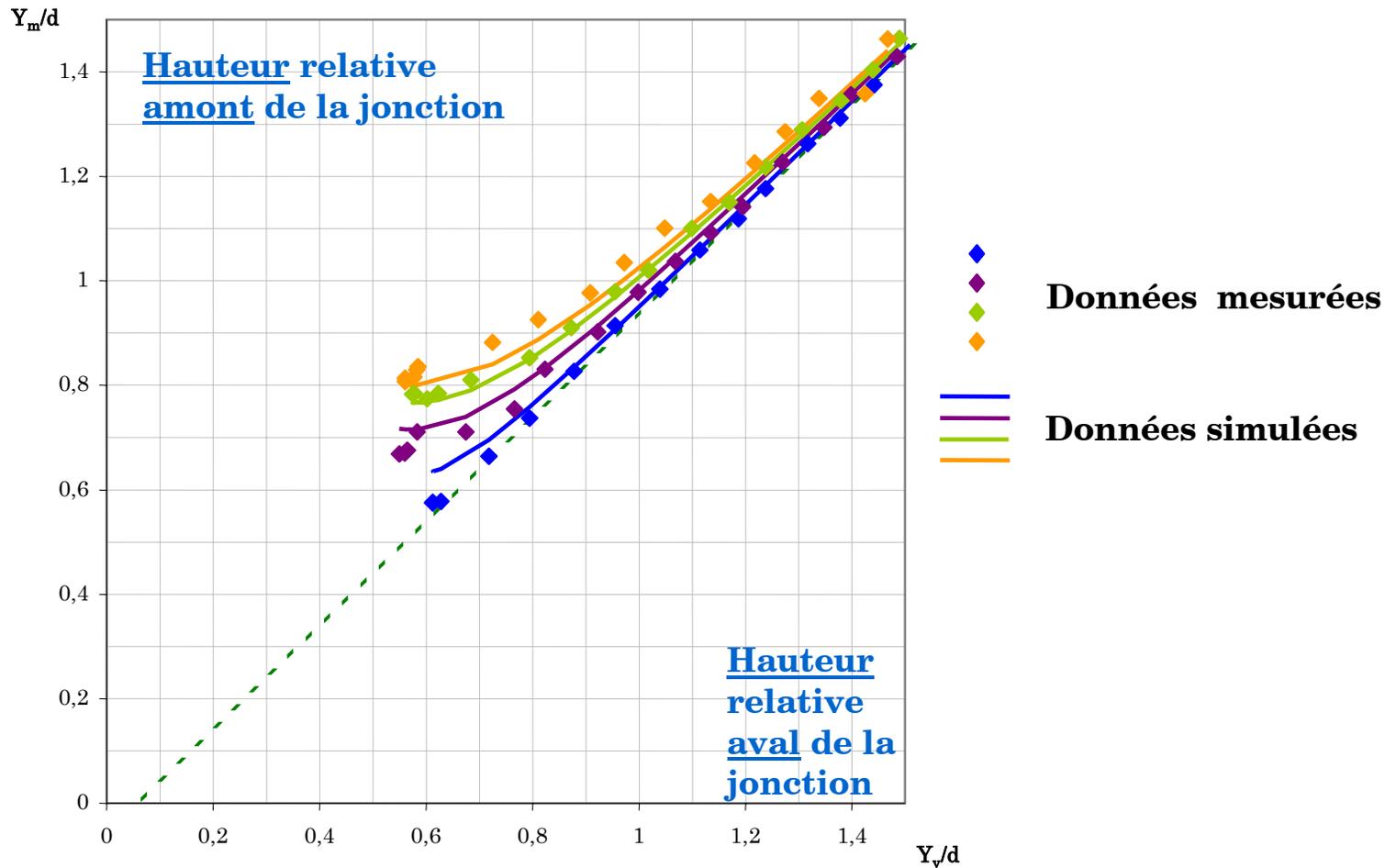
Exemple de résultat à débit fixé

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation



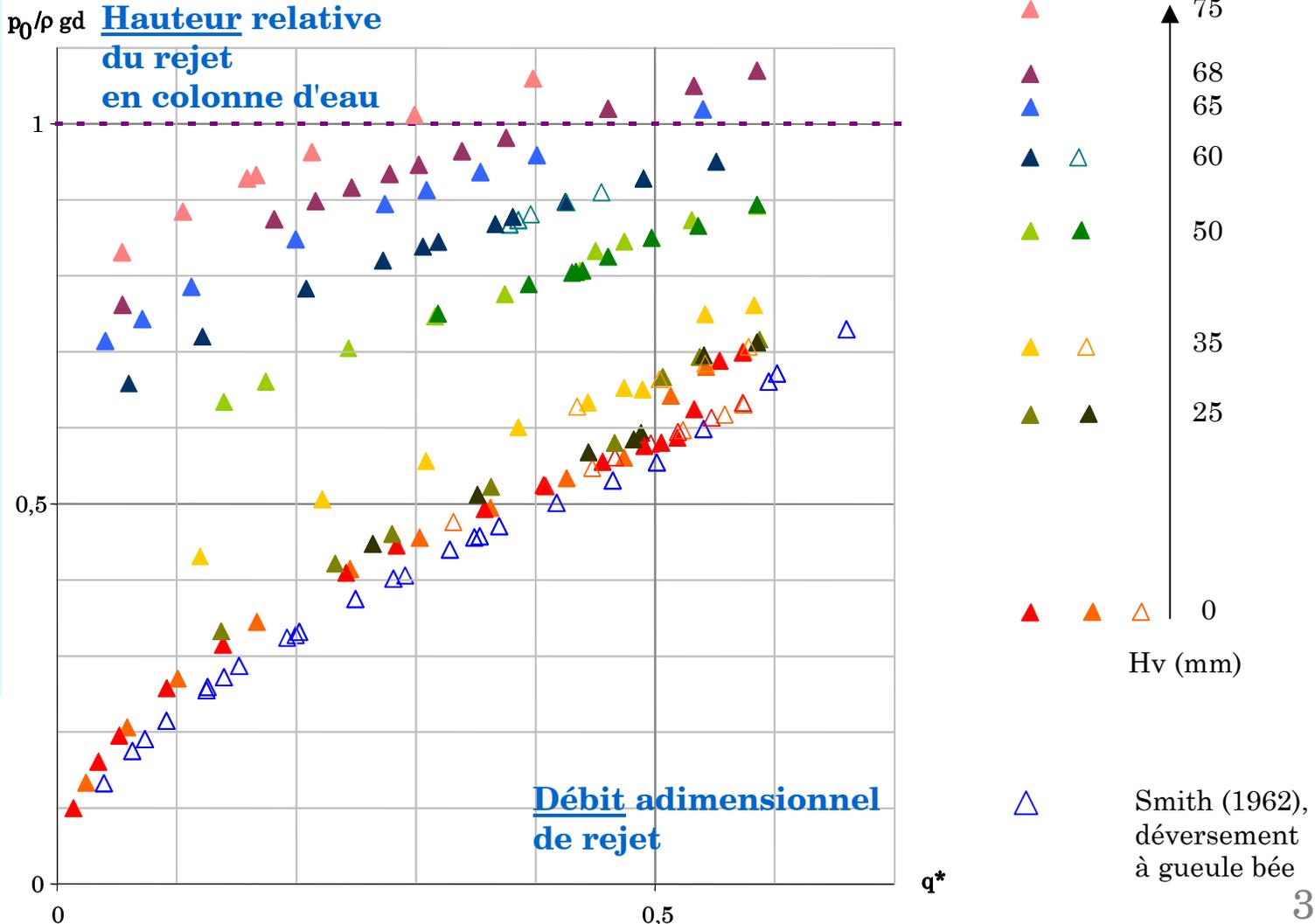
Problème du passage en charge : mesures de hauteur du rejet sans apport du fossé, influence aval et débit de rejet variables

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation



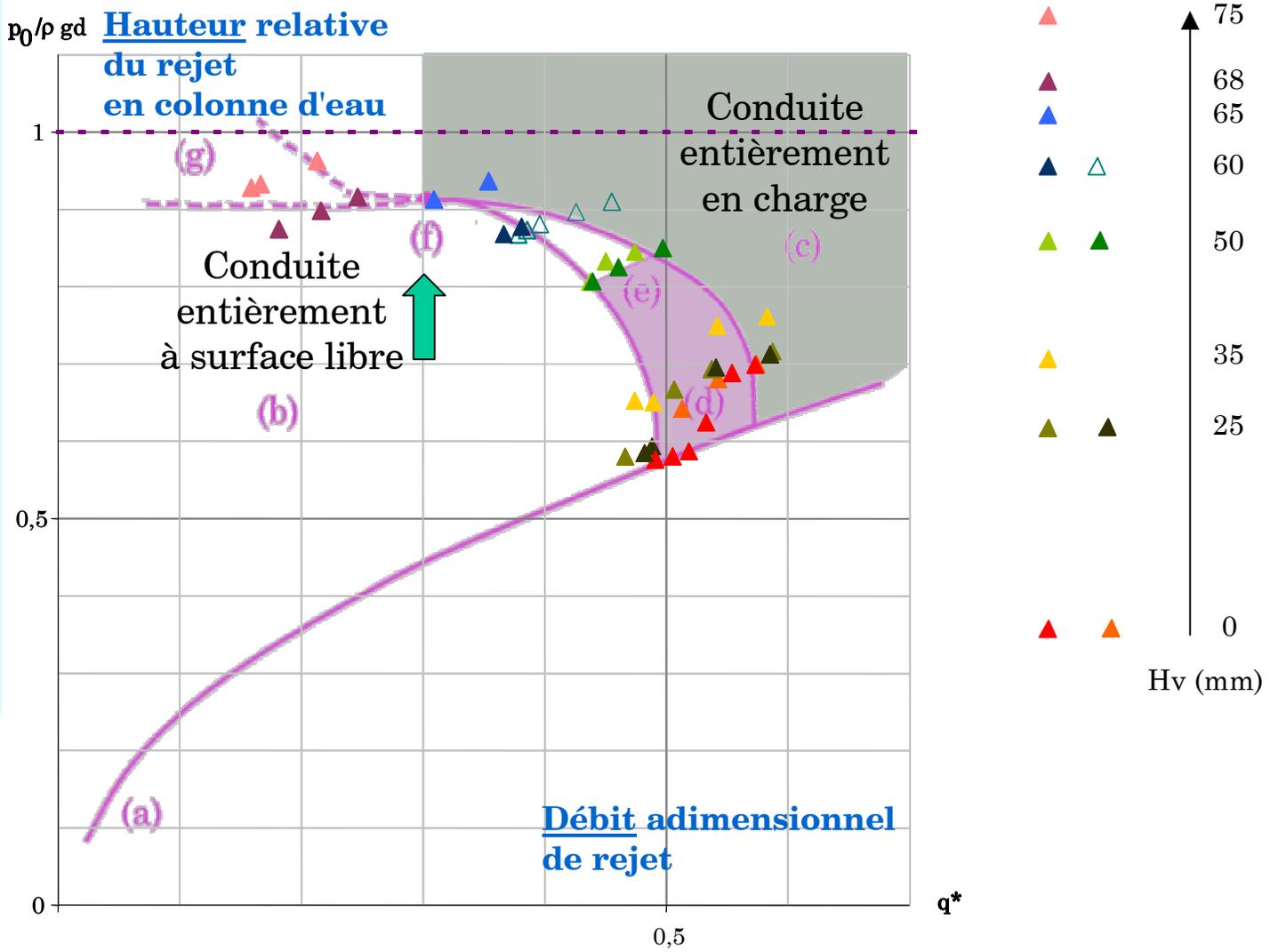
Extraction des parties de transition SL \Rightarrow PS

Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation



Le point (f) de séparation dépend de la pente de la conduite

Problématique

- A. Il pourrait être lié au débit à remplissage complet q_p :

Pour la conduite :

$$q_{(f)}^* = \frac{q_p}{\sqrt{gd^5}} = \frac{ki^{1/2} \frac{\pi d^{8/3}}{4^{5/3}}}{\sqrt{gd^5}} = 0,28$$

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

- B. Ce débit à remplissage complet peut expliquer un phénomène transitoire limitant le débit de rejet

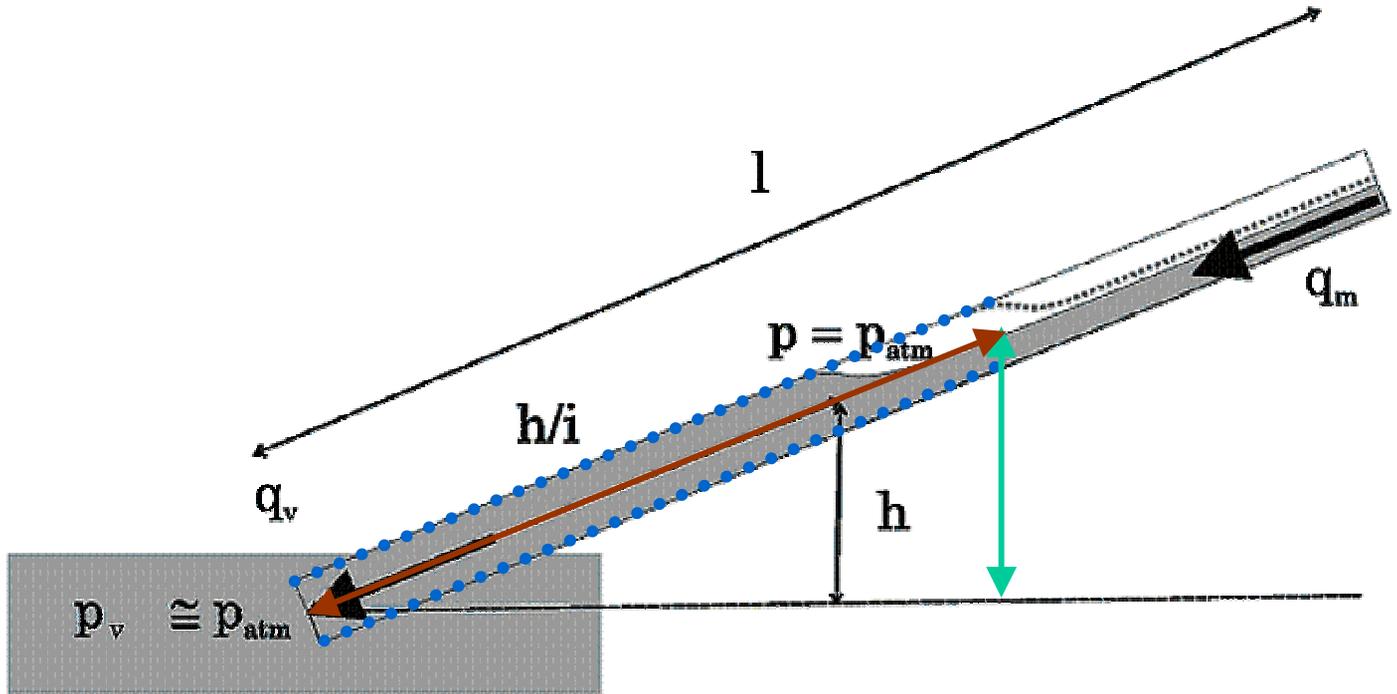
Application à un tronçon uniforme de conduite pour lequel la perte de charge linéaire égale la pente

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation



$$h = (h/i) J_{PS}(q_p)$$

Confrontation aux données de terrain

$q_{(f)}^* = 0,34$ d'après les éléments connus sur le site

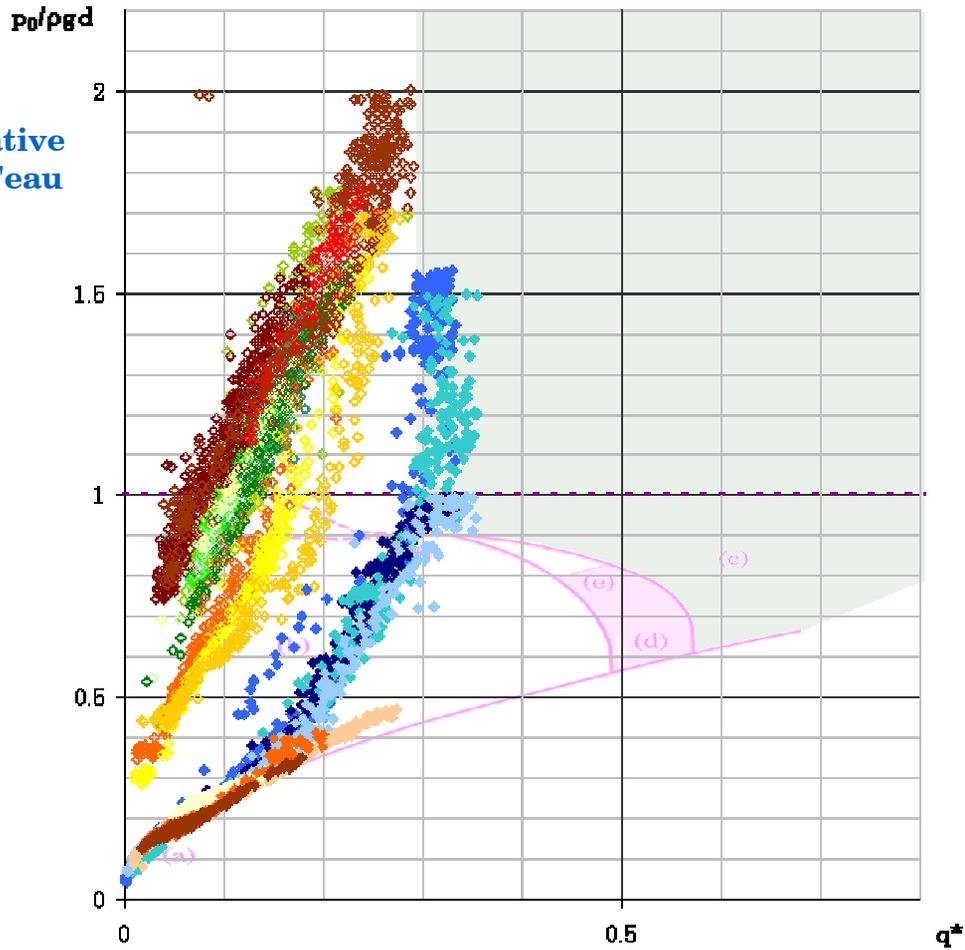
Problématique

Hauteur relative de colonne d'eau au rejet

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation



Débit adimensionnel de rejet

V. Conclusions et perspectives

3 maillons de la formation de la crue interagissent fortement aux différentes échelles du bassin versant :

1. Les réseaux enterrés de drains et de collecteurs
 - apport d'eau
 - capacité de stockage dynamique

Éléments de démonstration
2. Le fossé et ses obstacles à l'écoulement
 - capacité de transfert
 - points de contrôle
 - capacité de stockage dynamique

Modèle

Modèle
3. L'ensemble des points de rejet
 - apport d'eau
 - points de contrôle

Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

Conclusions et perspectives

3 perspectives scientifiques importantes :

1. L'étude (modélisation et expérimentation) d'un réseau enterré complet est nécessaire, y compris les parcelles drainées
2. La dynamique de la transition locale SL /PS doit être mieux analysée, en tenant compte du rôle de la pente
3. Il faut faire la part de l'idéal et du réel dans les effets des règles de dimensionnement qui identifient théoriquement q_p et le débit de projet en tout point du réseau

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Conclusions
et perspectives

Une perspective opérationnelle locale :

L'optimisation des points de contrôle,
en palliatif aux contraintes de
dimensionnement

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Conclusions
et perspectives

Lieux d'actions possibles :

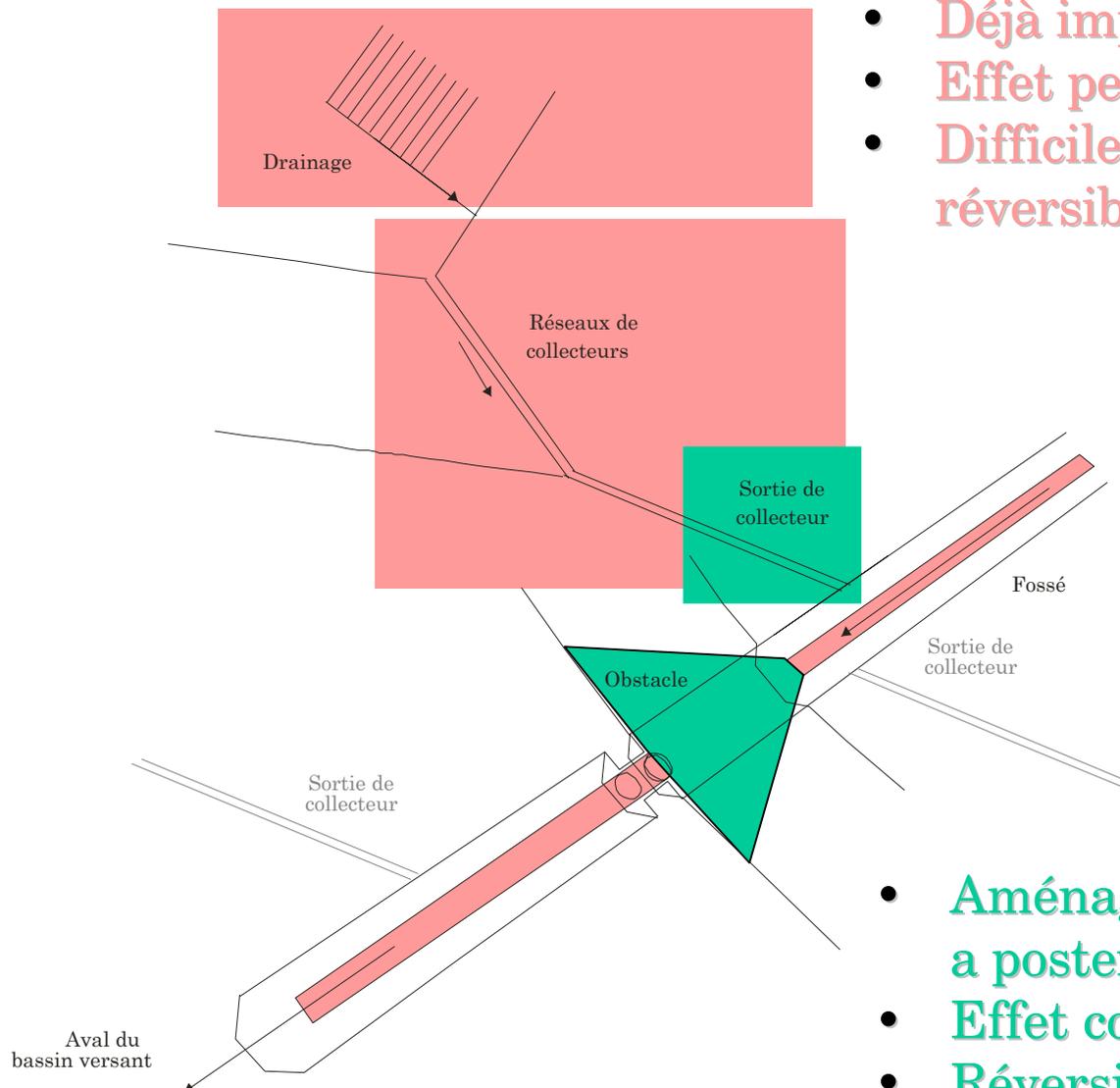
Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Conclusions
et perspectives



- **Déjà implanté**
- **Effet permanent**
- **Difficilement réversible**

- **Aménageables a posteriori**
- **Effet contrôlable**
- **Réversible**

Une perspective opérationnelle globale :

Une association complète et adaptative
des rejets de drainage avec les ouvrages
de ralentissement des crues
à l'échelle du bassin versant

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Conclusions
et perspectives

Période de retour de la pluie

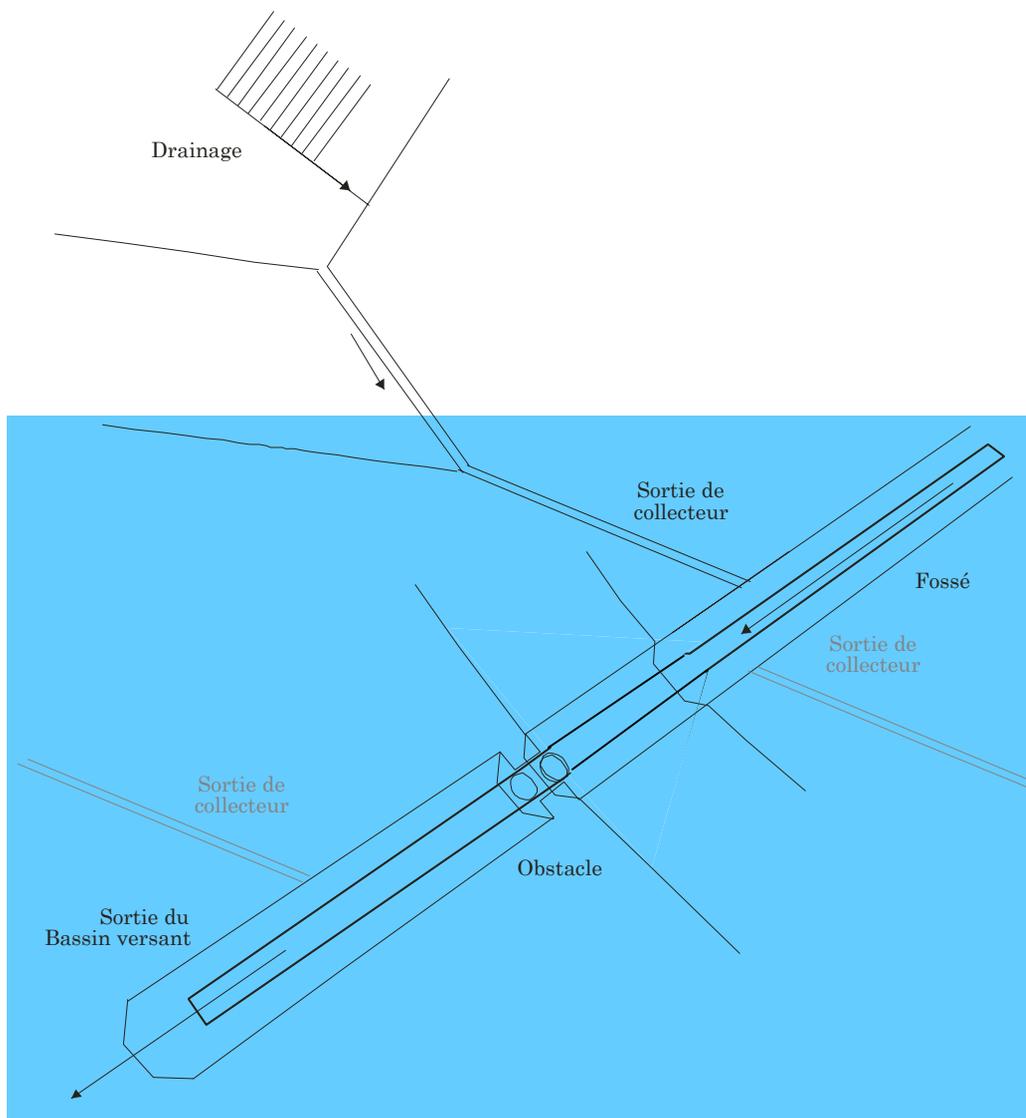
Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

Conclusions et perspectives



10 ans

1 an

Fonction de production

Période de retour de la pluie

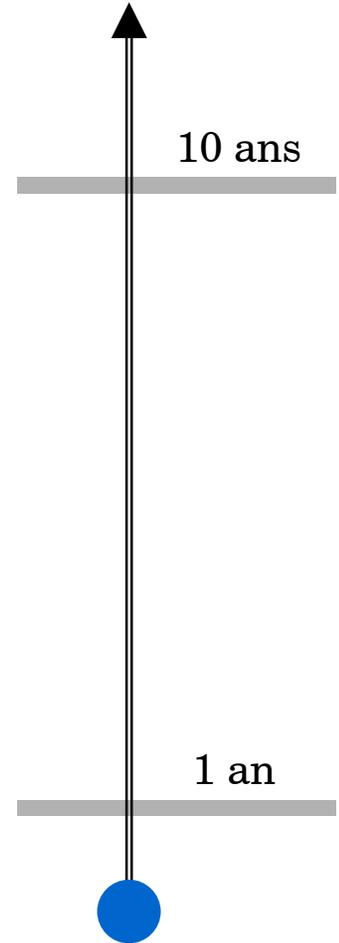
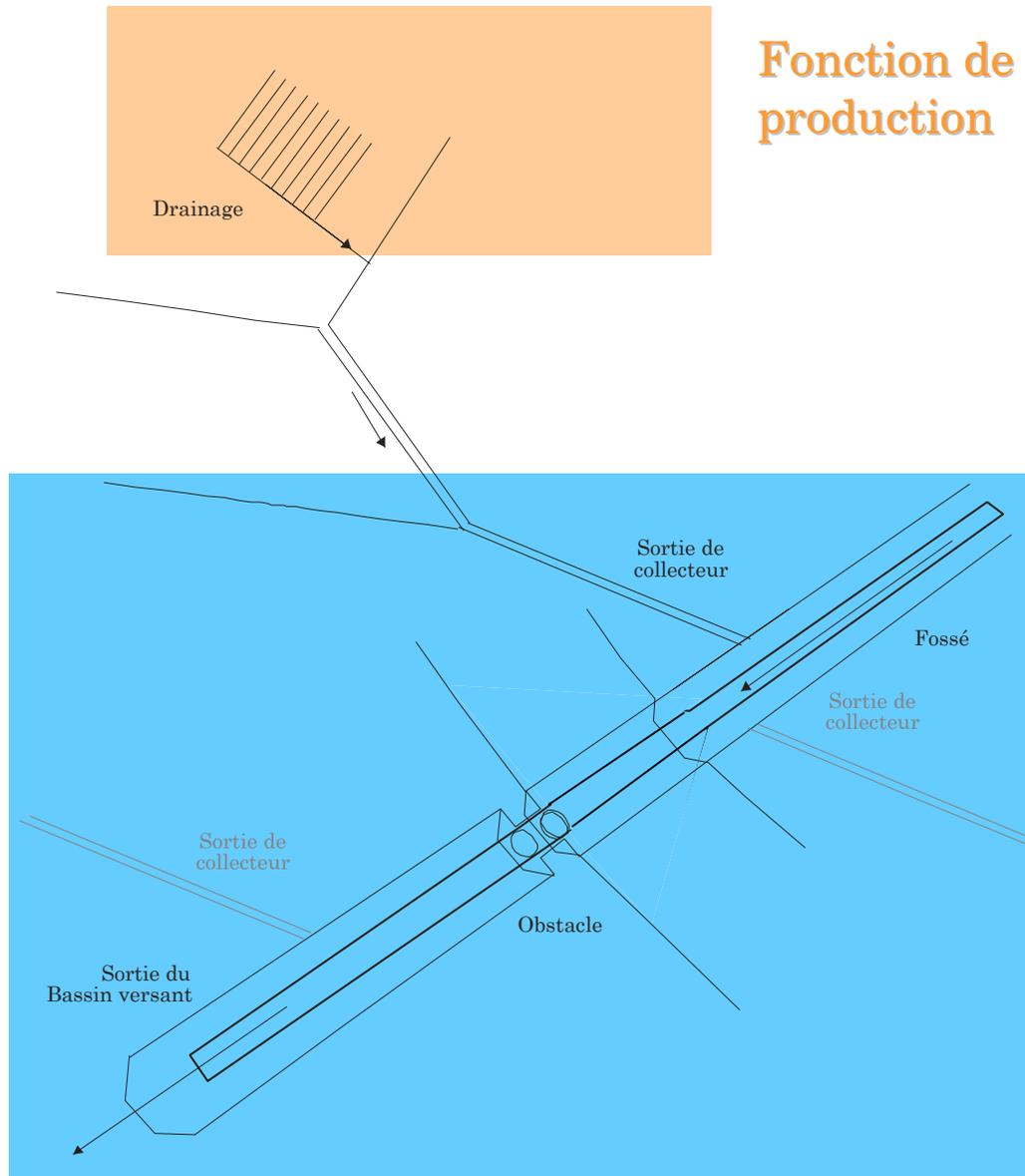
Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

Conclusions et perspectives



Fonction de production

Période de retour de la pluie

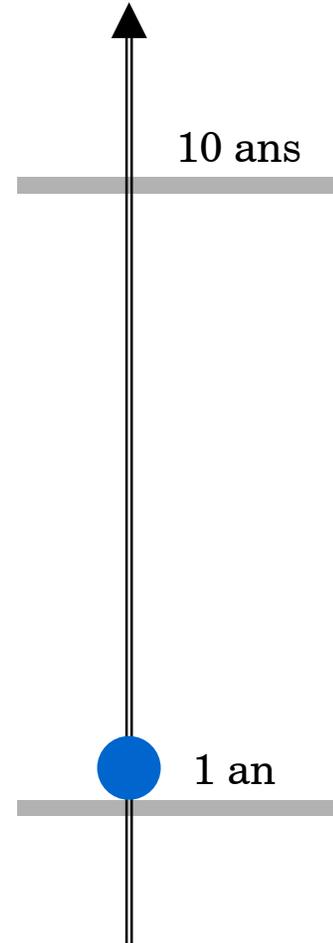
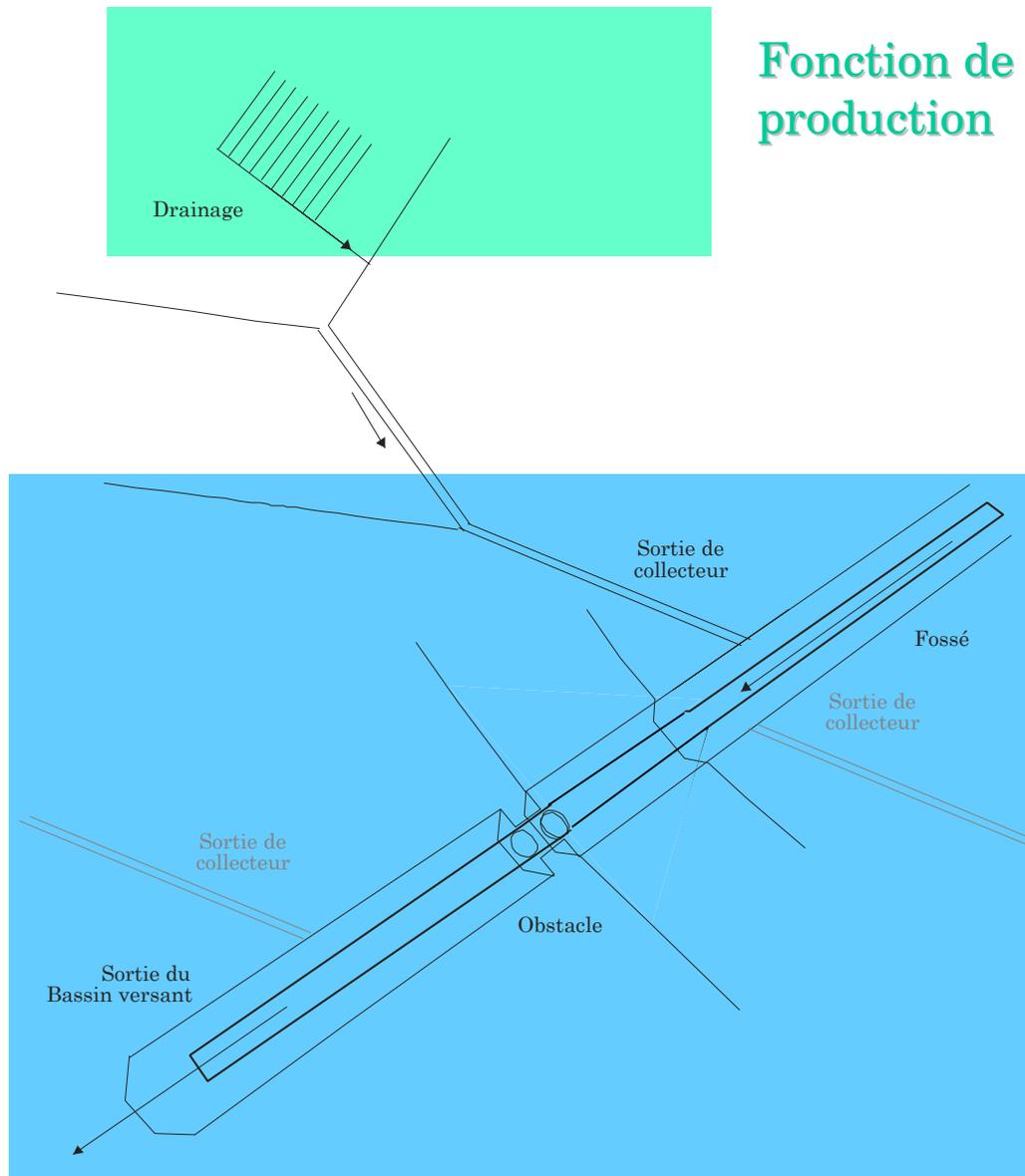
Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

Conclusions et perspectives



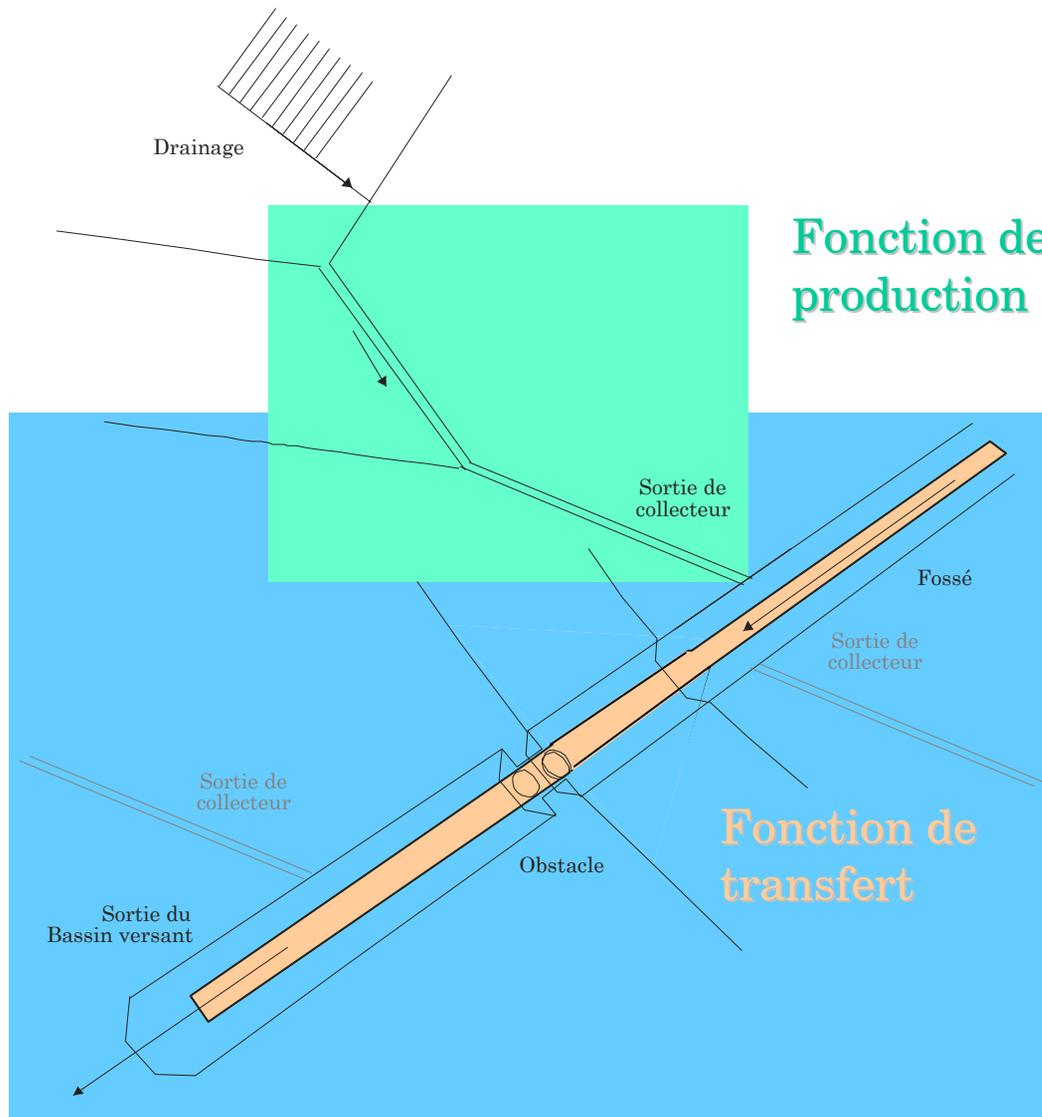
Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

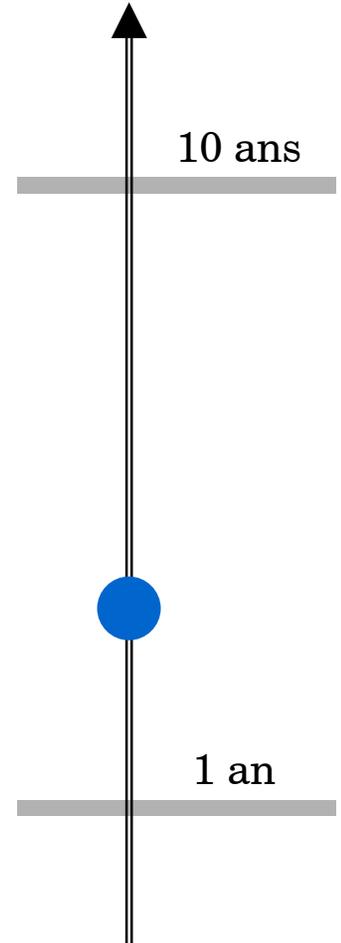
Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Conclusions
et perspectives

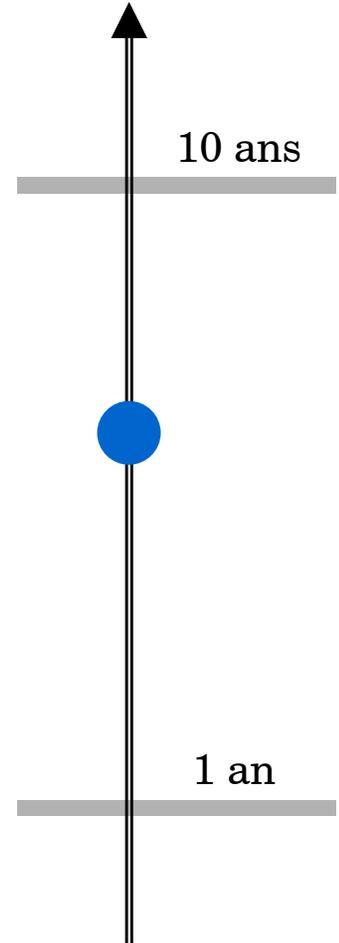
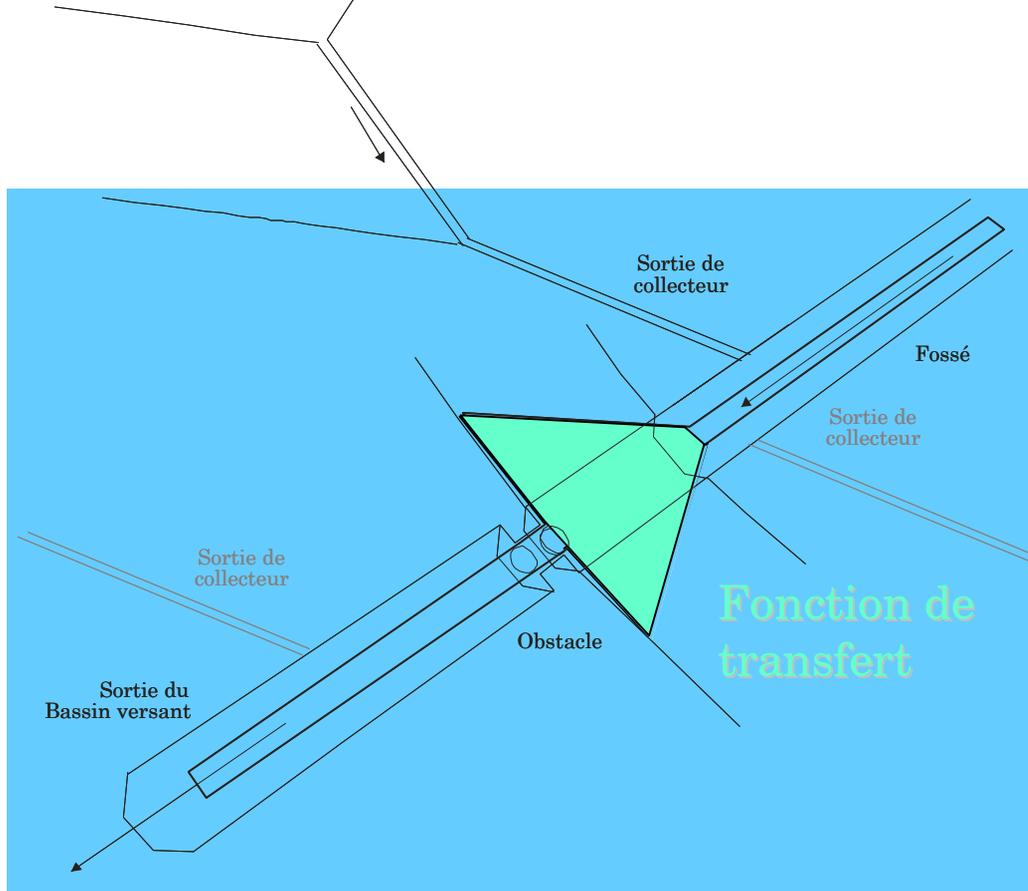
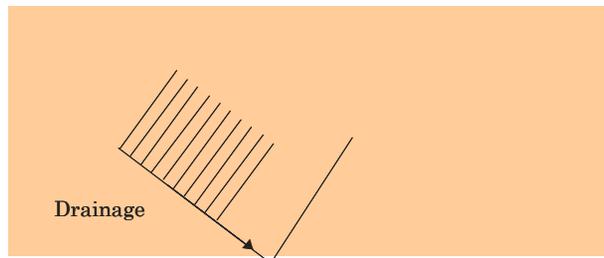


Période de retour
de la pluie



Fonction de production (ruissellement)

Période de retour de la pluie



Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

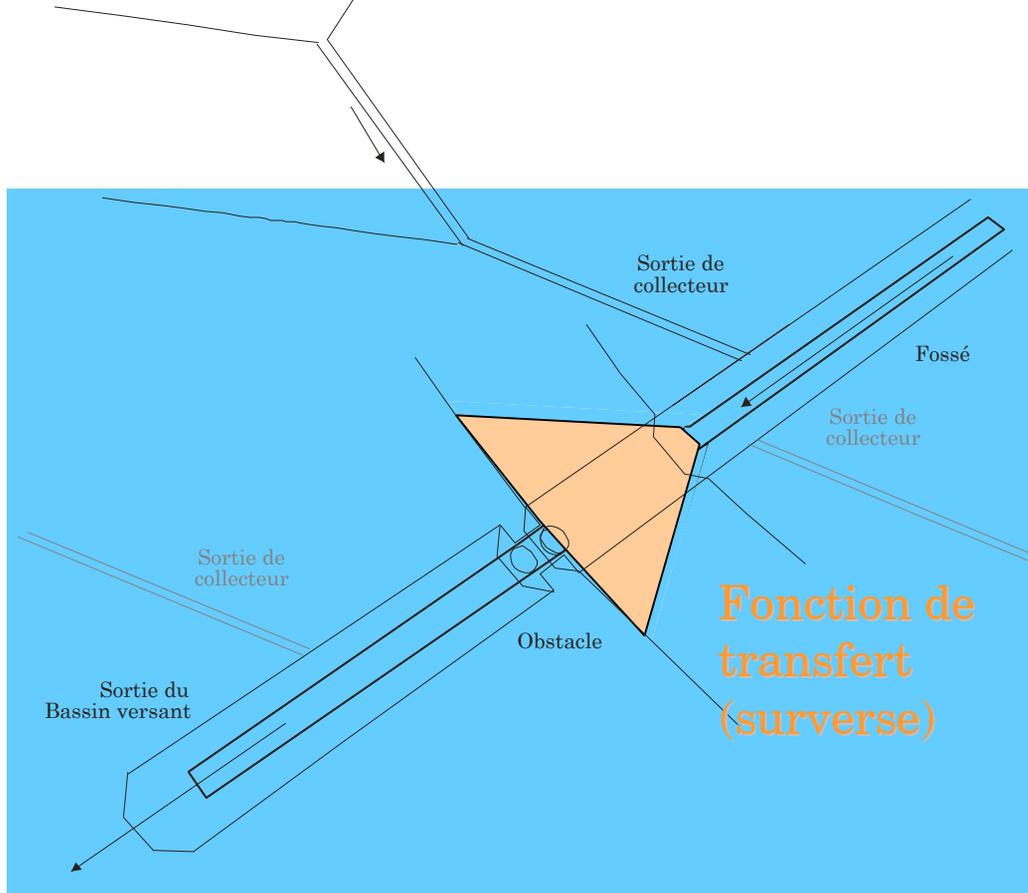
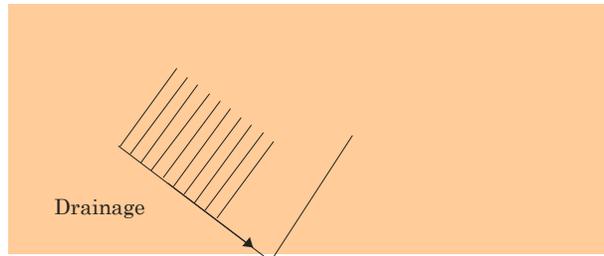
Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

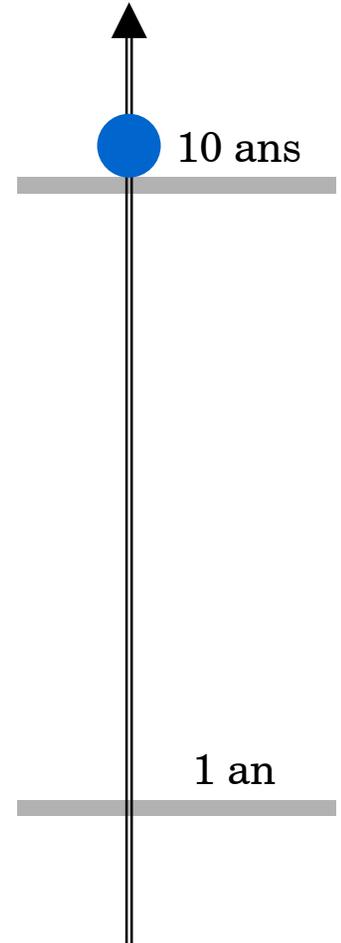
Conclusions et perspectives

Fonction de production (ruissellement)

Période de retour de la pluie



Fonction de transfert (surverse)



Problématique

Enseignements du terrain et des modèles

Expérimentation en laboratoire

Interprétation et modélisation

Conclusions et perspectives

Quels contextes d'application ?

Une prise en compte de l'état des rejets pour la prévision de crues et la modélisation des transferts

Études d'impact

Prévision de crues

Modèles de bassins versants

Aménagements préventifs

Problématique

Enseignements
du terrain
et des modèles

Expérimentation
en laboratoire

Interprétation
et modélisation

Conclusions
et perspectives