

Quels apports hydrologiques pour les modèles hydrauliques?

Vers un modèle intégré de simulation des crues

Julien Lerat

Université Pierre et Marie Curie
Ecole Doctorale Géosciences et Ressources Naturelles
Thèse préparée au Cemagref - Unité HBAN / UMR G-EAU

27 avril 2009

Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- 1 Contexte
- 2 Echantillon de 50 tronçons de rivières
- 3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique
- 4 Construction et évaluation d'un modèle couplé
- 5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique
- 6 Conclusions et perspectives

Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- 1 Contexte
- 2 Echantillon de 50 tronçons de rivières
- 3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique
- 4 Construction et évaluation d'un modèle couplé
- 5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique
- 6 Conclusions et perspectives

Le risque inondation

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Cont rôle

Performances

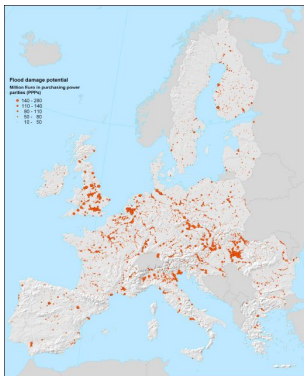
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Crues en Europe

- 2002 (Allemagne, Rép. Tchèque, Autriche) : 17.4 milliards € de dégâts
- 2007 (G.B.) : 4.3 milliards € de dégâts

En France

- Concerne une commune sur trois
- 80% du montant des dommages imputables aux risques naturels
- 460 millions € par an

Le risque inondation

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Cont rôle

Performances

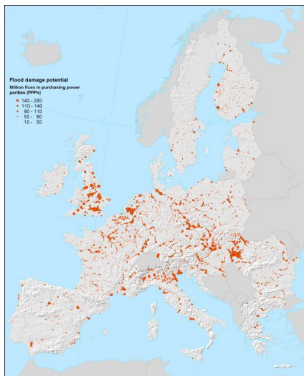
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Crues en Europe

- 2002 (Allemagne, Rép. Tchèque, Autriche) : 17.4 milliards € de dégâts
- 2007 (G.B.) : 4.3 milliards € de dégâts

En France

- Concerne une commune sur trois
- 80% du montant des dommages imputables aux risques naturels
- 460 millions € par an

Le risque inondation

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

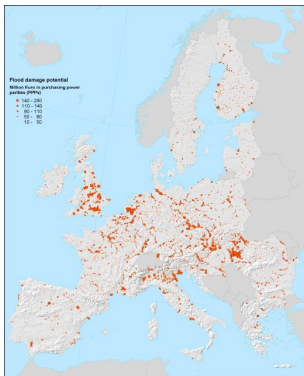
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Crues en Europe

- 2002 (Allemagne, Rép. Tchèque, Autriche) : 17.4 milliards € de dégâts
- 2007 (G.B.) : 4.3 milliards € de dégâts

En France

- Concerne une commune sur trois
- 80% du montant des dommages imputables aux risques naturels
- 460 millions € par an

Le risque inondation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

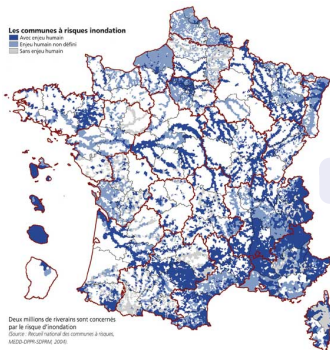
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Crues en Europe

- 2002 (Allemagne, Rép. Tchèque, Autriche) : 17.4 milliards € de dégâts
- 2007 (G.B.) : 4.3 milliards € de dégâts

En France

- Concerne une commune sur trois
- 80% du montant des dommages imputables aux risques naturels
- 460 millions € par an

Le risque inondation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

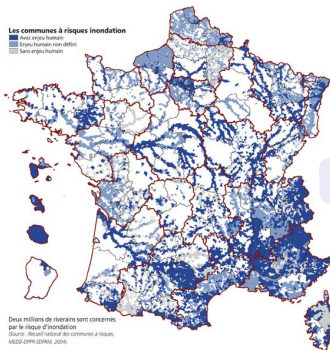
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Crues en Europe

- 2002 (Allemagne, Rép. Tchèque, Autriche) : 17.4 milliards € de dégâts
- 2007 (G.B.) : 4.3 milliards € de dégâts

En France

- Concerne une commune sur trois
- 80% du montant des dommages imputables aux risques naturels
- 460 millions € par an

Le risque inondation

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

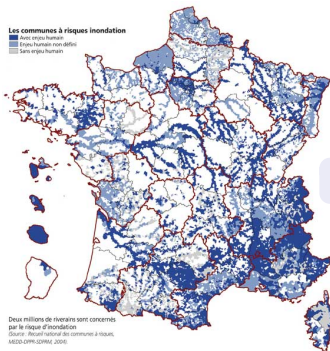
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Crues en Europe

- 2002 (Allemagne, Rép. Tchèque, Autriche) : 17.4 milliards € de dégâts
- 2007 (G.B.) : 4.3 milliards € de dégâts

En France

- Concerne une commune sur trois
- 80% du montant des dommages imputables aux risques naturels
- 460 millions € par an

Risque inondation et modélisation hydraulique

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Cont rôle

Performances

Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions

Un modèle hydraulique est utilisé pour ...

- Calculer l'emprise de la zone inondable
- Dimensionner des aménagements de protection

Outil incontournable pour analyser le risque inondation

Risque inondation et modélisation hydraulique

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

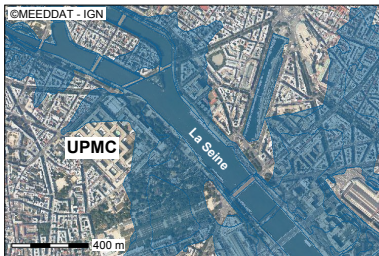
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Un modèle hydraulique est utilisé pour ...

- Calculer l'emprise de la zone inondable
- Dimensionner des aménagements de protection

Outil incontournable pour analyser le risque inondation

Risque inondation et modélisation hydraulique

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

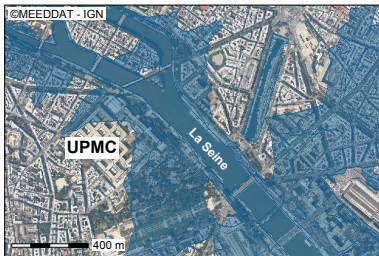
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Un modèle hydraulique est utilisé pour ...

- Calculer l'emprise de la zone inondable
- Dimensionner des aménagements de protection

Outil incontournable pour analyser le risque inondation

Risque inondation et modélisation hydraulique

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

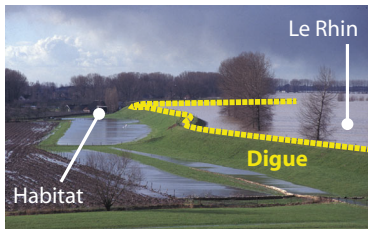
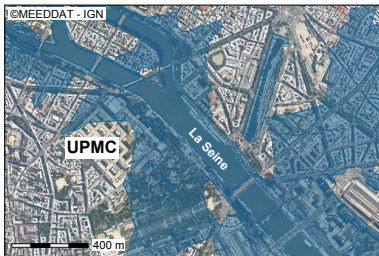
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Un modèle hydraulique est utilisé pour ...

- Calculer l'emprise de la zone inondable
- Dimensionner des aménagements de protection

Outil incontournable pour analyser le risque inondation

Risque inondation et modélisation hydraulique

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

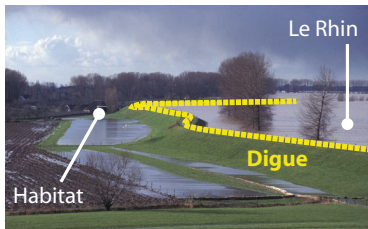
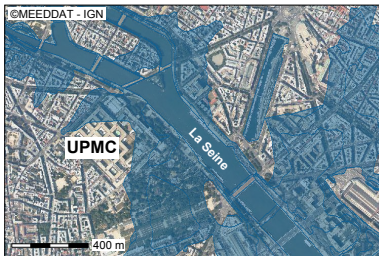
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



Un modèle hydraulique est utilisé pour ...

- Calculer l'emprise de la zone inondable
- Dimensionner des aménagements de protection

Outil incontournable pour analyser le risque inondation

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Cont rôle

Performances

Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions

- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- Apports amont
- Apports latéraux
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

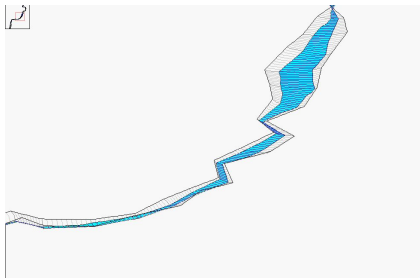
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



■ Résolution des équations de Saint-Venant

■ Topographie

■ Apports amont

■ Apports latéraux

■ Importants

■ Pas de mesure

■ Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

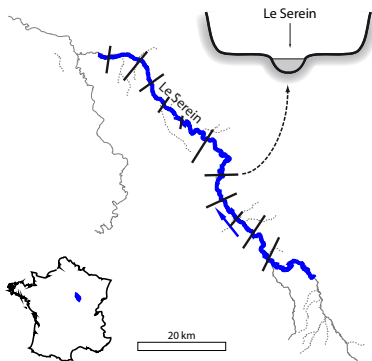
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- Apports amont
- Apports latéraux
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

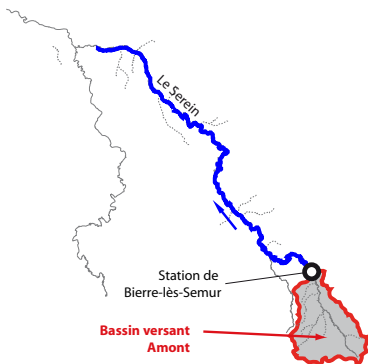
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- **Apports amont**
- Apports latéraux
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

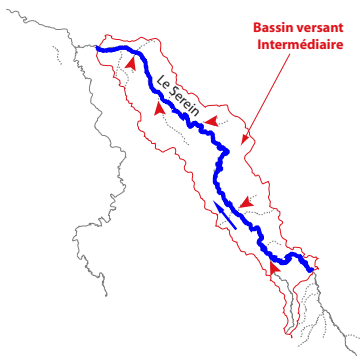
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- Apports amont
- **Apports latéraux**
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

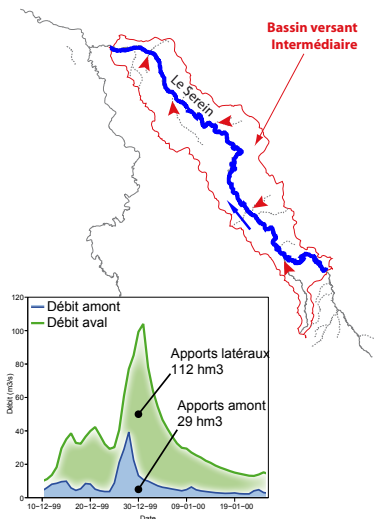
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- Apports amont
- Apports latéraux
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

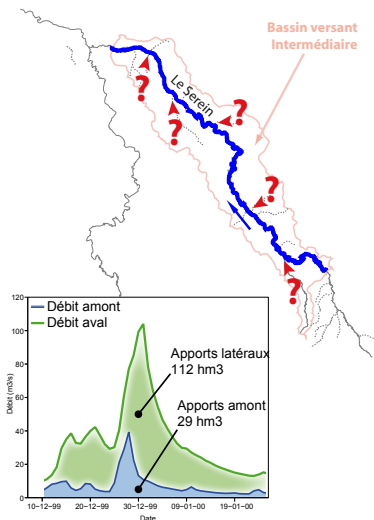
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- Apports amont
- Apports latéraux
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Construction d'un modèle hydraulique sur un tronçon de rivière

Contexte

Inondations

Etat de l'art

Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins

Calage-Contrôle

Performances

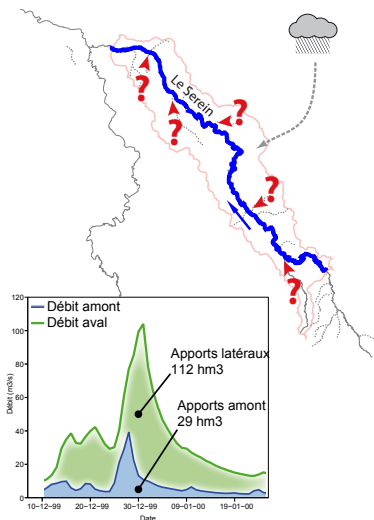
Spatialisation

Injections

Pluies

Paramètres

Conclusions



- Résolution des équations de Saint-Venant
- Topographie
- Apports amont
- Apports latéraux
 - Importants
 - Pas de mesure
 - Données de pluie

Estimation des apports avec un modèle hydrologique

Etat de l'art sur le couplage hydrologie/hydraulique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

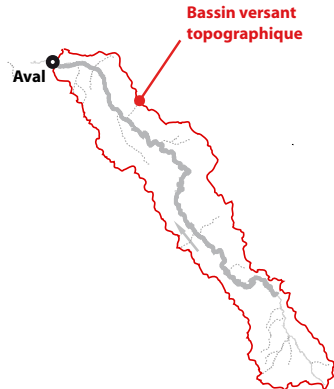
Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation
Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



“The most adequate model (...) is not always the one which explicitly uses all the field data which the selected code can make use of.” (Refsgaard, 1997)

- Modèles hydrologiques développés pour des bassins versants ...

- ... pas des tronçons de rivières

- Manque d'éléments méthodologiques concernant

- la stratégie de couplage

- le choix du modèle hydrologique

- Modèles testés sur un nombre limité de bassins

Etat de l'art sur le couplage hydrologie/hydraulique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

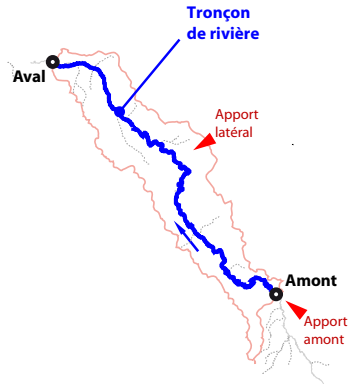
Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation
Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



"The most adequate model (...) is not always the one which explicitly uses all the field data which the selected code can make use of." (Refsgaard, 1997)

- Modèles hydrologiques développés pour des bassins versants ...

- ... pas des tronçons de rivières

- Manque d'éléments méthodologiques concernant

- la stratégie de couplage
- le choix du modèle hydrologique

- Modèles testés sur un nombre limité de bassins

Etat de l'art sur le couplage hydrologie/hydraulique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation
Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



"The most adequate model (...) is not always the one which explicitly uses all the field data which the selected code can make use of." (Refsgaard, 1997)

- Modèles hydrologiques développés pour des bassins versants ...

- ... pas des tronçons de rivières

- Manque d'éléments méthodologiques concernant

 - la stratégie de couplage

 - le choix du modèle hydrologique

- Modèles testés sur un nombre limité de bassins

Etat de l'art sur le couplage hydrologie/hydraulique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

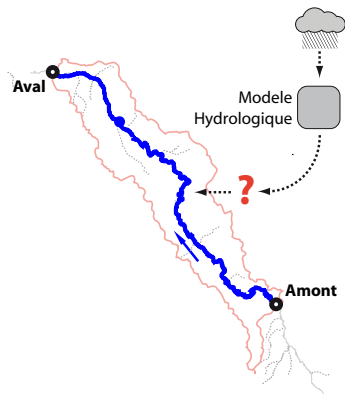
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



“The most adequate model (...) is not always the one which explicitly uses all the field data which the selected code can make use of.” (Refsgaard, 1997)

- Modèles hydrologiques développés pour des bassins versants ...
- ... pas des tronçons de rivières
- Manque d'éléments méthodologiques concernant
 - la stratégie de couplage
 - le choix du modèle hydrologique
- Modèles testés sur un nombre limité de bassins

Etat de l'art sur le couplage hydrologie/hydraulique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



“The most adequate model (...) is not always the one which explicitly uses all the field data which the selected code can make use of.” (Refsgaard, 1997)

■ Modèles hydrologiques développés pour des bassins versants ...

■ ... pas des tronçons de rivières

■ Manque d'éléments méthodologiques concernant

■ la stratégie de couplage

■ le choix du modèle hydrologique

■ Modèles testés sur un nombre limité de bassins

Etat de l'art sur le couplage hydrologie/hydraulique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



“The most adequate model (...) is not always the one which explicitly uses all the field data which the selected code can make use of.” (Refsgaard, 1997)

- Modèles hydrologiques développés pour des bassins versants ...
- ... pas des tronçons de rivières
- Manque d'éléments méthodologiques concernant
 - la stratégie de couplage
 - le choix du modèle hydrologique
- Modèles testés sur un nombre limité de bassins

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Objectifs général de la thèse

Estimation des apports latéraux sur un tronçon de rivière à l'aide d'un modèle couplé hydrologie/hydraulique

Questions abordées

- Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?
- Quel niveau de complexité doit-on retenir pour le modèle hydrologique ?

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Objectifs général de la thèse

Estimation des apports latéraux sur un tronçon de rivière à l'aide d'un modèle couplé hydrologie/hydraulique

Questions abordées

- Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?
- Quel niveau de complexité doit-on retenir pour le modèle hydrologique ?

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Objectifs général de la thèse

Estimation des apports latéraux sur un tronçon de rivière à l'aide d'un modèle couplé hydrologie/hydraulique

Questions abordées

- Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?
- Quelle niveau de complexité doit-on retenir pour le modèle hydrologique ?

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Objectifs général de la thèse

Estimation des apports latéraux sur un tronçon de rivière à l'aide d'un modèle couplé hydrologie/hydraulique

Questions abordées

- Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?
- Quel niveau de complexité doit-on retenir pour le modèle hydrologique ?

Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- 1 Contexte
- 2 Echantillon de 50 tronçons de rivières
- 3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique
- 4 Construction et évaluation d'un modèle couplé
- 5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique
- 6 Conclusions et perspectives

Un échantillon de 50 tronçons de rivière

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

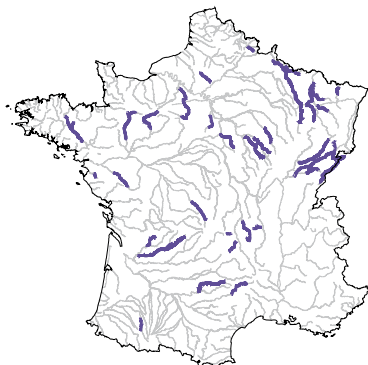
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



	Min.	Mediane	Max.
Longueur (km)	15	85	370
Surface Aval (km ²)	130	1960	9390
Pluie moyenne (mm/an)	660	920	1400
Débit Aval (mm/an)	160	370	1230
Débit Am. / Débit Av. (%)	1	15	60

Un échantillon de 50 tronçons de rivière

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

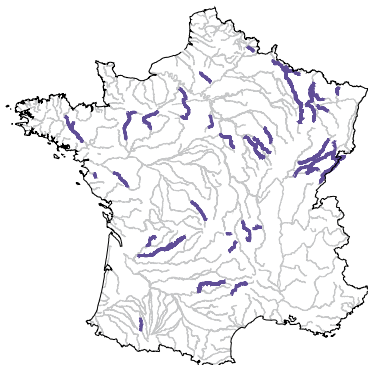
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



	Min.	Mediane	Max.
Longueur (km)	15	85	370
Surface Aval (km ²)	130	1960	9390
Pluie moyenne (mm/an)	660	920	1400
Débit Aval (mm/an)	160	370	1230
Débit Am. / Débit Av. (%)	1	15	60

Un échantillon de 50 tronçons de rivière

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

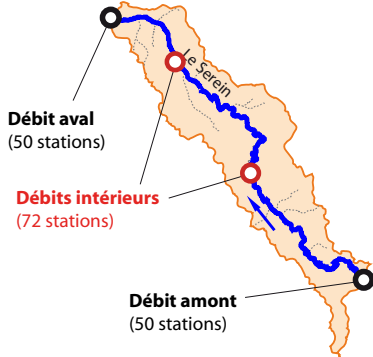
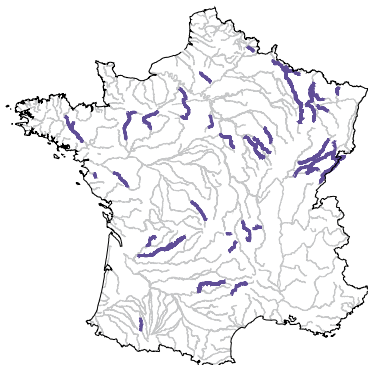
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



		Min.	Mediane	Max.
Longueur	(km)	15	85	370
Surface Aval	(km ²)	130	1960	9390
Pluie moyenne	(mm/an)	660	920	1400
Débit Aval	(mm/an)	160	370	1230
Débit Am. / Débit Av.	(%)	1	15	60

Un échantillon de 50 tronçons de rivière

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

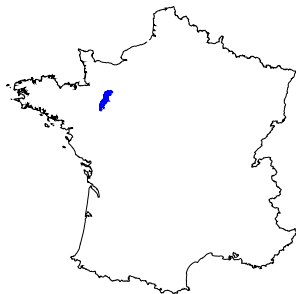
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

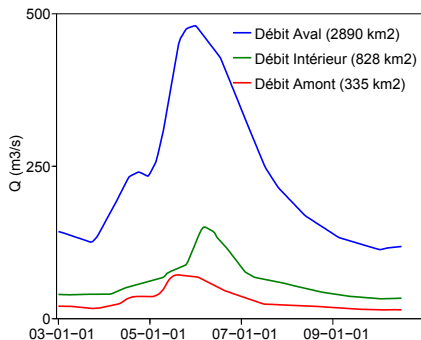
Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Deux exemples de crues



La Mayenne



Un échantillon de 50 tronçons de rivière

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

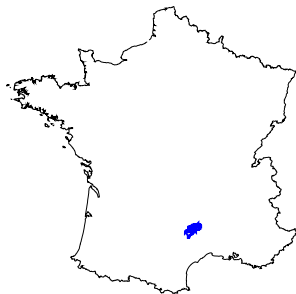
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

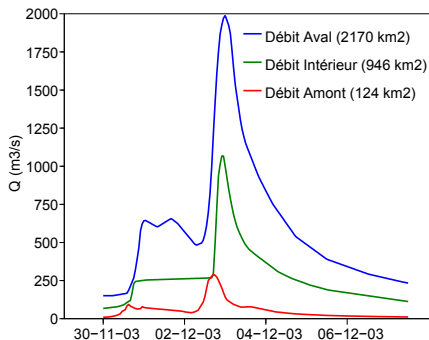
Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Deux exemples de crues



Le Tarn



Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- 1 Contexte
- 2 Echantillon de 50 tronçons de rivières
- 3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique
- 4 Construction et évaluation d'un modèle couplé
- 5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique
- 6 Conclusions et perspectives

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

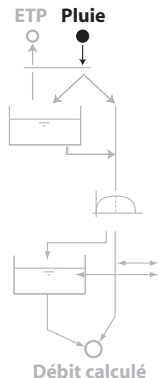
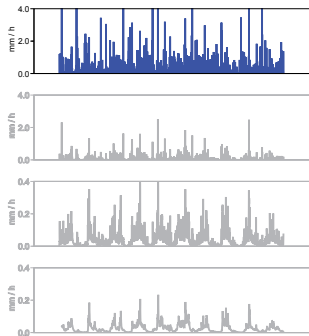
Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

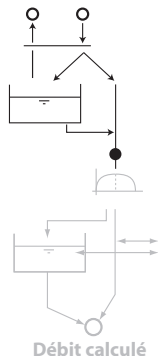
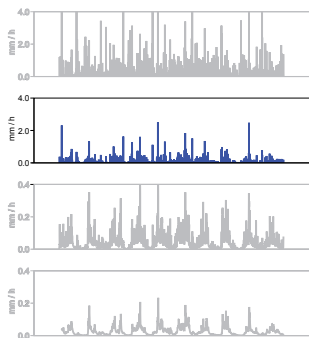
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

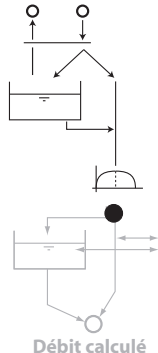
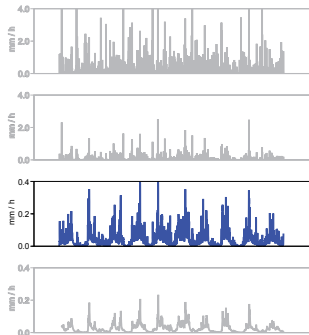
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

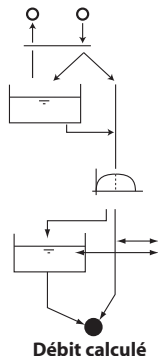
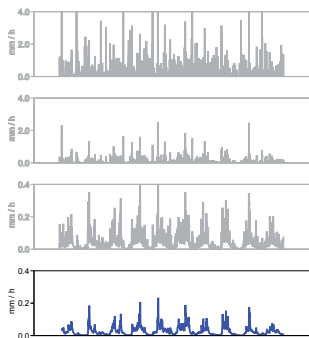
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

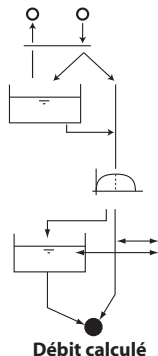
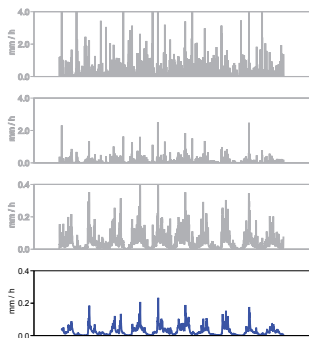
Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydrologique semi-distribué

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

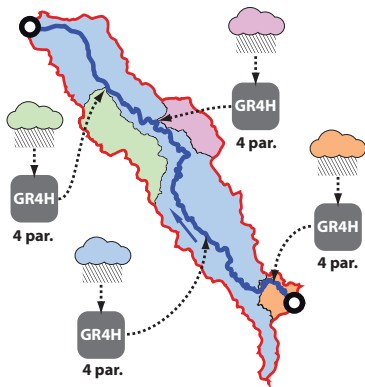
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Modèle pluie-débit GR4H (Mathevet, 2005)
- 4 paramètres
- Plusieurs instances de GR4H appliquées sur N sous-bassins

Modèle hydraulique simplifié

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

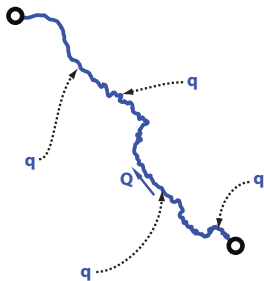
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Dans l'idéal : Résolution numérique des équations de Saint-Venant
- Dans la pratique :
Manque de données géométriques
Complexité du calage
- Onde diffusante linéarisée (Hayami, 1951)
- 2 paramètres constants sur l'ensemble du tronçon (seul C est conservé)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) - D \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial x} \right) = 0$$

Modèle hydraulique simplifié

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

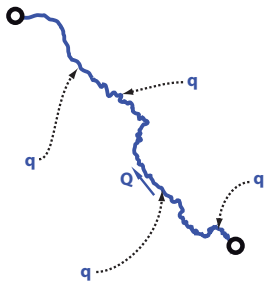
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Dans l'idéal : Résolution numérique des équations de Saint-Venant
- Dans la pratique :
 - Manque de données géométriques
 - Complexité du calage
- Onde diffusante linéarisée (Hayami, 1951)
- 2 paramètres constants sur l'ensemble du tronçon (seul C est conservé)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) - D \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial x} \right) = 0$$

Modèle hydraulique simplifié

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

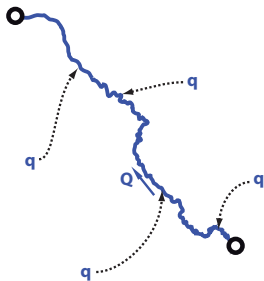
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Dans l'idéal : Résolution numérique des équations de Saint-Venant
- Dans la pratique :
Manque de données géométriques
Complexité du calage
- Onde diffusante linéarisée (Hayami, 1951)
- 2 paramètres constants sur l'ensemble du tronçon (seul C est conservé)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) - D \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial x} \right) = 0$$

Modèle hydraulique simplifié

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

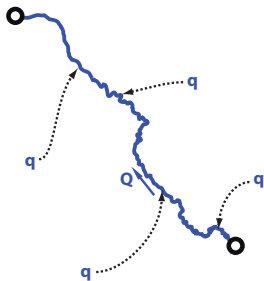
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Dans l'idéal : Résolution numérique des équations de Saint-Venant
- Dans la pratique :
Manque de données géométriques
Complexité du calage
- Onde diffusante linéarisée (Hayami, 1951)
- 2 paramètres constants sur l'ensemble du tronçon (seul C est conservé)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) - D \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial x} \right) = 0$$

Modèle hydraulique simplifié

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

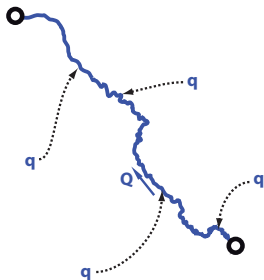
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



- Dans l'idéal : Résolution numérique des équations de Saint-Venant
- Dans la pratique :
Manque de données géométriques
Complexité du calage
- Onde diffusante linéarisée (Hayami, 1951)
- 2 paramètres constants sur l'ensemble du tronçon (seul C est conservé)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) - D \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial x} \right) = 0$$

Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- 1 Contexte
- 2 Echantillon de 50 tronçons de rivières
- 3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique
- 4 Construction et évaluation d'un modèle couplé**
- 5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique
- 6 Conclusions et perspectives

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Objectif

- Identifier une méthode générale pour délimiter les sous-bassins du modèle hydrologique

Contrainte

- Sous-bassins rattachés à 2 types d'injection
 - Ponctuelle
 - Uniformément répartie

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Objectif

- Identifier une méthode générale pour délimiter les sous-bassins du modèle hydrologique

Contrainte

- Sous-bassins rattachés à **2 types d'injection**
 - Ponctuelle
 - Uniformément répartie

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

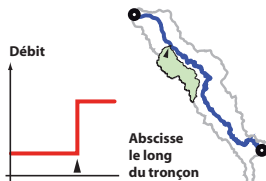
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Objectif

- Identifier une méthode générale pour délimiter les sous-bassins du modèle hydrologique

Contrainte

- Sous-bassins rattachés à **2 types d'injection**
 - Ponctuelle
 - Uniformément répartie

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

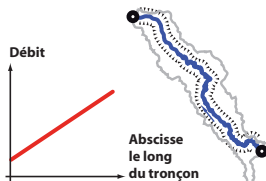
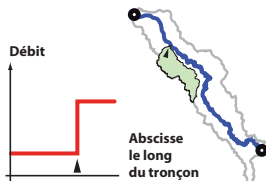
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Objectif

- Identifier une méthode générale pour délimiter les sous-bassins du modèle hydrologique

Contrainte

- Sous-bassins rattachés à **2 types d'injection**
 - Ponctuelle
 - Uniformément répartie

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

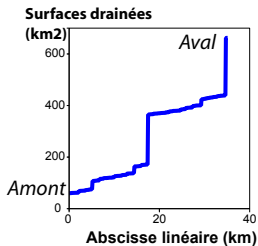
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Données nécessaires

- Courbe des surfaces drainées

Méthode

- 1 Choix d'un nombre d'injections ponctuelles et réparties
- 2 Injections ponctuelles fixées aux confluences
- 3 Minimise l'écart entre les courbes réelle et approchée

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

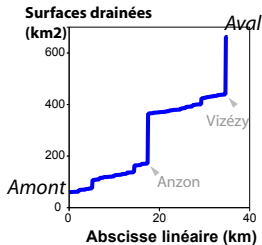
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Données nécessaires

- Courbe des surfaces drainées

Méthode

- 1 Choix d'un nombre d'injections ponctuelles et réparties
- 2 Injections ponctuelles fixées aux confluences
- 3 Minimise l'écart entre les courbes réelle et approchée

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

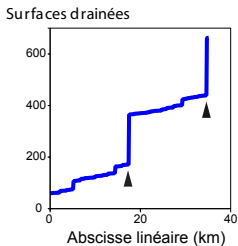
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Données nécessaires

- Courbe des surfaces drainées

Méthode

- 1 Choix d'un nombre d'injections ponctuelles et réparties
- 2 Injections ponctuelles fixées aux confluences
- 3 Minimise l'écart entre les courbes réelle et approchée

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

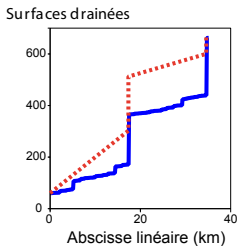
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Données nécessaires

- Courbe des surfaces drainées

Méthode

- 1 Choix d'un nombre d'injections ponctuelles et réparties
- 2 Injections ponctuelles fixées aux confluences
- 3 Minimise l'écart entre les courbes réelle et approchée

Définition des sous-bassins d'apport

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

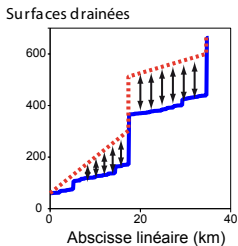
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Données nécessaires

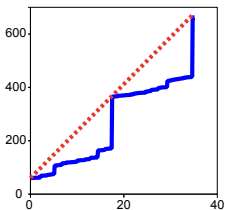
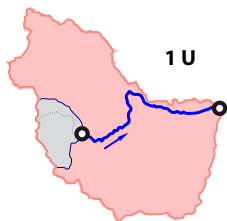
- Courbe des surfaces drainées

Méthode

- 1 Choix d'un nombre d'injections ponctuelles et réparties
- 2 Injections ponctuelles fixées aux confluences
- 3 Minimise l'écart entre les courbes réelle et approchée

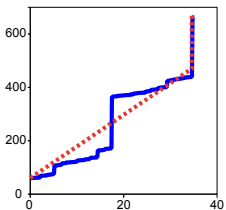
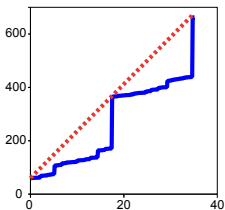
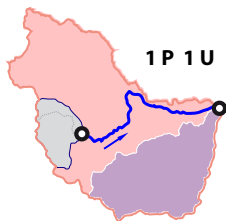
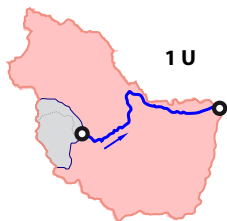
Définition des sous-bassins d'apport

Exemple : le Lignon (Haute-Loire)



Définition des sous-bassins d'apport

Exemple : le Lignon (Haute-Loire)



Définition des sous-bassins d'apport

Exemple : le Lignon (Haute-Loire)

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

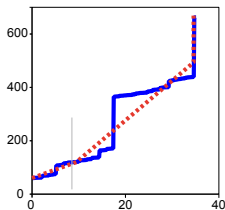
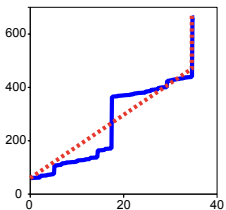
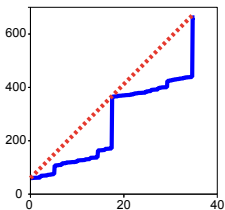
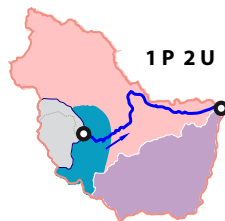
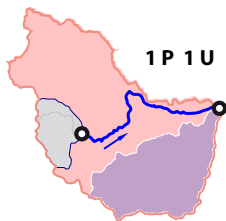
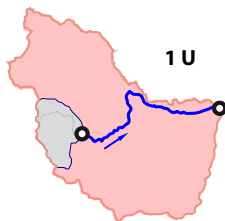
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Calage et contrôle du modèle couplé

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

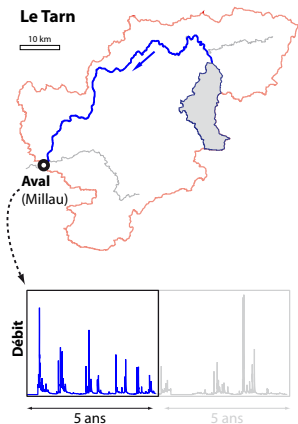
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Calage

- Pendant une période de 5 ans
- Sur les débits aval

Contrôle

- Pendant une période de 5 ans indépendante
- Porte sur les débits à l'aval et à l'intérieur du tronçon

La qualité des simulations à l'aval ne présage pas de celle sur les points intérieurs

Calage et contrôle du modèle couplé

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

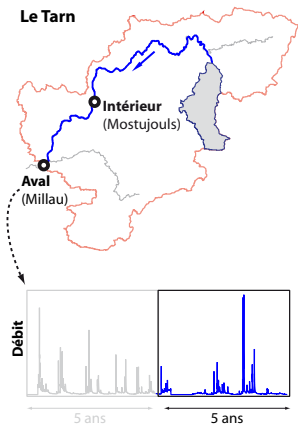
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Calage

- Pendant une période de 5 ans
- Sur les débits aval

Contrôle

- Pendant une période de 5 ans indépendante
- Porte sur les débits à l'aval et à l'intérieur du tronçon

La qualité des simulations à l'aval ne présage pas de celle sur les points intérieurs

Calage et contrôle du modèle couplé

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

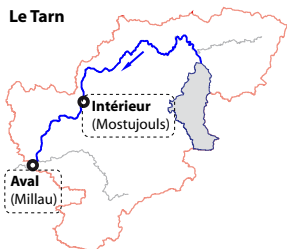
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Calage

- Pendant une période de 5 ans
- Sur les débits aval

Contrôle

- Pendant une période de 5 ans indépendante
- Porte sur les débits à l'aval et **à l'intérieur du tronçon**

La qualité des simulations à l'aval ne présage pas de celle sur les points intérieurs

Calage et contrôle du modèle couplé

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

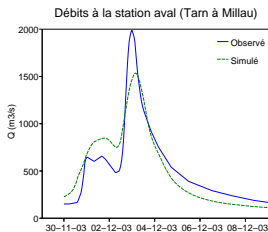
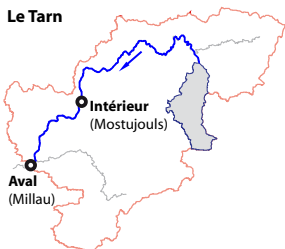
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Calage

- Pendant une période de 5 ans
- Sur les débits aval

Contrôle

- Pendant une période de 5 ans indépendante
- Porte sur les débits à l'aval et **à l'intérieur du tronçon**

La qualité des simulations à l'aval ne présage pas de celle sur les points intérieurs

Calage et contrôle du modèle couplé

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

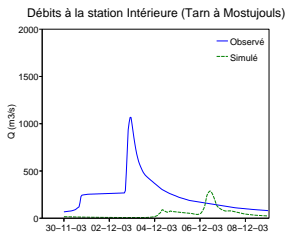
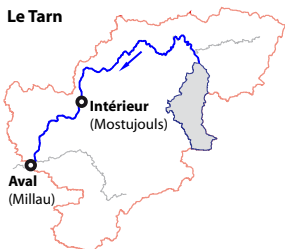
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Calage

- Pendant une période de 5 ans
- Sur les débits aval

Contrôle

- Pendant une période de 5 ans indépendante
- Porte sur les débits à l'aval et **à l'intérieur du tronçon**

La qualité des simulations à l'aval ne présage pas de celle sur les points intérieurs

Evaluation des performances

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$RE(M|REF) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_t (Q_t^M - Q_t)^2}{\sum_t (Q_t^{REF} - Q_t)^2}}$$

Q_t : débits observés

Q_t^{REF} : simulation de référence

Q_t^M : simulation alternative

- Modèle de référence
 - Modèle à 4 sous-bassins
 - Pluies et paramètres homogènes

Evaluation des performances

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$RE(M|REF) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_t (Q_t^M - Q_t)^2}{\sum_t (Q_t^{REF} - Q_t)^2}}$$

Q_t : débits observés

Q_t^{REF} : simulation de référence

Q_t^M : simulation alternative

- Modèle de référence
 - Modèle à 4 sous-bassins
 - Pluies et paramètres homogènes

Evaluation des performances

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle

Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

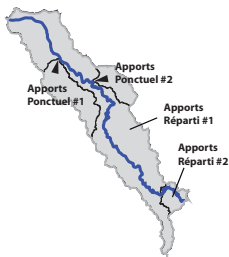
Conclusions

$$RE(M|REF) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_t (Q_t^M - Q_t)^2}{\sum_t (Q_t^{REF} - Q_t)^2}}$$

Q_t : débits observés

Q_t^{REF} : simulation de référence

Q_t^M : simulation alternative



■ Modèle de référence

- Modèle à 4 sous-bassins
- Pluies et paramètres homogènes

Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

- 1 Contexte
- 2 Echantillon de 50 tronçons de rivières
- 3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique
- 4 Construction et évaluation d'un modèle couplé
- 5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique
- 6 Conclusions et perspectives

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

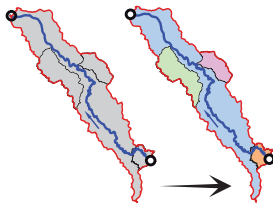
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Objectif

Recherche de la configuration spatiale la plus efficace avec une complexité minimale

Enjeux

Compromis entre...

- un modèle simple
 - Besoins limités en données pluviométriques
 - Faible nombre de paramètres
- un modèle complexe
 - Meilleure reproduction de la variabilité spatiale
 - Amélioration des performances ?

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

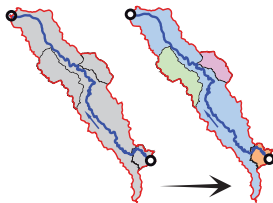
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Objectif

Recherche de la configuration spatiale la plus efficace avec une complexité minimale

Enjeux

Compromis entre...

- un modèle simple
 - Besoins limités en données pluviométriques
 - Faible nombre de paramètres
- un modèle complexe
 - Meilleure reproduction de la variabilité spatiale
 - Amélioration des performances ?

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

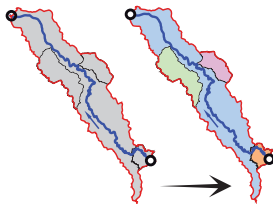
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Objectif

Recherche de la configuration spatiale la plus efficace avec une complexité minimale

Enjeux

Compromis entre...

- un modèle simple
 - Besoins limités en données pluviométriques
 - Faible nombre de paramètres
- un modèle complexe
 - Meilleure reproduction de la variabilité spatiale
 - Amélioration des performances ?

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Méthode

- Variations dans le raffinement spatial du modèle hydrologique
 - Nombre et type des sous-bassins d'apport
 - Pluies homogènes/distribuées
 - Paramètres homogènes/distribués
- Comparaison des simulations sur les points intérieurs

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

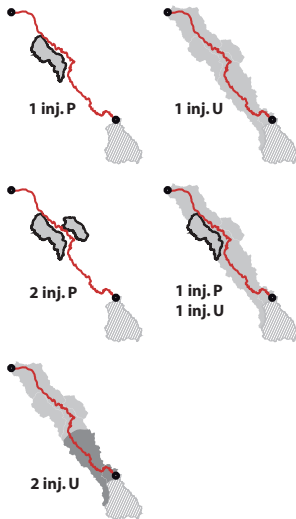
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Méthode

- Variations dans le raffinement spatial du modèle hydrologique
 - Nombre et type des sous-bassins d'apport
 - Pluies homogènes/distribuées
 - Paramètres homogènes/distribués
- Comparaison des simulations sur les points intérieurs

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

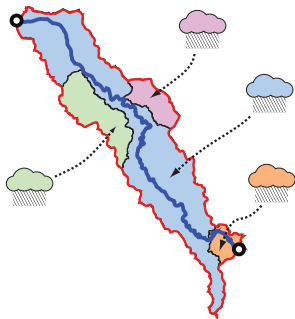
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Méthode



- Variations dans le raffinement spatial du modèle hydrologique
 - Nombre et type des sous-bassins d'apport
 - Pluies homogènes/distribuées
 - Paramètres homogènes/distribués
- Comparaison des simulations sur les points intérieurs

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

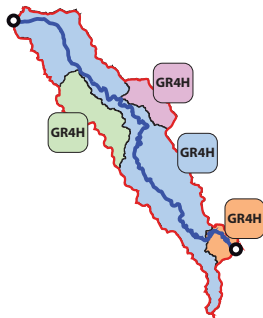
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Méthode



- Variations dans le raffinement spatial du modèle hydrologique
 - Nombre et type des sous-bassins d'apport
 - Pluies homogènes/distribuées
 - Paramètres homogènes/distribués
- Comparaison des simulations sur les points intérieurs

Spatialisation du modèle hydrologique

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

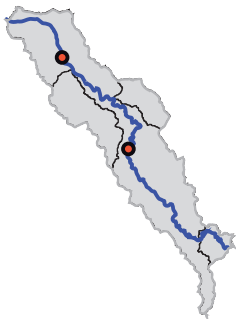
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Méthode



- Variations dans le raffinement spatial du modèle hydrologique
 - Nombre et type des sous-bassins d'apport
 - Pluies homogènes/distribuées
 - Paramètres homogènes/distribués
- Comparaison des simulations sur les points intérieurs

Spatialisation des injections latérales

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections

Pluies
Paramètres

Conclusions

Nombre et type des
sous-bassins

Résultat

- Absence d'amélioration sensible au delà de 4 apports
- Intérêt de combiner les deux types d'apport

Spatialisation des injections latérales

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

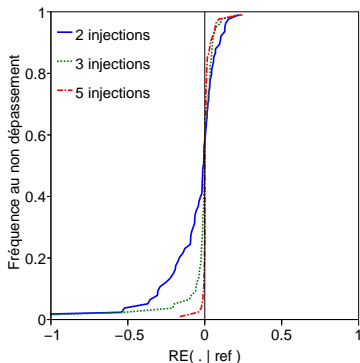
Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Contrôle sur les stations intérieures



Nombre et type des sous-bassins

Résultat

- Absence d'amélioration sensible au delà de 4 apports
- Intérêt de combiner les deux types d'apport

← Modèle moins performant que ref | Modèle plus performant que ref →

Spatialisation des injections latérales

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

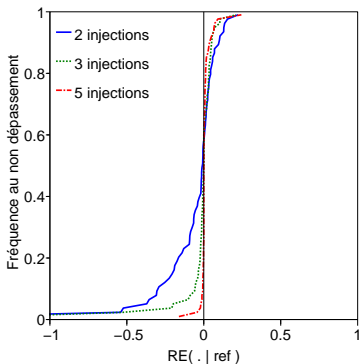
Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Contrôle sur les stations intérieures



Nombre et type des sous-bassins

Résultat

- Absence d'amélioration sensible au delà de 4 apports
- Intérêt de combiner les deux types d'apport

← Modèle moins performant que ref | Modèle plus performant que ref →

Spatialisation des injections latérales

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

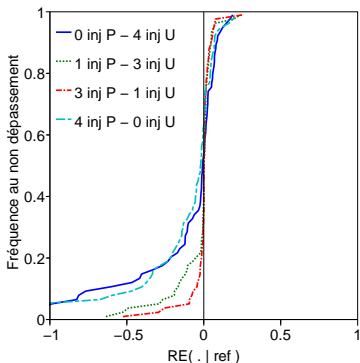
Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Contrôle sur les stations intérieures



← Modèle moins performant que ref Modèle plus performant que ref →

Nombre et type des sous-bassins

Résultat

- Absence d'amélioration sensible au delà de 4 apports
- Intérêt de combiner les deux types d'apport

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Pluies
homogènes/distribuées

Résultat

- Pas de gain significatif amené par la distribution des pluies
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

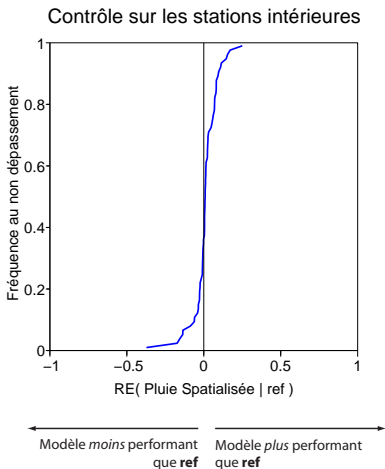
Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Pluies
homogènes/distribuées

Résultat

- Pas de gain significatif amené par la distribution des pluies
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

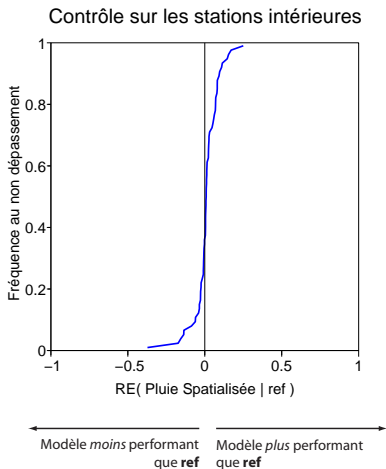
Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Pluies
homogènes/distribuées

Résultat

- Pas de gain significatif amené par la distribution des pluies
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

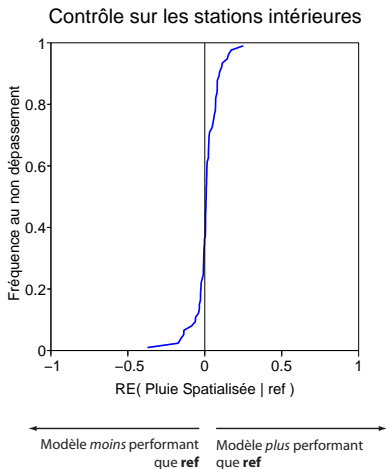
Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions



Pluies
homogènes/distribuées

Résultat

- Pas de gain significatif amené par la distribution des pluies
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_j = \overline{|P_j - P|}_{P_j > 5mm}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_j}{\sum_{i \in I} S_i}$$

Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

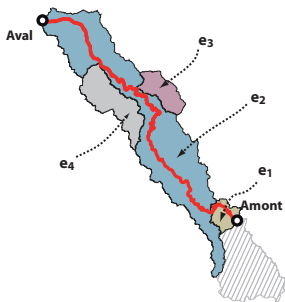
Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_j = \overline{|P_i - P|_{P_j > 5mm}}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_j}{\sum_{i \in I} S_i}$$



Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

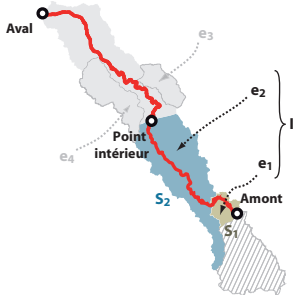
Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_j = \overline{|P_i - P|_{P_j > 5mm}}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_j}{\sum_{i \in I} S_i}$$



Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

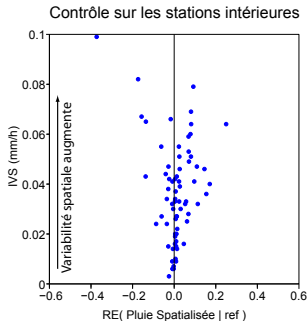
Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_i = \overline{|P_i - P|_{PJ > 5mm}}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_i}{\sum_{i \in I} S_i}$$



Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

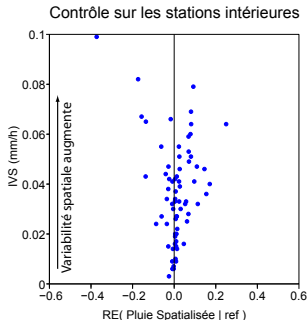
Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_i = \overline{|P_i - P|_{PJ > 5mm}}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_i}{\sum_{i \in I} S_i}$$



Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

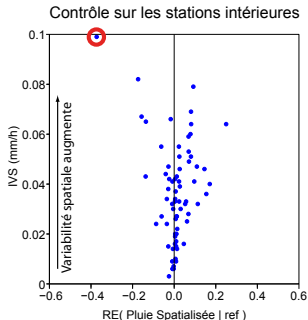
Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_i = \overline{|P_i - P|_{PJ > 5mm}}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_i}{\sum_{i \in I} S_i}$$



Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des pluies

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

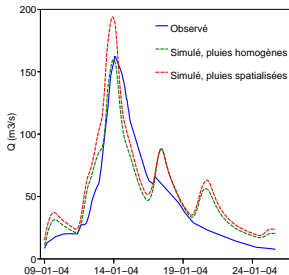
Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

$$e_i = \overline{|P_i - P|_{PJ > 5mm}}$$

$$IVS = \frac{\sum_{i \in I} S_i \times e_i}{\sum_{i \in I} S_i}$$

Débits à la station Intérieure (Doubs à Ville-sur-Pont)



Pluies

homogènes/distribuées

Indice de variabilité spatiale

- 1 Calcul de l'écart entre la pluie homogène et la pluie distribuée sur chaque sous-bassin
- 2 Calcul de l'indice IVS pour chaque point intérieur

Résultat

IVS offre un premier diagnostic concernant l'intérêt de la spatialisation des pluies

Spatialisation des paramètres

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Paramètres

homogènes/distribuées

- 4 paramètres dans GR4H
- Essai de spatialisation d'**1 seul paramètre**

Résultat

- Léger intérêt de la spatialisation du paramètre de délai
- Gains et **pertes** importants sur certains tronçons

Spatialisation des paramètres

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

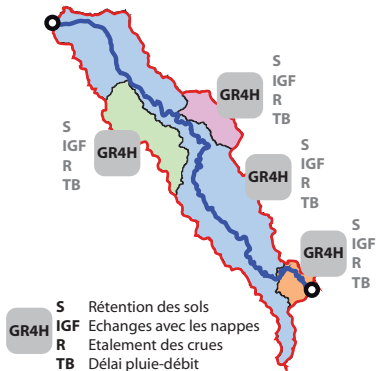
Injections
Pluies

Paramètres

Conclusions

Paramètres

homogènes/distribuées



- 4 paramètres dans GR4H

- Essai de spatialisation d'1 seul paramètre

Résultat

- Léger intérêt de la spatialisation du paramètre de délai
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des paramètres

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

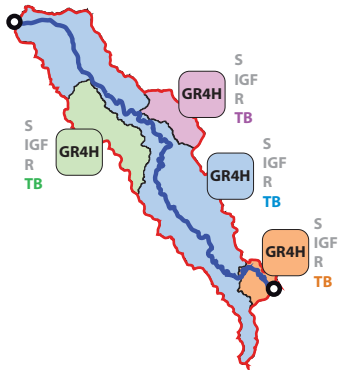
Injections
Pluies

Paramètres

Conclusions

Paramètres

homogènes/distribuées



- 4 paramètres dans GR4H
- Essai de spatialisation d'1 seul paramètre

Résultat

- Léger intérêt de la spatialisation du paramètre de délai
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des paramètres

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

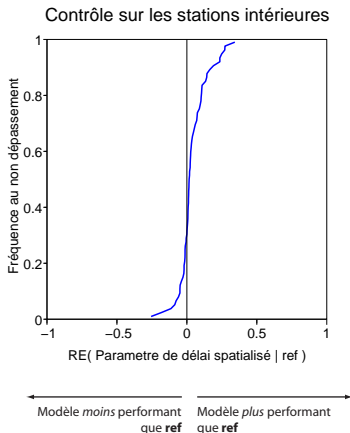
Injections
Pluies

Paramètres

Conclusions

Paramètres

homogènes/distribuées



- 4 paramètres dans GR4H
- Essai de spatialisation d'1 seul paramètre

Résultat

- Léger intérêt de la spatialisation du paramètre de délai
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des paramètres

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

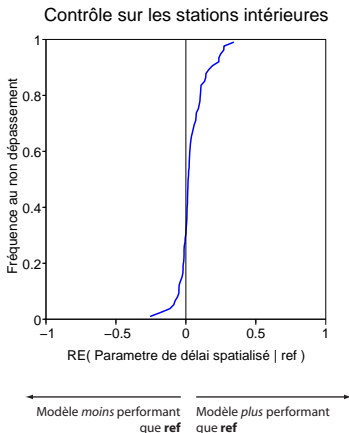
Injections
Pluies

Paramètres

Conclusions

Paramètres

homogènes/distribuées



- 4 paramètres dans GR4H
- Essai de spatialisation d'1 seul paramètre

Résultat

- Léger intérêt de la spatialisation du paramètre de délai
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Spatialisation des paramètres

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

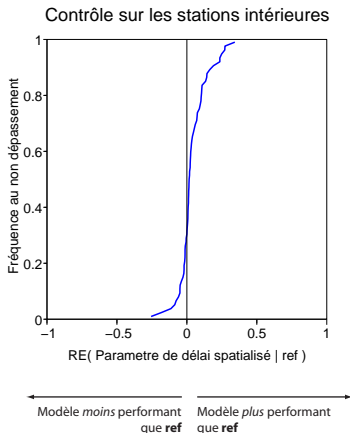
Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Paramètres
homogènes/distribuées



- 4 paramètres dans GR4H
- Essai de spatialisation d'1 seul paramètre

Résultat

- Léger intérêt de la spatialisation du paramètre de délai
- Gains et pertes importants sur certains tronçons

Plan de la présentation

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

1 Contexte

2 Echantillon de 50 tronçons de rivières

3 Modèle couplé Hydrologie/hydraulique

4 Construction et évaluation d'un modèle couplé

5 Impact de la spatialisation du modèle hydrologique

6 Conclusions et perspectives

► Annexes

Conclusions

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?

Contrôle des simulations hors des points de calage (points intérieurs)

- Niveau d'exigence plus élevé que sur l'aval
- Distinction de solutions de modélisation
indiscernables à l'aval

Méthode de découpage en sous-bassins versants

- Simplicité de mise en œuvre
- Méthode reproductible sur un grand nombre de bassins

Conclusions

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?

Contrôle des simulations hors des points de calage (points intérieurs)

- Niveau d'exigence plus élevé que sur l'aval
- Distinction de solutions de modélisation
indiscernables à l'aval

Méthode de découpage en sous-bassins versants

- Simplicité de mise en œuvre
- Méthode reproductible sur un grand nombre de bassins

Conclusions

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Quelle démarche pour construire un modèle couplé performant et robuste ?

Contrôle des simulations hors des points de calage (points intérieurs)

- Niveau d'exigence plus élevé que sur l'aval
- Distinction de solutions de modélisation
indiscernables à l'aval

Méthode de découpage en sous-bassins versants

- Simplicité de mise en œuvre
- Méthode reproductible sur un grand nombre de bassins

Conclusions

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Cont rôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Quelle niveau de complexité doit-on retenir pour le modèle hydrologique ?

Résolution spatiale du modèle hydrologique

- Stagnation des performances au-delà de 4 sous-bassins d'apports
- Association d'apports latéraux uniformément répartis et ponctuels
- Absence de gain significatif amené par la spatialisation des pluies et des paramètres

Conclusions

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Quelle niveau de complexité doit-on retenir pour le modèle hydrologique ?

Résolution spatiale du modèle hydrologique

- Stagnation des performances au-delà de 4 sous-bassins d'apports
- Association d'apports latéraux uniformément répartis et ponctuels
- Absence de gain significatif amené par la spatialisation des pluies et des paramètres

Perspectives

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Pistes de développement (travaux non présentés)

- Abandon du modèle hydraulique simplifié d'Hayami pour des modèles plus robustes (Lag&Route)
- Simplifications envisageables dans la structure de GR4H
- Transposition du débit issu d'un bassin voisin pour calculer les apports latéraux

Perspectives

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Modèle couplé hydrologie/hydraulique pour la prévision des crues

- Travail complémentaire nécessaire sur l'assimilation de données en temps réel

Contexte

Inondations
Etat de l'art
Objectifs

Echantillon

Modèle couplé

Construction

Sous-bassins
Calage-Contrôle
Performances

Spatialisation

Injections
Pluies
Paramètres

Conclusions

Quels apports hydrologiques pour les modèles hydrauliques? Vers un modèle intégré de simulation des crues

Julien Lerat

Université Pierre et Marie Curie
Ecole Doctorale Géosciences et Ressources Naturelles
Thèse préparée au Cemagref - Unité HBAN / UMR G-EAU

27 avril 2009

► Annexes

Bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Question

- Evaluation des termes du bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire des 50 tronçons

Réponse

- Calcul des différents termes :
 - Pluie annuelle moyenne sur le bv intermédiaire
 - Evapotranspiration potentielle annuelle moyenne
 - Module du débit produit par le bv intermédiaire

Bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Question

- Evaluation des termes du bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire des 50 tronçons

Réponse

- Calcul des différents termes :
 - Pluie annuelle moyenne sur le bv intermédiaire
 - Evapotranspiration potentielle annuelle moyenne
 - Module du débit produit par le bv intermédiaire

Bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire

Question

- Evaluation des termes du bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire des 50 tronçons

Réponse

- Calcul des différents termes :
 - Pluie annuelle moyenne sur le bv intermédiaire
 - Evapotranspiration potentielle annuelle moyenne
 - Module du débit produit par le bv intermédiaire

Bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Question

- Evaluation des termes du bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire des 50 tronçons

Réponse

- Calcul des différents termes :
 - Pluie annuelle moyenne sur le bv intermédiaire
 - Evapotranpiration potentielle annuelle moyenne
 - Module du débit produit par le bv intermédiaire

Bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire

Question

- Evaluation des termes du bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire des 50 tronçons

Réponse

- Calcul des différents termes :
 - Pluie annuelle moyenne sur le bv intermédiaire
 - Evapotranspiration potentielle annuelle moyenne
 - Module du débit produit par le bv intermédiaire

Bilan hydrologique sur le bassin intermédiaire

Annexes

Bilan

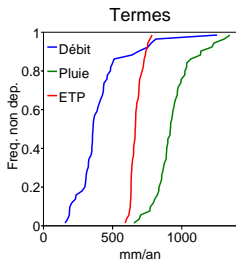
Hydraulique

Mediane

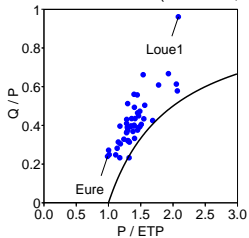
Modele

Distribué

Références



Bilan adimensionnel (Lemoine, 2008)



Pas de temps et d'espace dans les simulations hydrauliques

Contexte

- Comparaison théorique entre un modèle hydraulique simplifié et complet
- Modèle complet : pas d'espace de 200 m et pas de temps de 5 minutes

Question

- Influence des pas de temps et d'espace sur les simulations hydrauliques

Pas de temps et d'espace dans les simulations hydrauliques

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Contexte

- Comparaison théorique entre un modèle hydraulique simplifié et complet
- Modèle complet : pas d'espace de 200 m et pas de temps de 5 minutes

Question

- Influence des pas de temps et d'espace sur les simulations hydrauliques

Pas de temps et d'espace dans les simulations hydrauliques

Contexte

- Comparaison théorique entre un modèle hydraulique simplifié et complet
- Modèle complet : pas d'espace de 200 m et pas de temps de 5 minutes

Question

- Influence des pas de temps et d'espace sur les simulations hydrauliques

Pas de temps et d'espace dans les simulations hydrauliques

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Réponse

- Essai de 3 pas de temps sur la simulation présentant le critère de Courant le plus élevé

Pas de temps et d'espace dans les simulations hydrauliques

Annexes

Bilan

Hydraulique

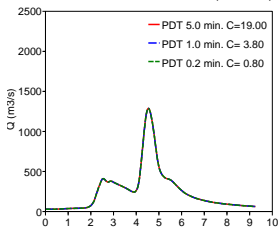
Mediane

Modele

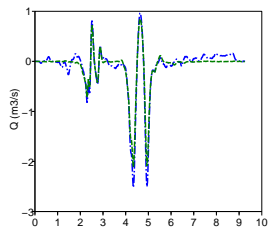
Distribué

Références

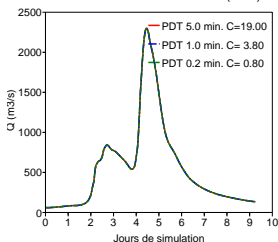
Simulations SIC sur le Tarn (Intérieur)



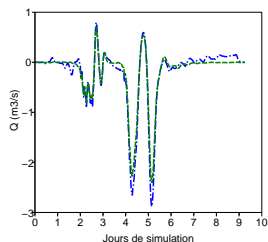
Ecart avec la simulation PDT 5 min.



Simulations SIC sur le Tarn (Aval)



Ecart avec la simulation PDT 5 min.



Valeur médiane et moyenne de la distribution de RE

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Question

- Pour évaluer les performances sur l'ensemble de l'échantillon faut-il utiliser la moyenne ou la médiane ?

Réponse

- Préférable d'analyser l'ensemble de la distribution
- L'emploi de l'une ou l'autre statistique ne changerait pas les conclusions

Valeur médiane et moyenne de la distribution de RE

Question

- Pour évaluer les performances sur l'ensemble de l'échantillon faut-il utiliser la moyenne ou la médiane ?

Réponse

- Préférable d'analyser l'ensemble de la distribution
- L'emploi de l'une ou l'autre statistique ne changerait pas les conclusions

Valeur médiane et moyenne de la distribution de RE

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Question

- Pour évaluer les performances sur l'ensemble de l'échantillon faut-il utiliser la moyenne ou la médiane ?

Réponse

- Préférable d'analyser l'ensemble de la distribution
- L'emploi de l'une ou l'autre statistique ne changerait pas les conclusions

Valeur médiane et moyenne de la distribution de RE

Annexes

Bilan

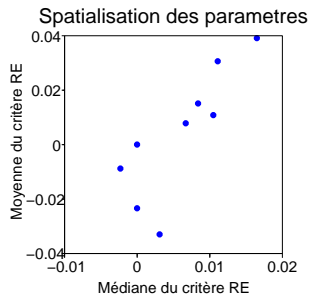
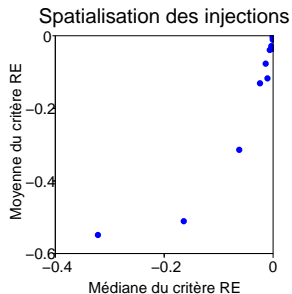
Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références



Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Question

- Pourquoi ne pas avoir utilisé un modèle distribué pour calculer les apports latéraux ?

Réponse

- Donne des résultats équivalents à un modèle global :
 - Comparaison entre les modèles GR4J et SIM (Bourqui, 2008)
 - Projet DMIP 1 (Reed et al., 2004)
- Difficulté d'une application sur 50 bassins
- Peu compatible avec les applications d'ingénierie classiques

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Question

- Pourquoi ne pas avoir utilisé un modèle distribué pour calculer les apports latéraux ?

Réponse

- Donne des résultats équivalents à un modèle global :
 - Comparaison entre les modèles GR4J et SIM (Bourqui, 2008)
 - Projet DMIP 1 (Reed et al., 2004)
- Difficulté d'une application sur 50 bassins
- Peu compatible avec les applications d'ingénierie classiques

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Question

- Pourquoi ne pas avoir utilisé un modèle distribué pour calculer les apports latéraux ?

Réponse

- Donne des résultats équivalents à un modèle global :
 - Comparaison entre les modèles GR4J et SIM (Bourqui, 2008)
 - Projet DMIP 1 (Reed et al., 2004)
 - Difficulté d'une application sur 50 bassins
 - Peu compatible avec les applications d'ingénierie classiques

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Question

- Pourquoi ne pas avoir utilisé un modèle distribué pour calculer les apports latéraux ?

Réponse

- Donne des résultats équivalents à un modèle global :
 - Comparaison entre les modèles GR4J et SIM (Bourqui, 2008)
 - Projet DMIP 1 (Reed et al., 2004)
- Difficulté d'une application sur 50 bassins
- Peu compatible avec les applications d'ingénierie classiques

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Question

- Pourquoi ne pas avoir utilisé un modèle distribué pour calculer les apports latéraux ?

Réponse

- Donne des résultats équivalents à un modèle global :
 - Comparaison entre les modèles GR4J et SIM (Bourqui, 2008)
 - Projet DMIP 1 (Reed et al., 2004)
- Difficulté d'une application sur 50 bassins
- Peu compatible avec les applications d'ingénierie classiques

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Question

- Pourquoi ne pas avoir utilisé un modèle distribué pour calculer les apports latéraux ?

Réponse

- Donne des résultats équivalents à un modèle global :
 - Comparaison entre les modèles GR4J et SIM (Bourqui, 2008)
 - Projet DMIP 1 (Reed et al., 2004)
- Difficulté d'une application sur 50 bassins
- Peu compatible avec les applications d'ingénierie classiques

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

**Modele
Distribué**

Références

Le projet DMIP 2 (Smith et al., 2009)

- Comparaison entre des modèles hydrologiques globaux et distribués
- Organisée par le National Weather Service
- Application sur 5 bassins versants
Contrôle sur 21 stations hydrométriques
- Participation internationale

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

**Modele
Distribué**

Références

Le projet DMIP 2 (Smith et al., 2009)

- Comparaison entre des modèles hydrologiques globaux et distribués
- Organisée par le National Weather Service
- Application sur 5 bassins versants
Contrôle sur 21 stations hydrométriques
- Participation internationale

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

**Modele
Distribué**

Références

Le projet DMIP 2 (Smith et al., 2009)

- Comparaison entre des modèles hydrologiques globaux et distribués
- Organisée par le National Weather Service
- Application sur 5 bassins versants
Contrôle sur 21 stations hydrométriques
- Participation internationale

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Annexes

Bilan

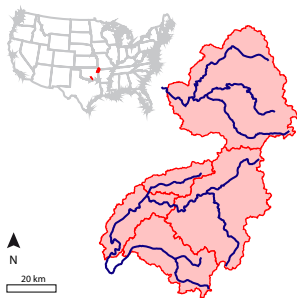
Hydraulique

Mediane

Modele
Distribué

Références

Le projet DMIP 2 (Smith et al., 2009)



- Comparaison entre des modèles hydrologiques globaux et distribués
- Organisée par le National Weather Service
- Application sur 5 bassins versants
Contrôle sur 21 stations hydrométriques
- Participation internationale

Utilisation d'un modèle hydrologique distribué pour calculer les apports

Annexes

Bilan

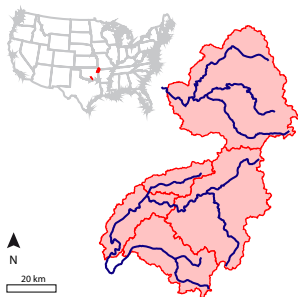
Hydraulique

Mediane

Modele
Distribué

Références

Le projet DMIP 2 (Smith et al., 2009)



- Comparaison entre des modèles hydrologiques globaux et distribués
- Organisée par le National Weather Service
- Application sur 5 bassins versants
Contrôle sur 21 stations hydrométriques
- Participation internationale

Références I

- Bourqui, M. (2008). *Impact de la variabilité spatiale des précipitations sur les performances des modèles hydrologiques*. Thèse de doctorat, ENGREF.
- Hayami, S. (1951). On the propagation of flood waves. *Bulletin, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan*, 1.
- Mathevet, T. (2005). *Quels modèles pluie-débit globaux au pas de temps horaire ? Développements empiriques et comparaison de modèles sur un large échantillon de bassins*. Thèse de doctorat, ENGREF.
- Reed, S., Koren, V., Smith, M., Zhang, Z., Moreda, F. et Seo, D.-J. (2004). Overall distributed model intercomparison project results. *J. Hydrol.*, 298(1-4):27–60.

Références II

Annexes

Bilan

Hydraulique

Mediane

Modele

Distribué

Références

Refsgaard, J. (1997). Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models. *J. Hydrol.*, 198(1-4):69–97.

Smith, M., Koren, V., Reed, S., Zhang, Z., Zhang, Y., Moreda, F., Cui, Z., Mizukami, N. et Sheldon, S. (2009). The distributed model intercomparison project : Phase 2 motivation and experiment design. *J. Hydrol.*, in press.