

FORUM SUR L'UTILISATION DES OBSERVATIONS PAR RADARS HYDROMETEOROLOGIQUES

24 novembre 2011

Prévisions de crues rapides dans le Sud-Est de la France

*C. Sorbet, V. Pourret,
M. Veysseire, B. Vincendon*

Météo France – Direction de la Production /
Services / Bureau d'Etudes et Consultance

- ✓ Introduction
- ✓ Le projet SAFER
- ✓ Le contexte des crues-éclair
- ✓ Le modèle de prévision hydrométéorologique
- ✓ Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011
- ✓ Conclusion et perspectives

Introduction

✓ **Le projet SAFER**

Le contexte des crues-éclair

Le modèle de prévision hydrométéorologique

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011

Conclusion et perspectives

Le projet européen SAFER

- **Changement Climatique** → catastrophes naturelles et humanitaires
= > développer nos capacités à répondre en urgence à ces événements



SAFER and GMES Emergency Response Core Service:
One step closer to full-scale operational deployment

David HELLO, SAFER project coordinator - Infoterra France



safer



- **SAFER : Services and Applications For Emergency Response**

- projet EC/FP7 – programme GMES
- Durée : 3 ans (Début Janvier 2009)
- Budget: 40 M€. Subv. CE: 27 M€
- Supervisé par Infoterra France

- **Objectif** : développer et valider une version préopérationnelle du GMES Emergency Response Core Service (ERCS)

- Système opérationnel orienté utilisateur
- Priorité donnée à une diffusion graphique rapide des informations
- Information complète (pré- et post-)
- Service de bout en bout

Introduction

Le projet SAFER

✓ **Le contexte des crues-éclair**

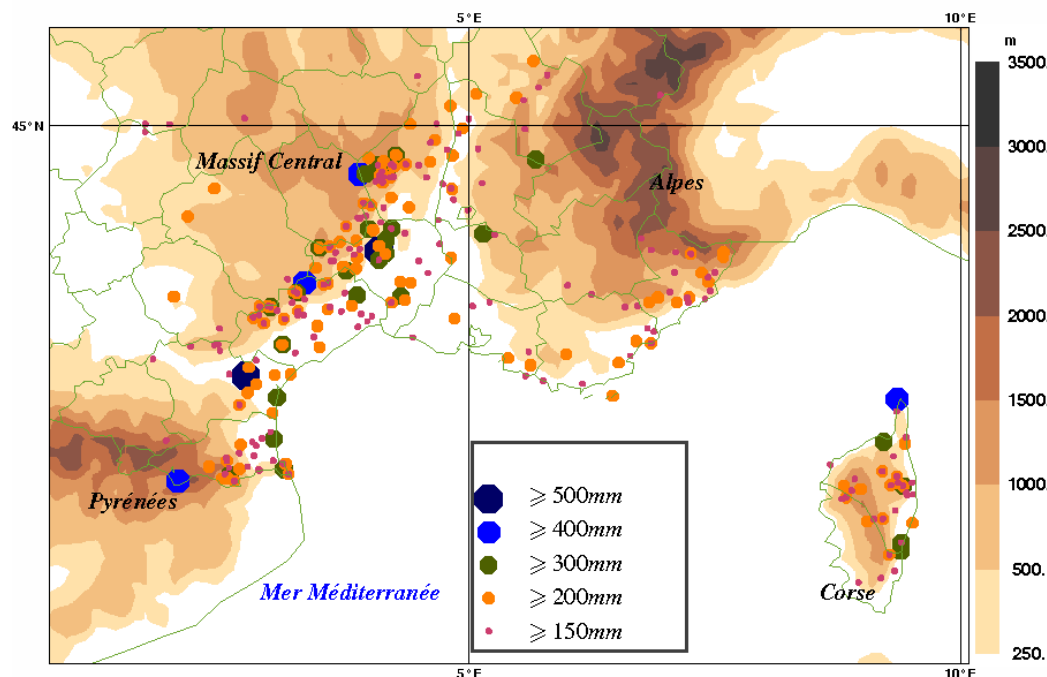
Le modèle de prévision hydrométéorologique

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011

Conclusion et perspectives

Contexte des crues-éclair

- Projets européens successifs : alerte / risque (PREVIEW - SAFER)
- Crues rapides dévastatrices et meurtrières
- Phénomènes météorologiques intenses



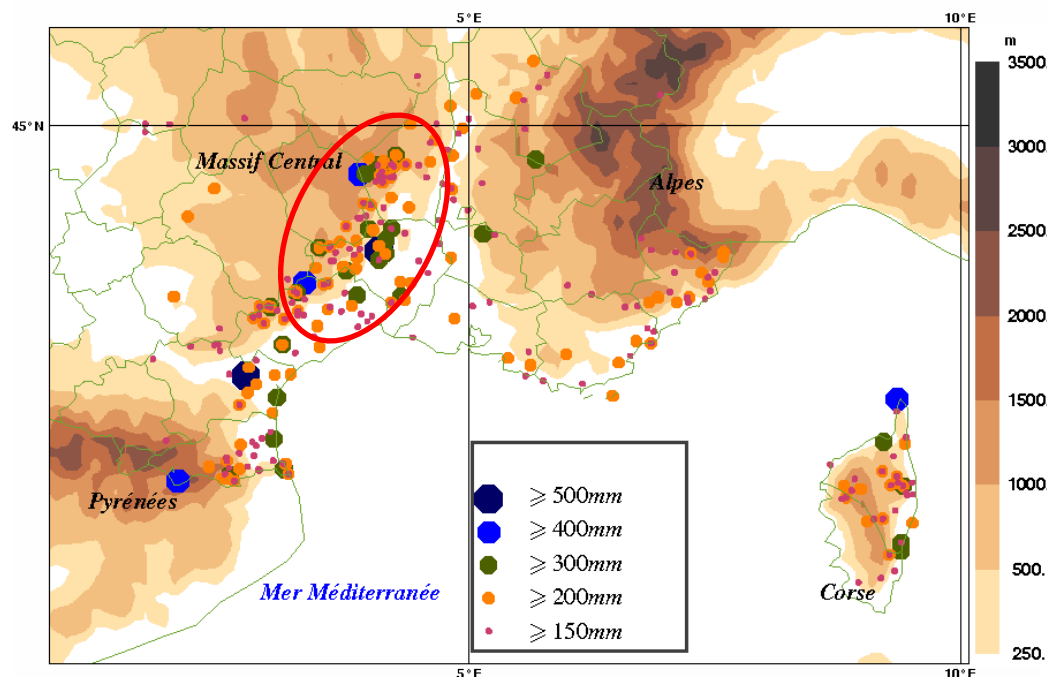
Localisation des maxima de précipitations
(cumul 24h) sur la période 1967-2006
(Boudevillain *et al.*, 2009)



Avant vs Pendant une crue à
Vallon Pont d'Arc (Ardèche)

Contexte des crues-éclair

- Projets européens successifs : alerte / risque (PREVIEW - SAFER)
- Crues rapides dévastatrices et meurtrières
- Phénomènes météorologiques intenses
- Fréquence importante sur le Sud-Est de la France



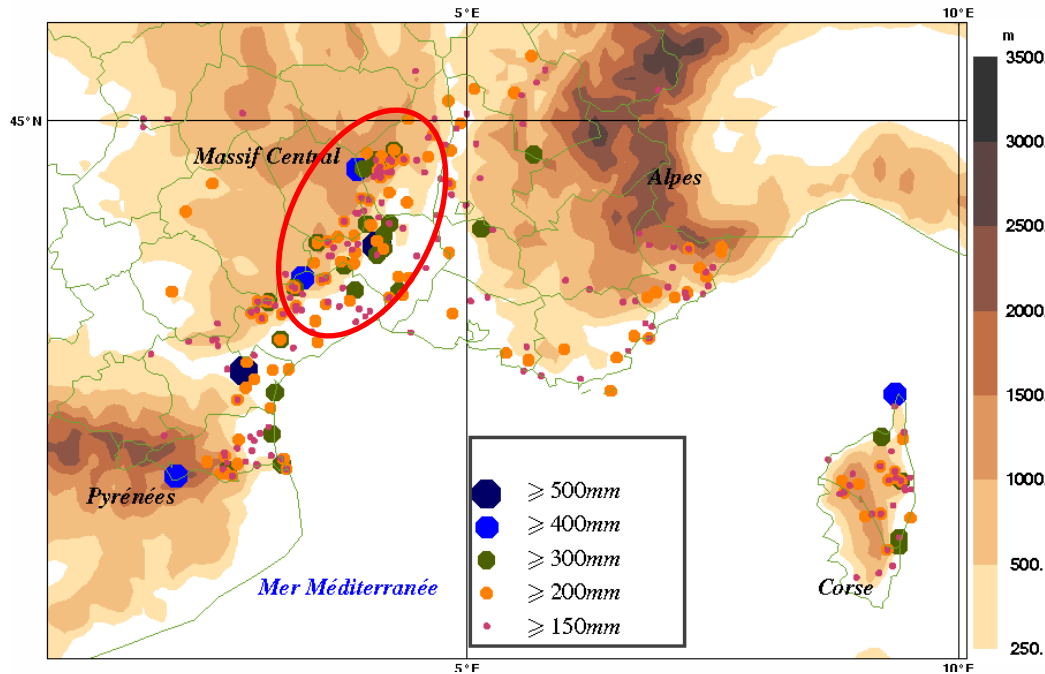
Localisation des maxima de précipitations
(cumul 24h) sur la période 1967-2006
(Boudevillain *et al.*, 2009)



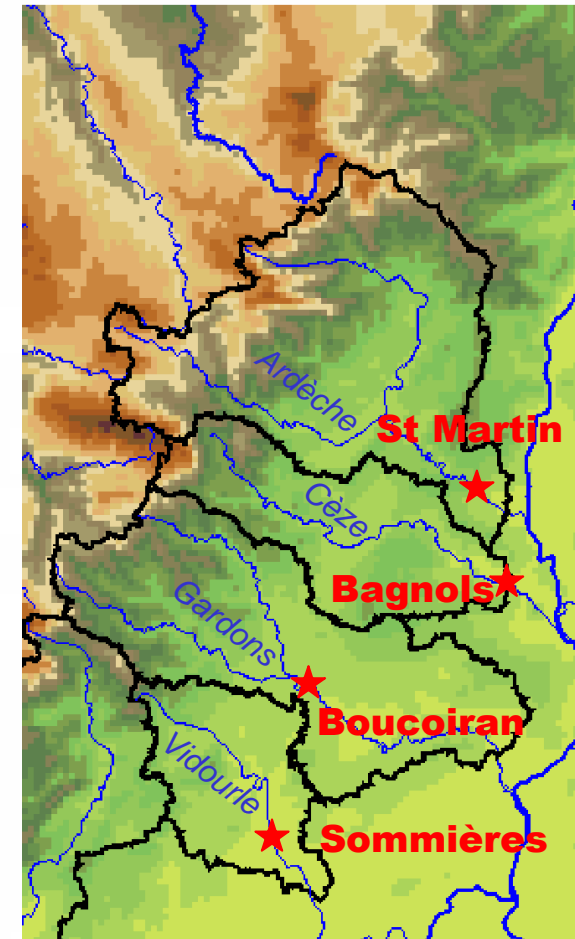
Avant vs Pendant une crue à
Vallon Pont d'Arc (Ardèche)

Contexte des crues-éclair

- Projets européens successifs : alerte / risque (PREVIEW - SAFER)
- Crues rapides dévastatrices et meurtrières
- Phénomènes météorologiques intenses
- Fréquence importante sur le Sud-Est de la France
- Système de prévisions des crues sur la région Cévennes-Vivarais : ISBA/TOPMODEL



Localisation des maxima de précipitations
(cumul 24h) sur la période 1967-2006
(Boudevillain *et al.*, 2009)



Bassins versants principaux et
exutoires respectifs

Introduction

Le projet SAFER

Le contexte des crues-éclair

✓ **Le modèle de prévision hydrométéorologique (HM)**

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011

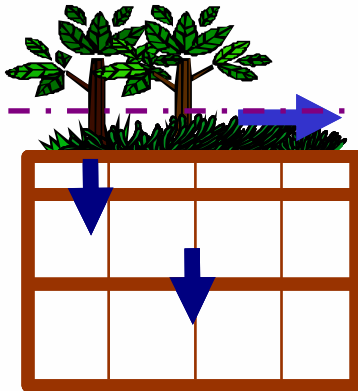
Conclusion et perspectives

Le modèle de prévision hydrométéorologique (1)

Schéma de surface

ISBA [3-L]
(1km; 15 min.)

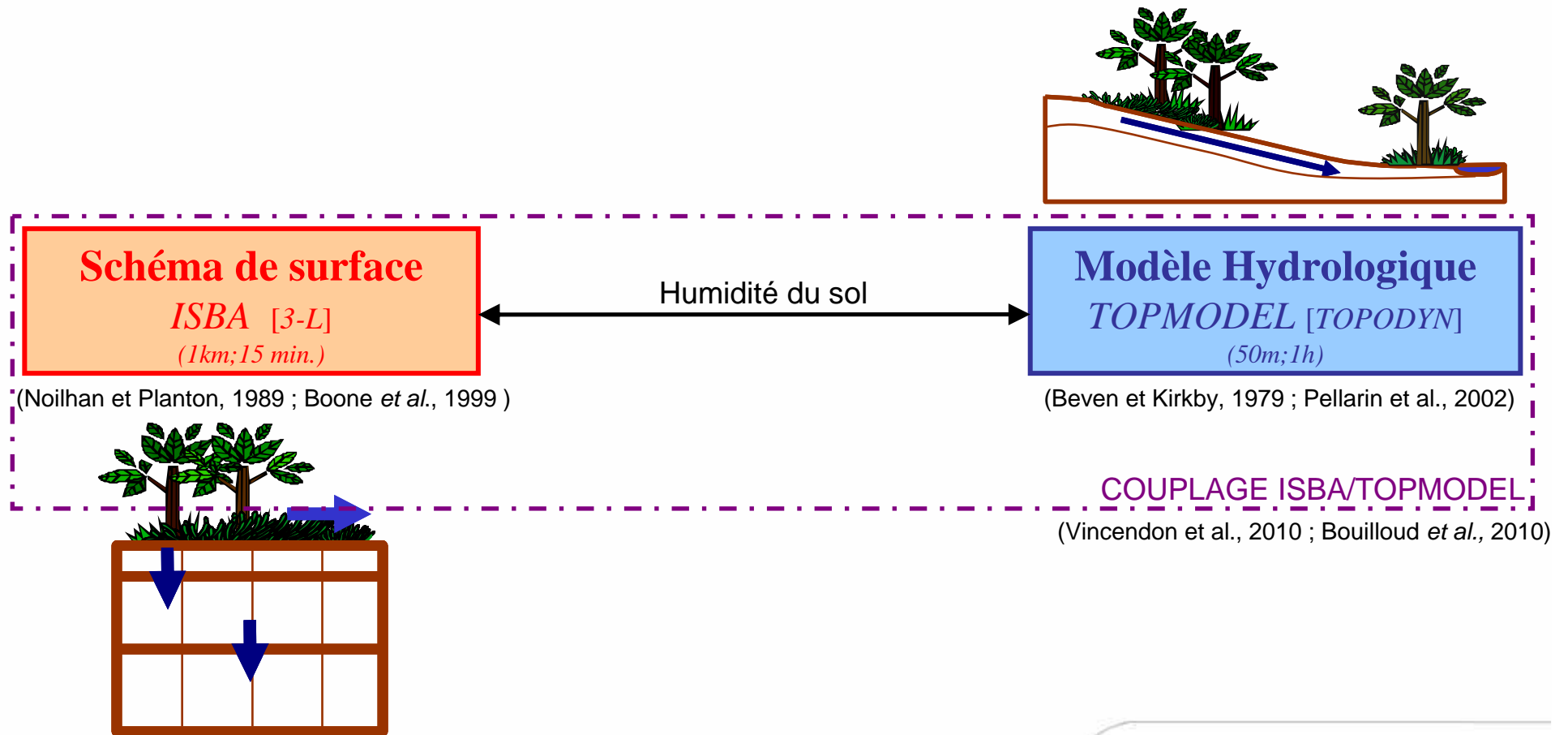
(Noilhan et Planton, 1989 ; Boone *et al.*, 1999)



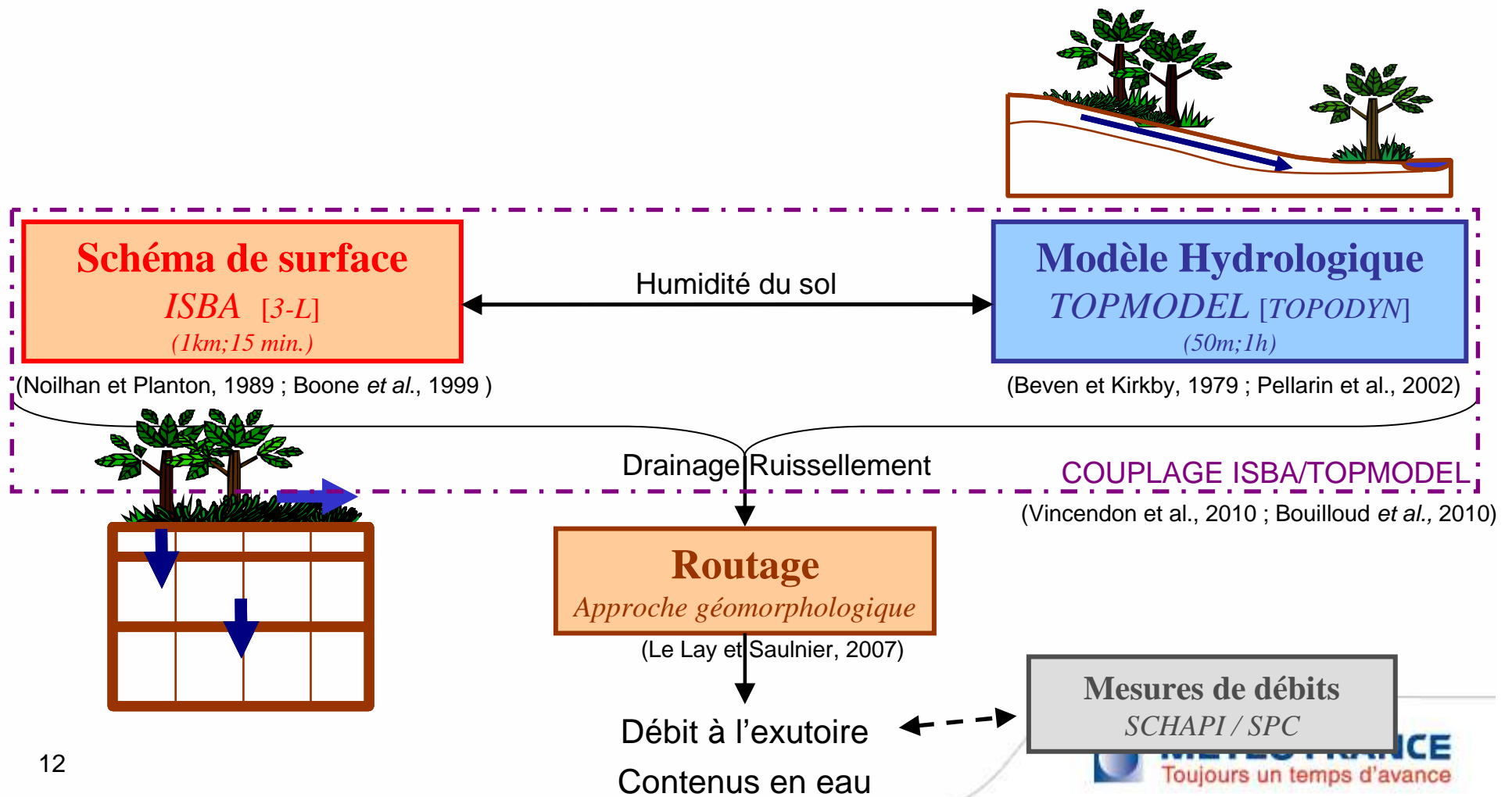
COUPLAGE ISBA/TOPMODEL

(Vincendon *et al.*, 2010 ; Bouilloud *et al.*, 2010)

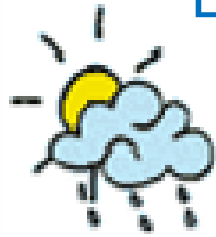
Le modèle de prévision hydrométéorologique (1)



Le modèle de prévision hydrométéorologique (1)



Le modèle de prévision hydrométéorologique (1)



Forçage Atm Horaire

Observations :
ANTILOPE

Modèles :
Analyses SAFRAN
AROME

T2m, Hu2m, Précipitations, ...

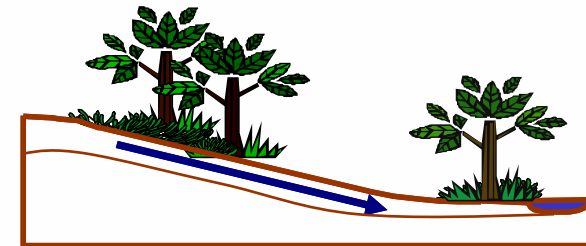


Schéma de surface
ISBA [3-L]
(1km; 15 min.)

(Noilhan et Planton, 1989 ; Boone et al., 1999)

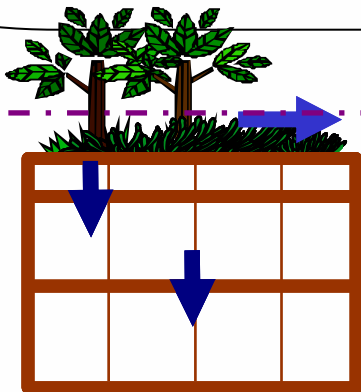
Humidité du sol

Modèle Hydrologique
TOPMODEL [TOPODYN]
(50m; 1h)

(Beven et Kirkby, 1979 ; Pellarin et al., 2002)

Drainage | Ruissellement

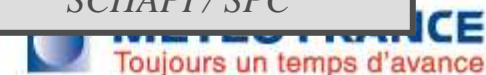
COUPLAGE ISBA/TOPMODEL
(Vincendon et al., 2010 ; Bouilloud et al., 2010)



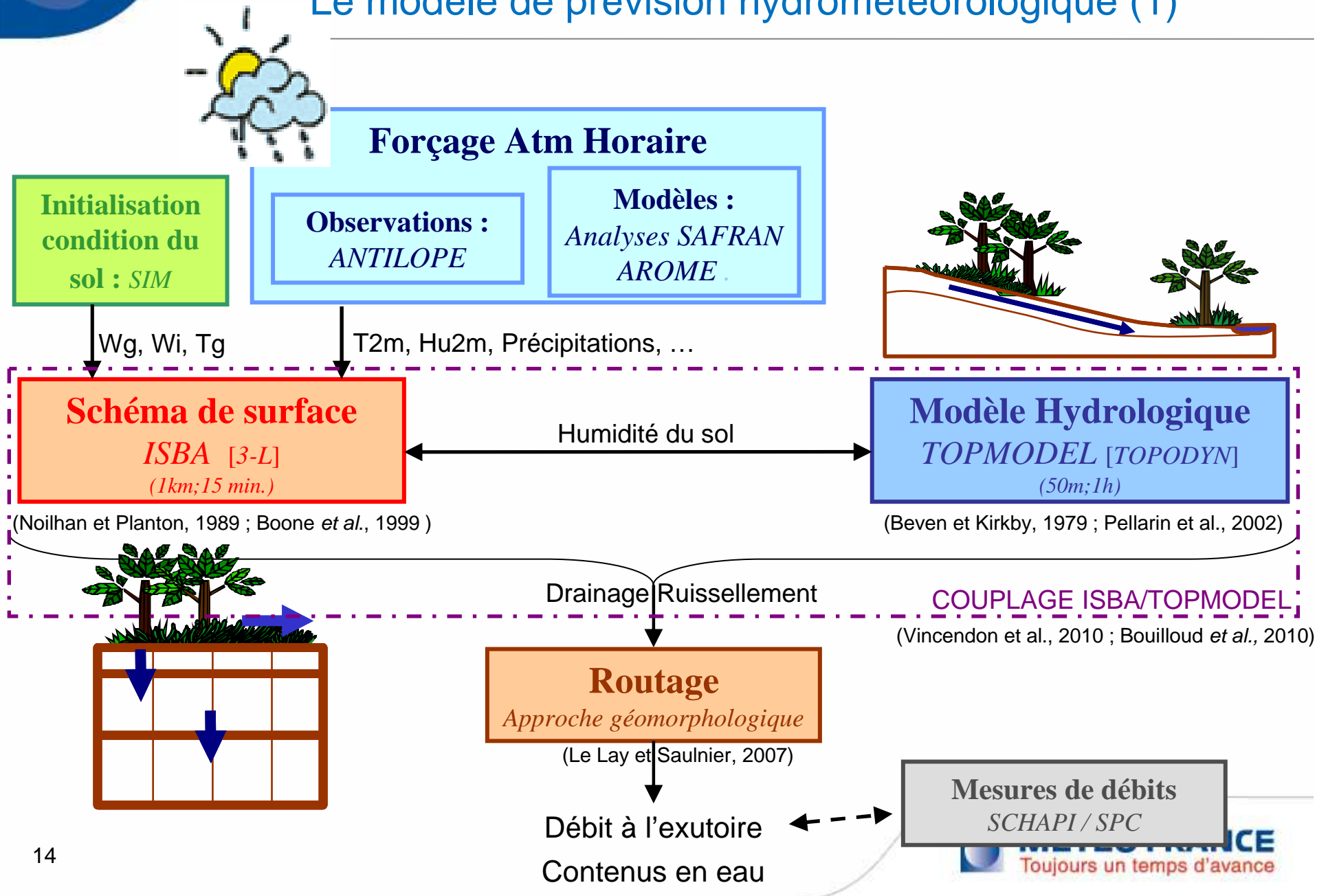
Routage
Approche géomorphologique
(Le Lay et Saulnier, 2007)

Débit à l'exutoire
Contenus en eau

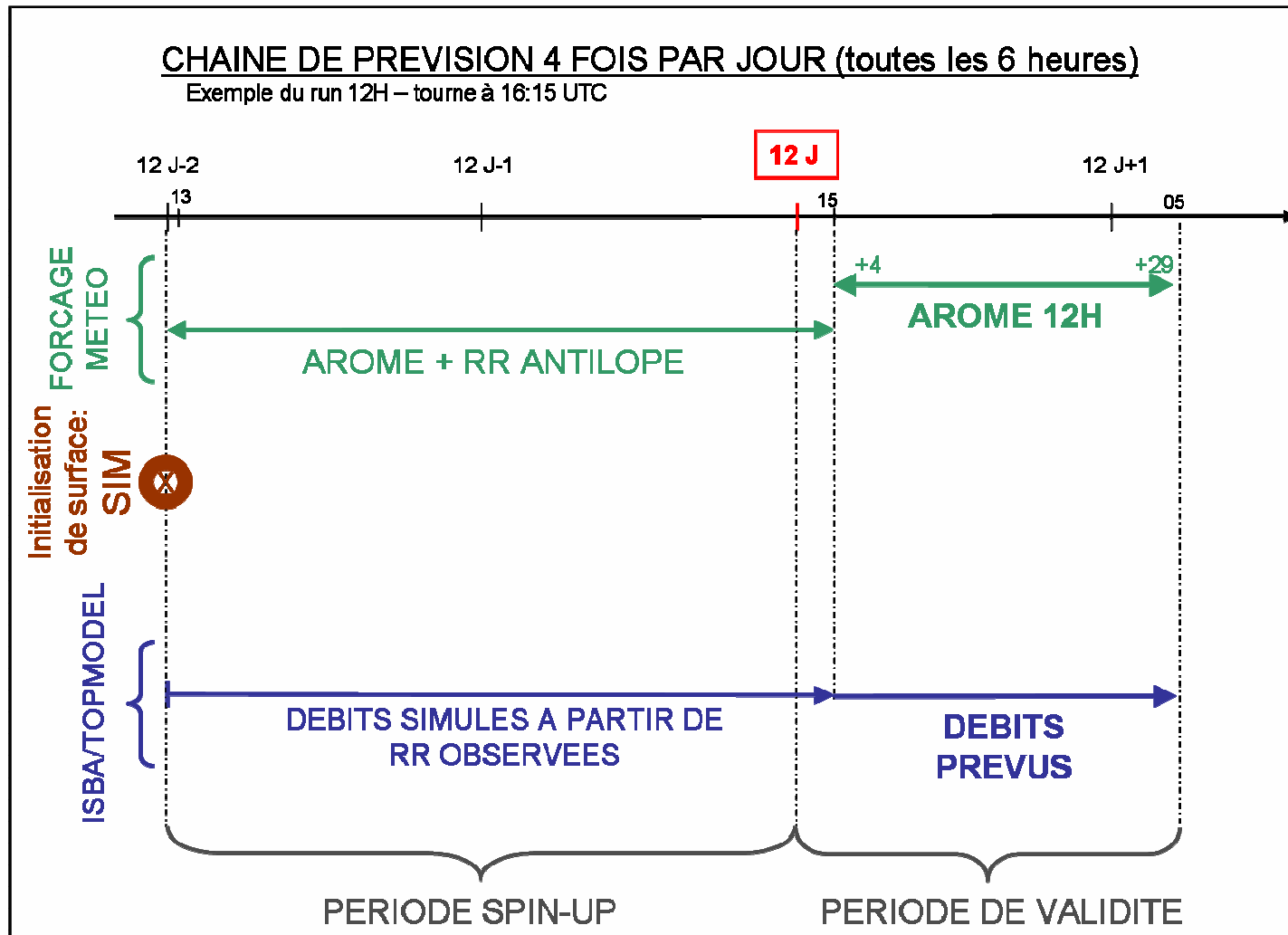
Mesures de débits
SCHAPI / SPC



Le modèle de prévision hydrométéorologique (1)



Le modèle de prévision hydrométéorologique (2)



- **RR ANTILOPE :**
 - ⇒ état cohérent du système à 12UTC
 - ⇒ premiers débits valides
- **RR prévues par AROME 12UTC**
 - ⇒ débits prévus jusqu'à +29h

Le modèle de prévision hydrométéorologique (2)

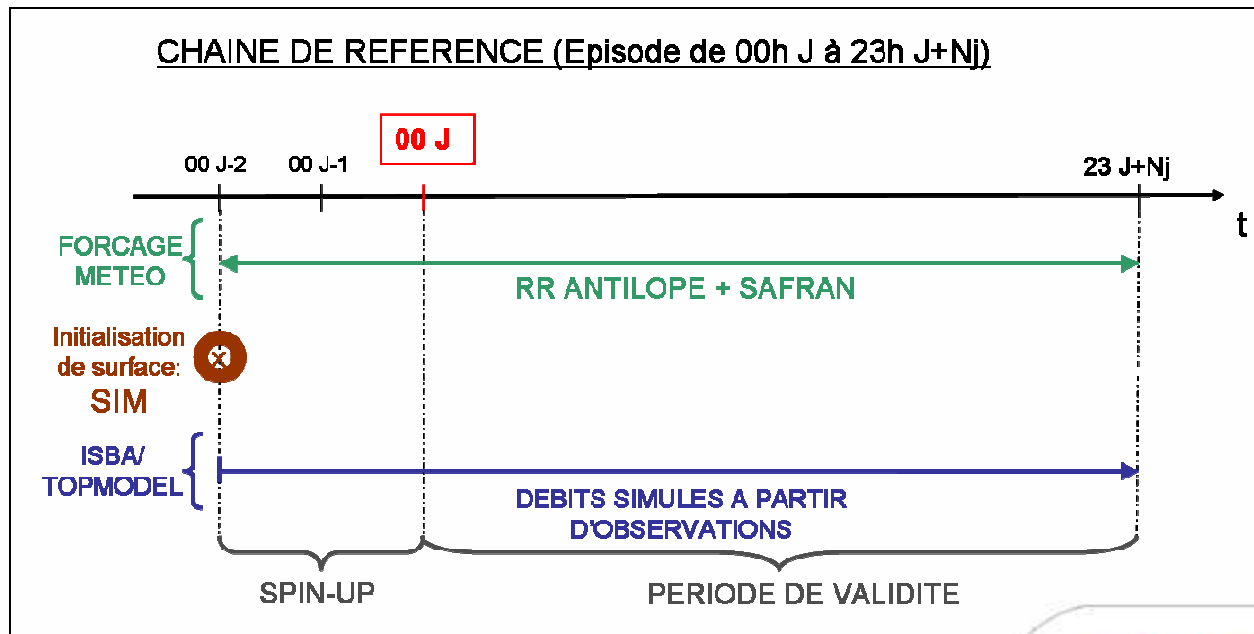
- 4 scénarii de prévision HM par jour (\leftrightarrow 4 runs de prévision AROME) \neq décalés dans le temps \Rightarrow **ensemble « time lag »**
 - fourniture d'informations essentielles quant aux incertitudes des prévisions déterministes AROME

Le modèle de prévision hydrométéorologique (2)

- 4 scénarii de prévision HM par jour (\leftrightarrow 4 runs de prévision AROME) \neq décalés dans le temps \Rightarrow **ensemble « time lag »**
 - fourniture d'informations essentielles quant aux incertitudes des prévisions déterministes AROME
- Comparaison en temps réel avec les débits observés

Le modèle de prévision hydrométéorologique (2)

- 4 scénarii de prévision HM par jour (\leftrightarrow 4 runs de prévision AROME) \neq décalés dans le temps \Rightarrow **ensemble « time lag »**
 - fourniture d'informations essentielles quant aux incertitudes des prévisions déterministes AROME
- Comparaison en temps réel avec les débits observés
- Comparaison avec un rejeu des éventuels épisodes (chaîne de référence)



Introduction

Le projet SAFER

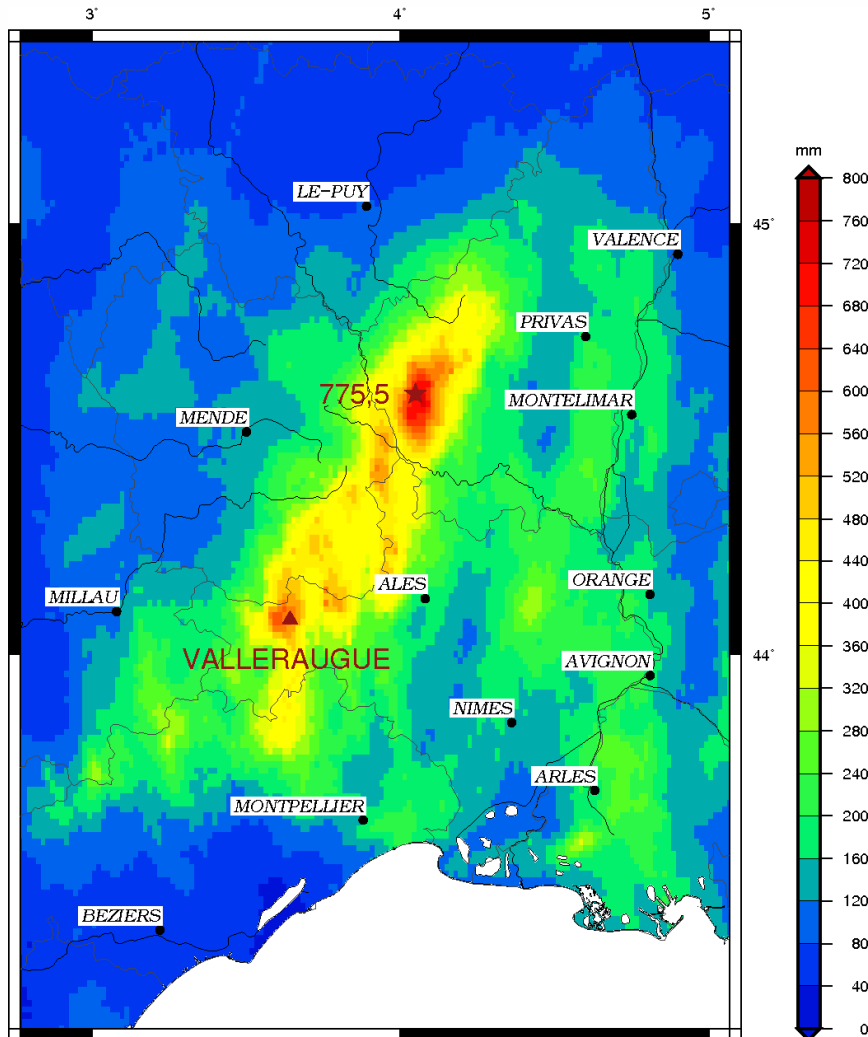
Le contexte des crues-éclair

Le modèle de prévision hydrométéorologique (HM)

✓ Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011

Conclusion et perspectives

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (1)



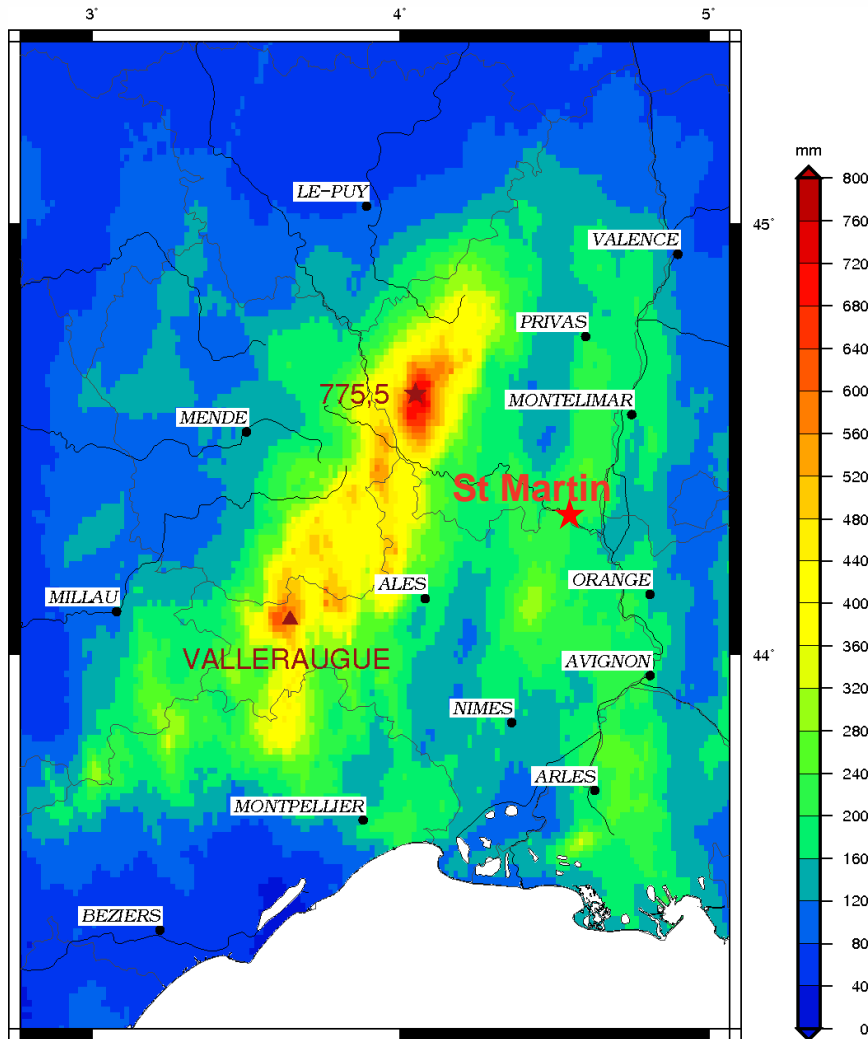
Lames d'eau horaires ANTILOPE cumulées
entre le 1^{er} 06UTC et le 7 06UTC novembre

2011

- Observations pluviométriques :
 - Pointes de cumuls en 6 jours > 600-700 mm
 - Cumul sur le poste SPC de Valleraugue (Gard) sur 6 jours > 900 mm.

= > Rivières cévenoles en crue

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (1)



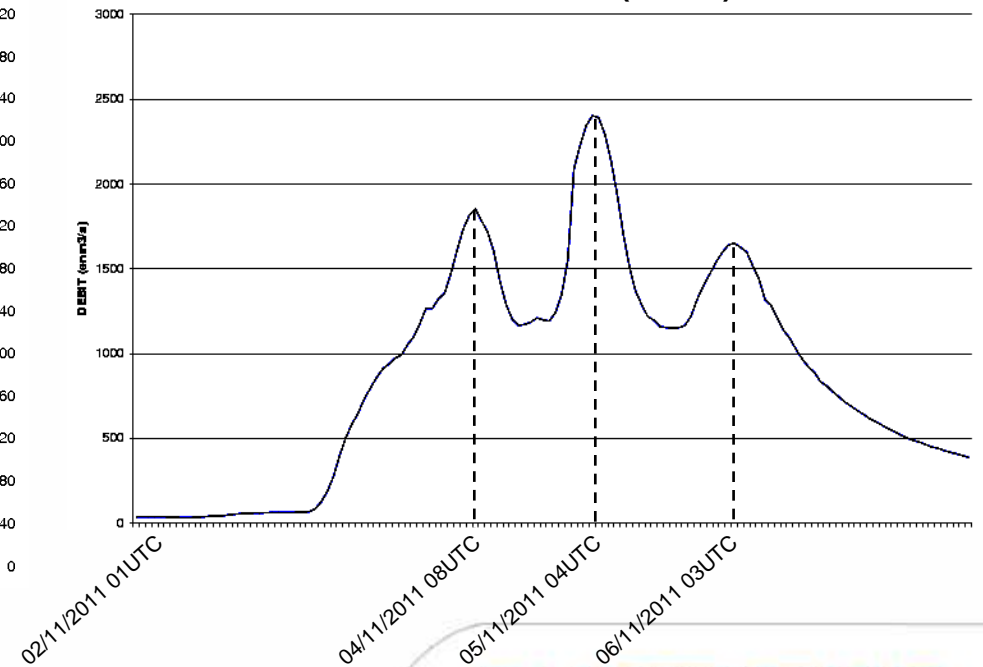
Lames d'eau horaires ANTILOPE cumulées
entre le 1^{er} 06UTC et le 7 06UTC novembre

2011

- Observations pluviométriques :
 - Pointes de cumuls en 6 jours > 600-700 mm
 - Cumul sur le poste SPC de Valleraugue (Gard) sur 6 jours > 900 mm.

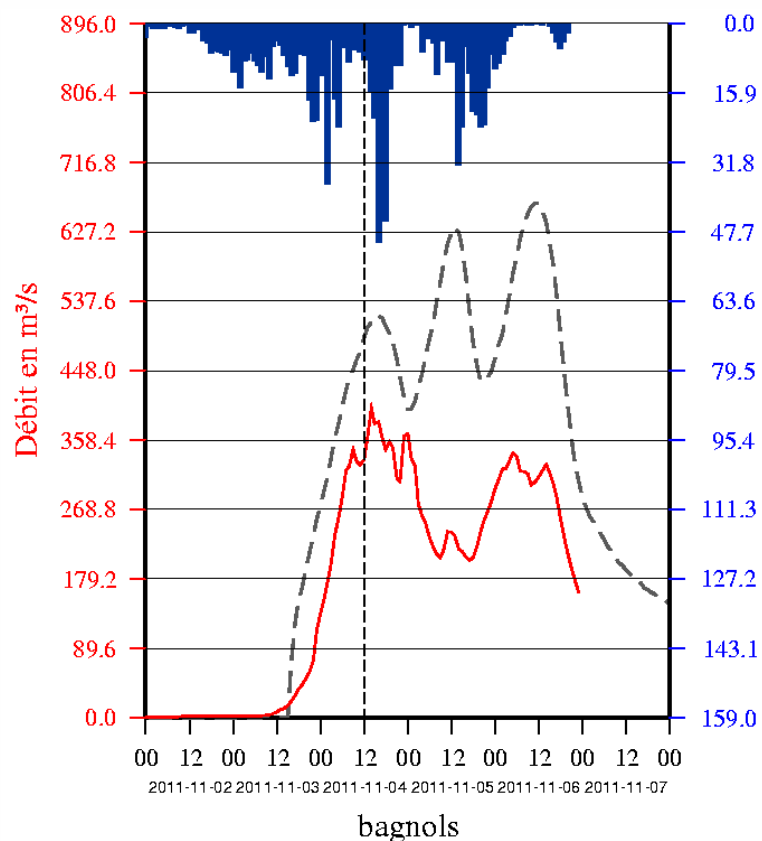
= > Rivières cévenoles en crue

Débits observés à St-Martin d'Ardèche (Sauze)



Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (2)

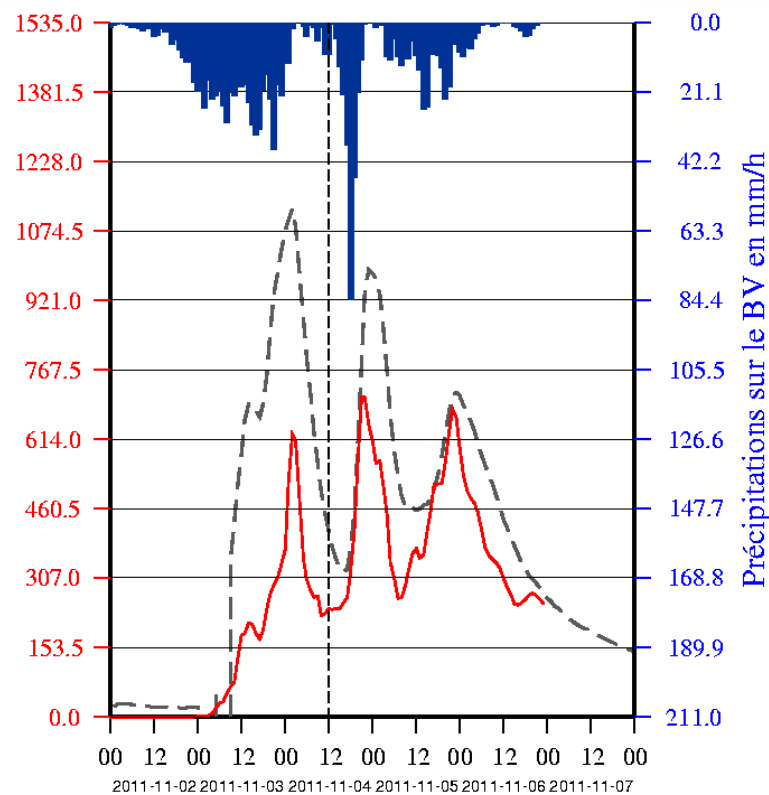
Simulation de
référence



Précipitations ANTILOPE sur le BV en mm/h

Débit de référence en m³/s

Débit observé en m³/s

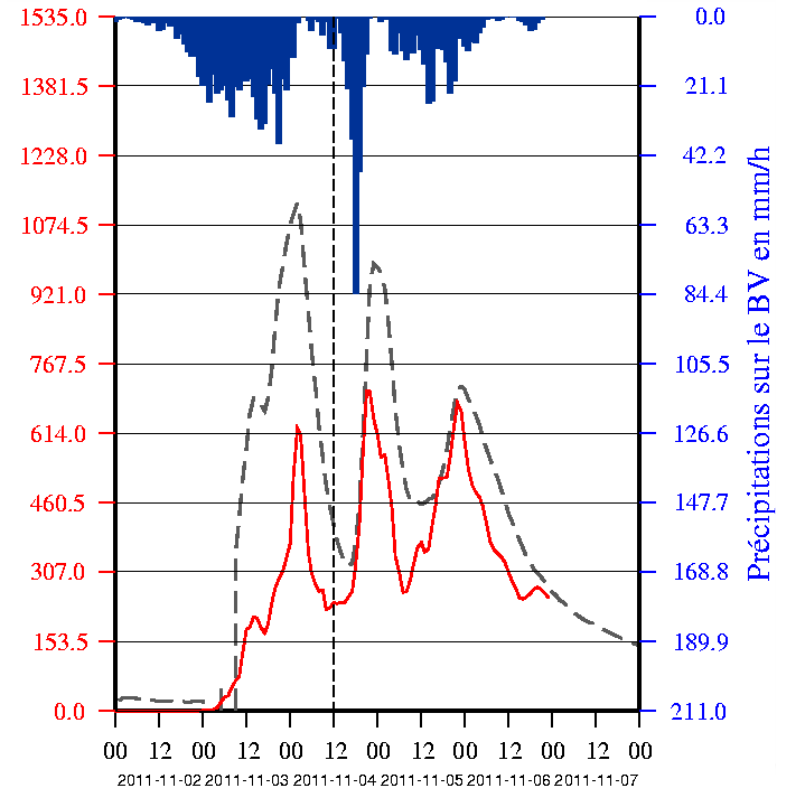
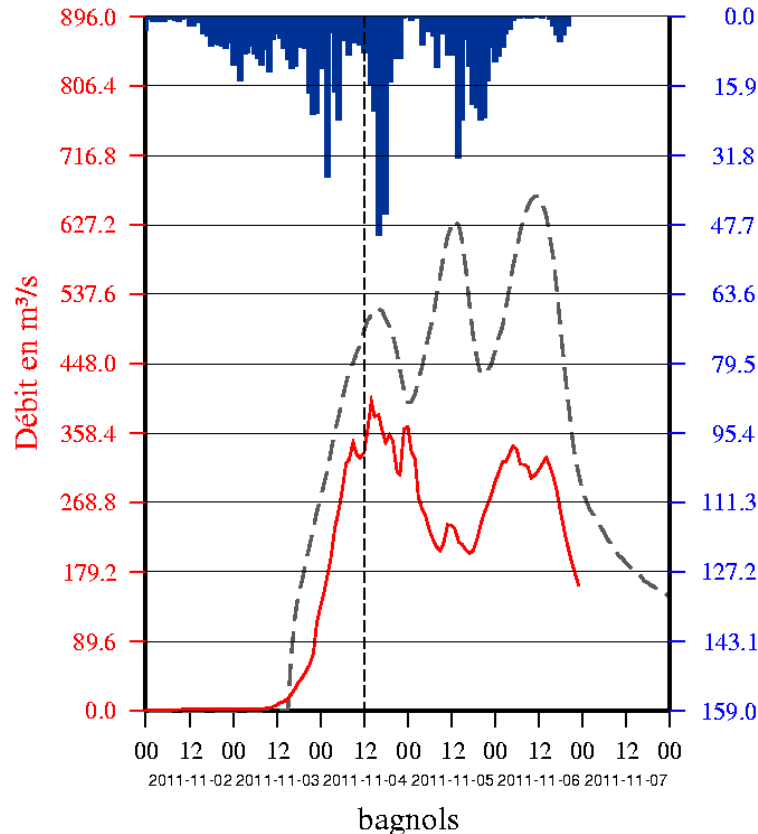


boucoiran



Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (2)

Simulation de
référence

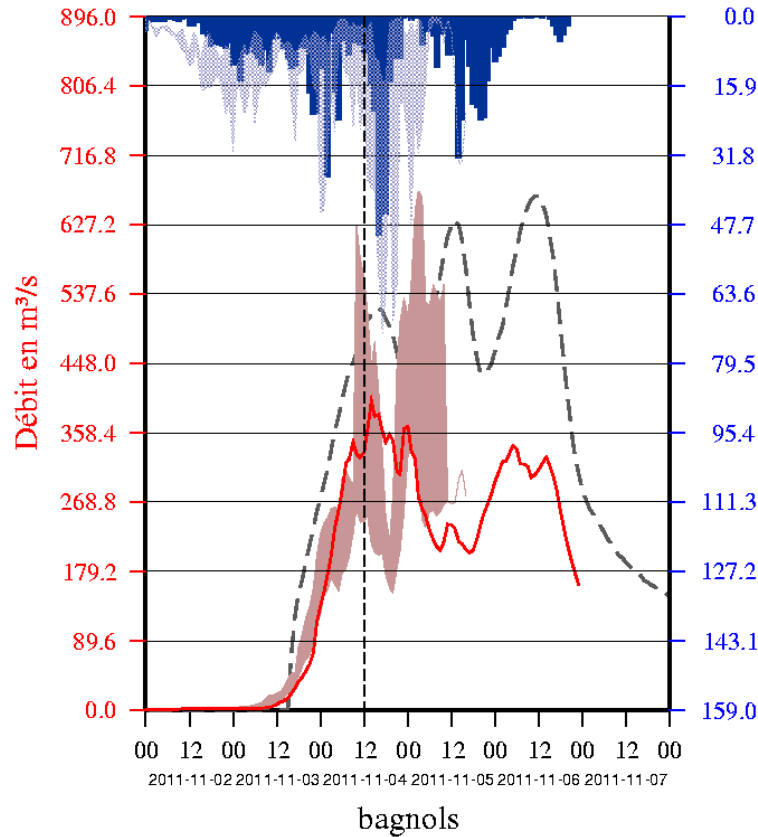


- Sous estimation des débits vis-à-vis des observations
- Hypothèses :
 - Lamé d'eau ANTILOPE sous estime les forts cumuls de précipitations convectives
 - Configuration du système couplé réalisée à partir de lames d'eau basées sur des observations pluviométriques krigées ...
- Accès à des informations essentielles pour la prévision des crues

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (3)

Réseau :
4/11/2011 12UTC

On dispose de toutes
les prévisions issues
des réseaux
précédents



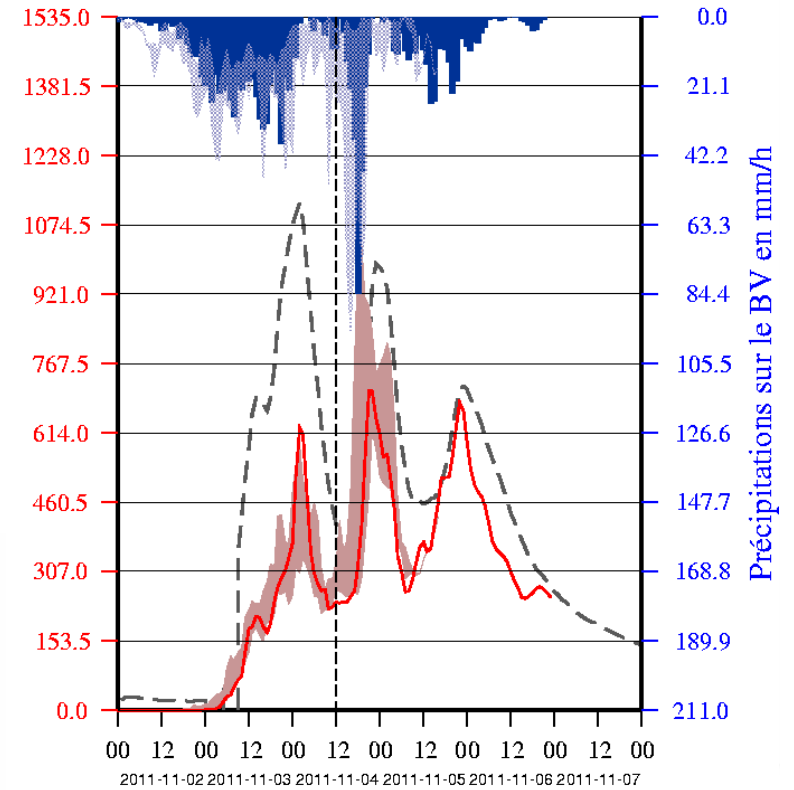
Précipitations ANTILOPE sur le BV en mm/h

Enveloppe des précipitations prévues sur le BV

Débit de référence en m³/s

Débit observé en m³/s

Enveloppe des débits prévus en m³/s



Précipitations sur le BV en mm/h

boucoiran

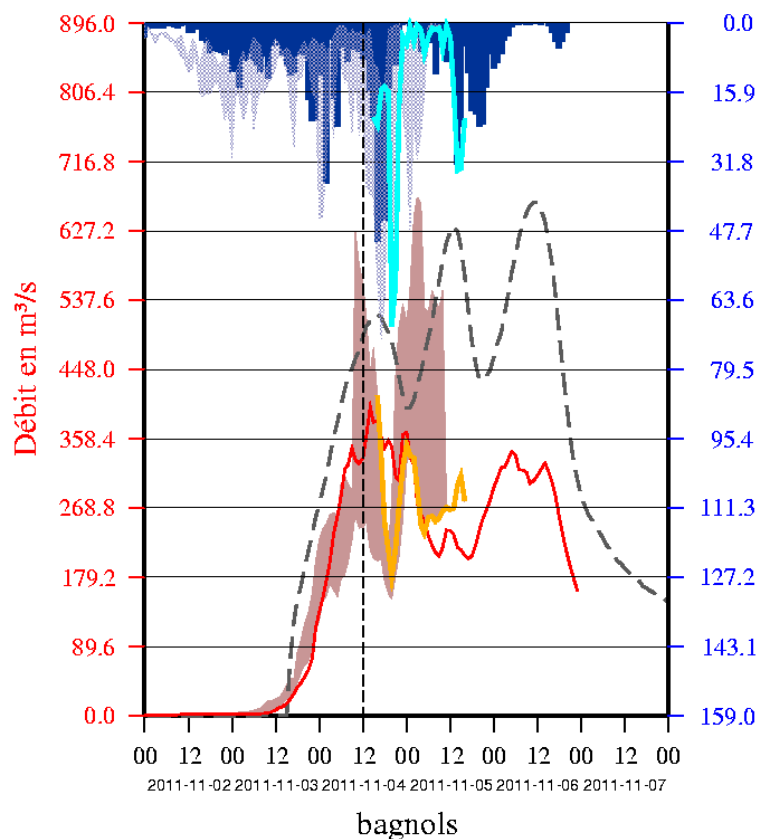


Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (4)

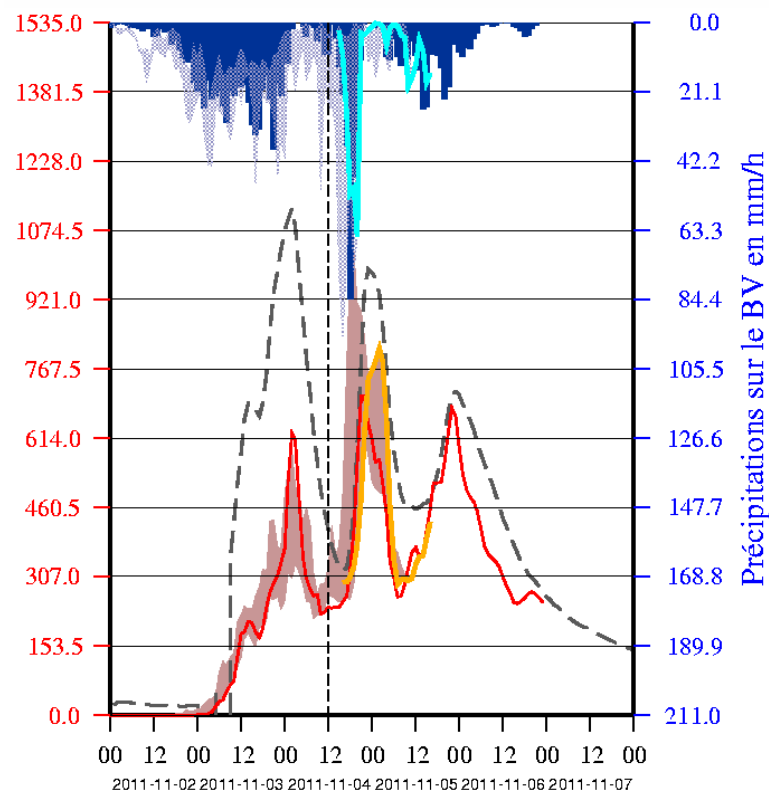
Réseau :
4/11/2011 12UTC

On dispose de toutes
les prévisions issues
des réseaux
précédents

Et du réseau en
cours



Précipitations ANTILOPE sur le BV en mm/h
Précipitations prévues sur le BV en mm/h
Enveloppe des précipitations prévues sur le BV
Débit de référence en m³/s
Débit observé en m³/s
Débits prévus en m³/s
Enveloppe des débits prévus en m³/s



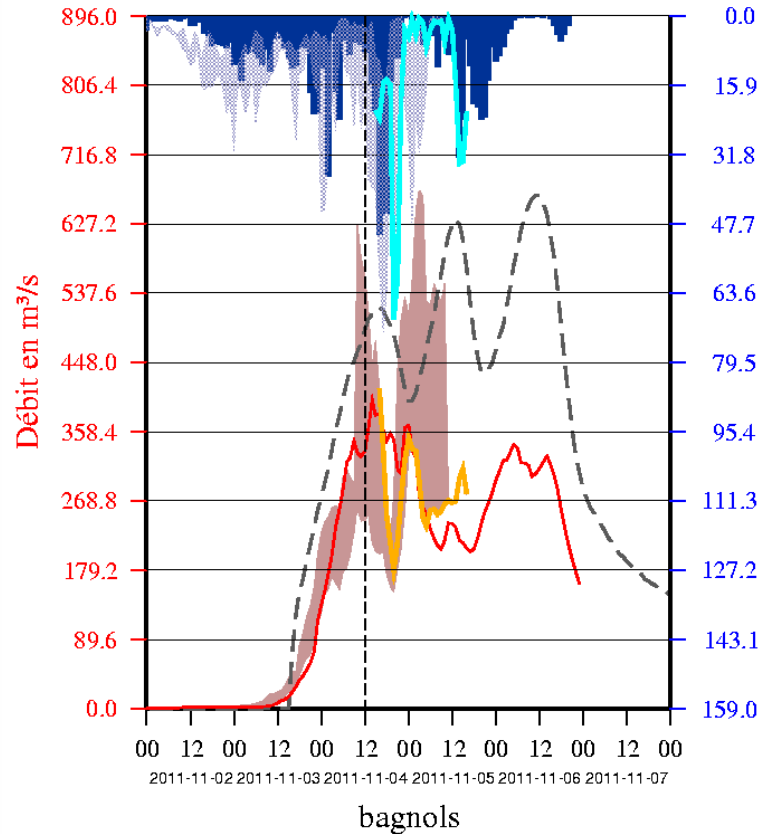
boucoiran

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (4)

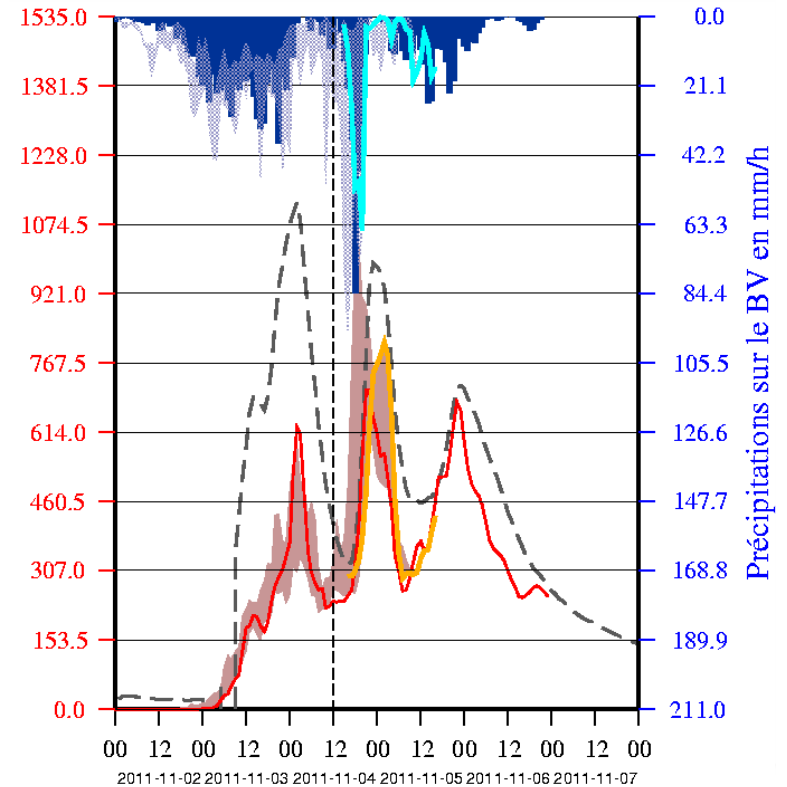
Réseau :
4/11/2011 12UTC

On dispose de toutes
les prévisions issues
des réseaux
précédents

Et du réseau en
cours

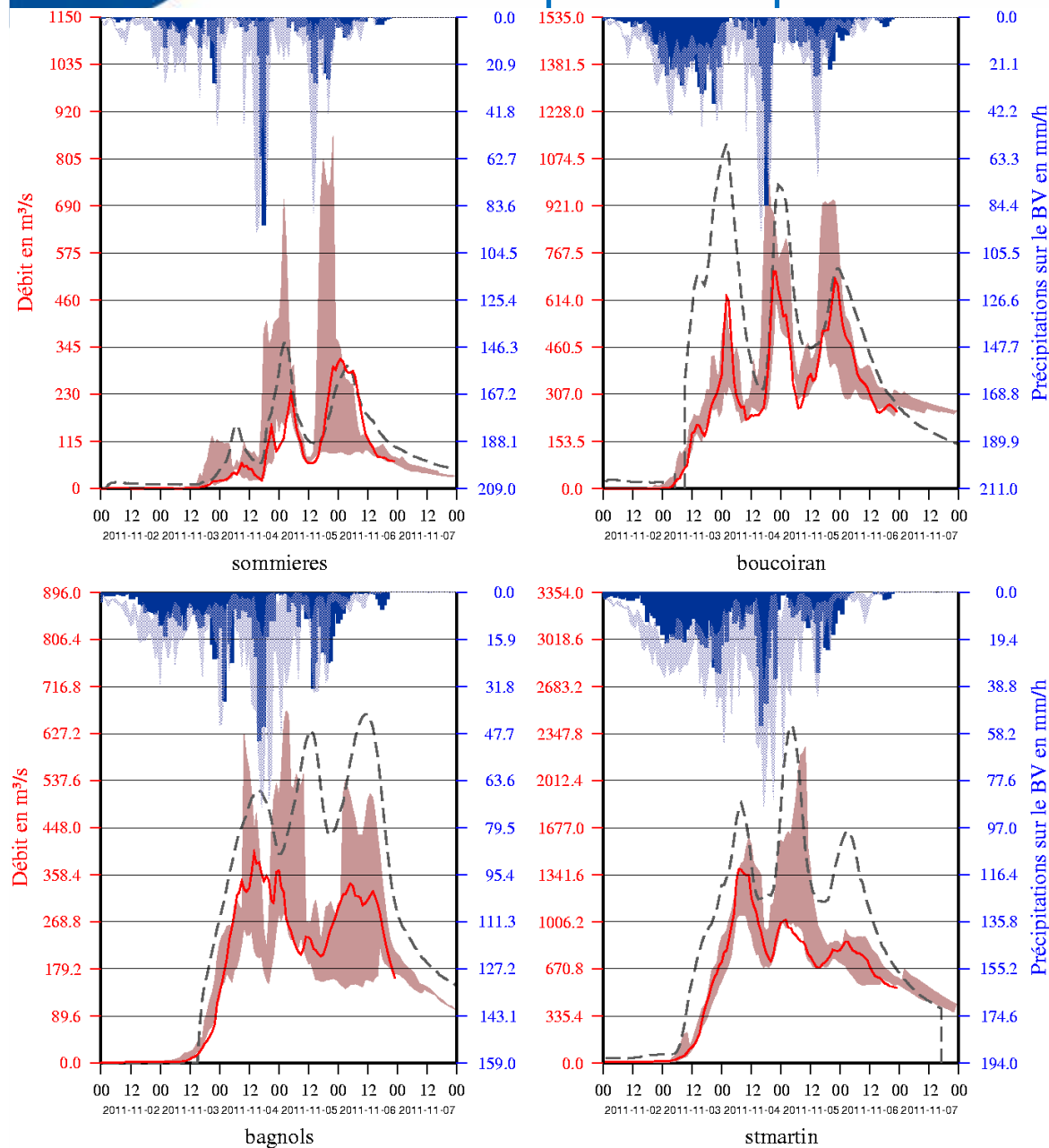


Précipitations ANTILOPE sur le BV en mm/h
Précipitations prévues sur le BV en mm/h
Enveloppe des précipitations prévues sur le BV
Débit de référence en m³/s
Débit observé en m³/s
Débits prévus en m³/s
Enveloppe des débits prévus en m³/s



- Variabilité \pm importante d'un réseau au suivant
- Certaines prévisions = Simulation réaliste des débits => alerte crue possible
- Dernier réseau pas forcément le meilleur

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011 (5)



Précipitations observées sur le BV en mm/h
 Précipitations prévues sur le BV en mm/h
 Débit Observé en m³/s
Débit simulé de référence en m³/s
 Débits prévus en m³/s

Prévisions AROME/ISBA/TOPMODEL
 utilisées du 1^{er} novembre réseau 18h
 UTC au 7 novembre réseau 00h UTC

→ Approche régionale

→ Système capable de donner des informations utiles pour la prévision des crues

Introduction

Le projet SAFER

Le contexte des crues-éclair

Le modèle de prévision hydrométéorologique (HM)

Exemple d'un épisode cévenol : 1-7 Nov 2011

✓ **Conclusion et perspectives**

Conclusion et perspectives

Conclusion

- Mise en place d'une chaîne de prévision HM en **temps réel**
- Apport des informations essentielles à la prévision des crues sur la région
 - Prise en compte de la variabilité des prévisions atmosphériques (ensemble *vs* déterminisme)
 - Approche régionale
 - Prise en compte des observations

Conclusion et perspectives

Conclusion

- Mise en place d'une chaîne de prévision HM en **temps réel**
- Apport des informations essentielles à la prévision des crues sur la région
 - Prise en compte de la variabilité des prévisions atmosphériques (ensemble *vs* déterminisme)
 - Approche régionale
 - Prise en compte des observations

Evolutions et Perspectives

- Utilisation des prévisions HM en entrée d'un modèle hydraulique (ex : Telemac2D SOGREAH)
 - => accès à l'étendue géographique des inondations
- Réalisation d'une chaîne de simulation de débits **en continu** (à partir des observations ANTILOPE)
 - => réduction des délais d'obtention des débits prévus
- Poursuivre l'évaluation du système sur des cas passés et en temps réel
- Augmenter la fréquence des runs (→ toutes les 3 heures) modèle
 - => augmenter le nombre de scénarii et la prise en compte des observations de pluie
- Aller vers une prévision d'ensemble des débits → CNRM/GMME/MICADO

An aerial photograph of a town, likely in a mountainous region, is shown from a high angle. The town is surrounded by a thick layer of white clouds or fog. Overlaid on the bottom left of the image is a white weather map showing isobars (lines of equal atmospheric pressure) and wind vectors (arrows). The isobars are labeled with values such as 1010, 1015, 1020, 1025, 1030, 1035, and 1040. The wind vectors indicate a flow pattern around a low-pressure system. The background of the entire slide is a dark blue gradient with a stylized sun and cloud icon in the top left corner.

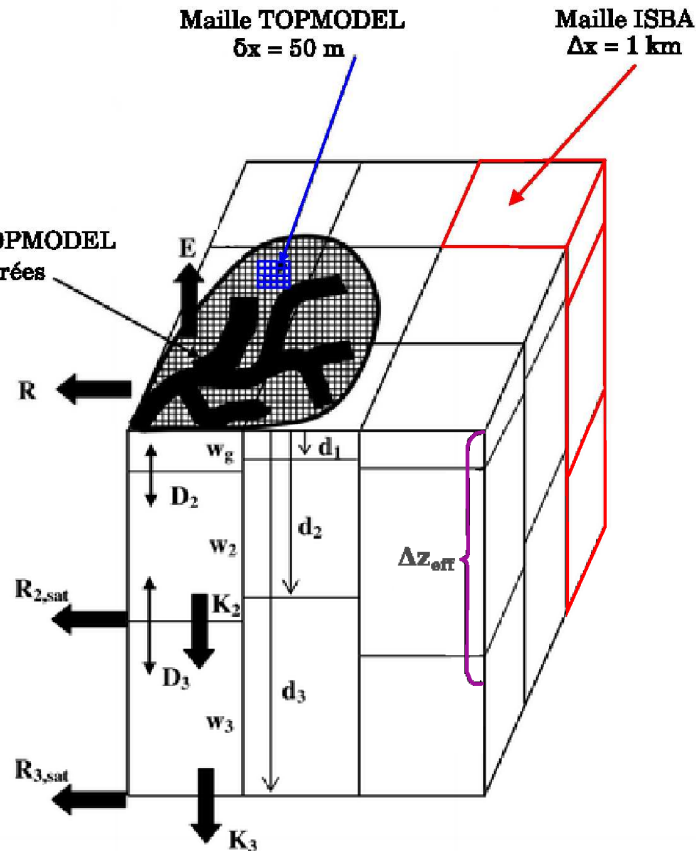
Merci de votre attention

Le système couplé ISBA/TOPMODEL

ISBA

- Modèle de surface
- Version « ISBA-3L »
- Bilans d'eau et d'énergie sur des colonnes de sols (1D)

(Noilhan et Planton, 1989 ;
Boone *et al.*, 1999)



TOPMODEL

- Modèle hydrologique
- Utilisation d'un MNT (50 m)
- Transferts latéraux d'humidité des sols (2D)
- Version TOPODYN
- Routage géomorphologique

(Beven et Kirkby, 1979 ;
Pellarin *et al.*, 2002)

COUPLAGE :

- Sur les bassins au pas de temps horaire et sur Δz_{eff}
- Processus verticaux et ruissellement de subsurface : **ISBA** ($\Delta t = 15\text{min}$)
- Ruissellement de surface et routage : **TOPMODEL** ($\delta t = 1\text{h}$)
- Utilisation d'un profil de conductivité hydraulique à saturation exponentiel ($f ; d_c$)
- Hypothèse : $d_c = \Delta z_{\text{eff}} = \alpha d_2$

(Vincendon *et al.*, 2008 ; Bouilloud *et al.*, 2010 ; Decharme *et al.*, 2006)