

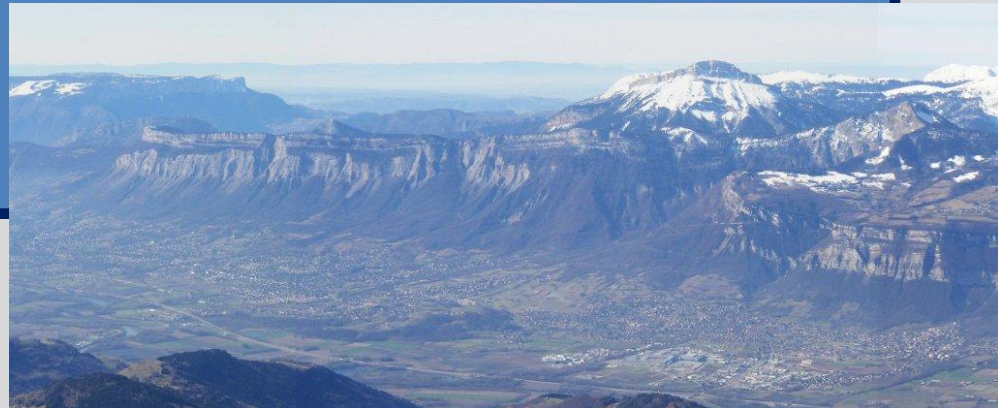
# Risques liés à l'eau: inondations et torrents

## *Les crues des cours d'eau de montagne : l'exemple du Grésivaudan*

**Charles Obled** : Grenoble INP

**Didier Richard** : Cemagref Grenoble

**Christophe Peteuil** : Service RTM 38



Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Contexte

Torrent et chantournes du Grésivaudan (2004)



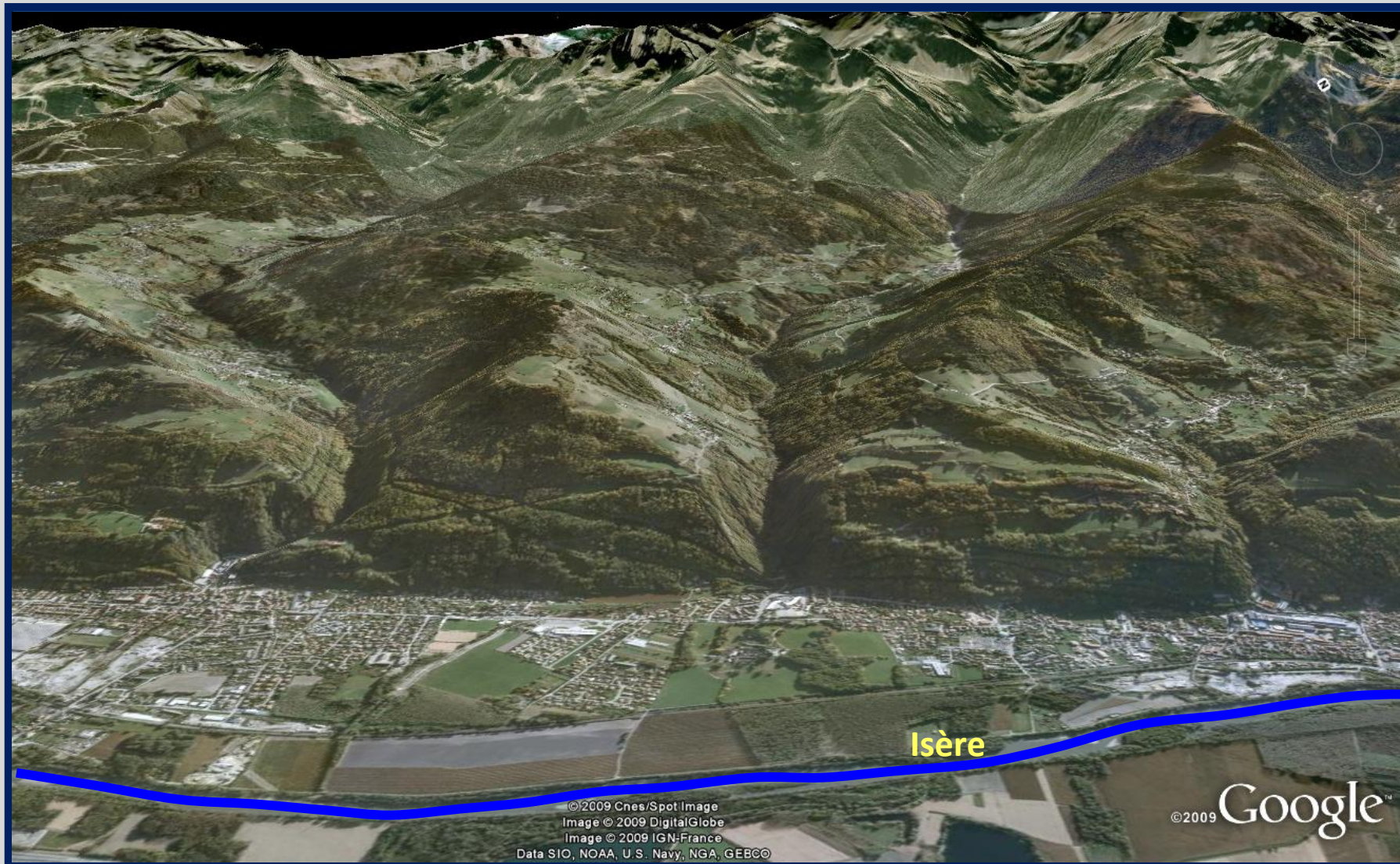
©2009 Cnes/Spot Image  
Image © 2009 DigitalGlobe  
Image © 2009 IGN-France  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

©2009 Google™

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

### Contexte

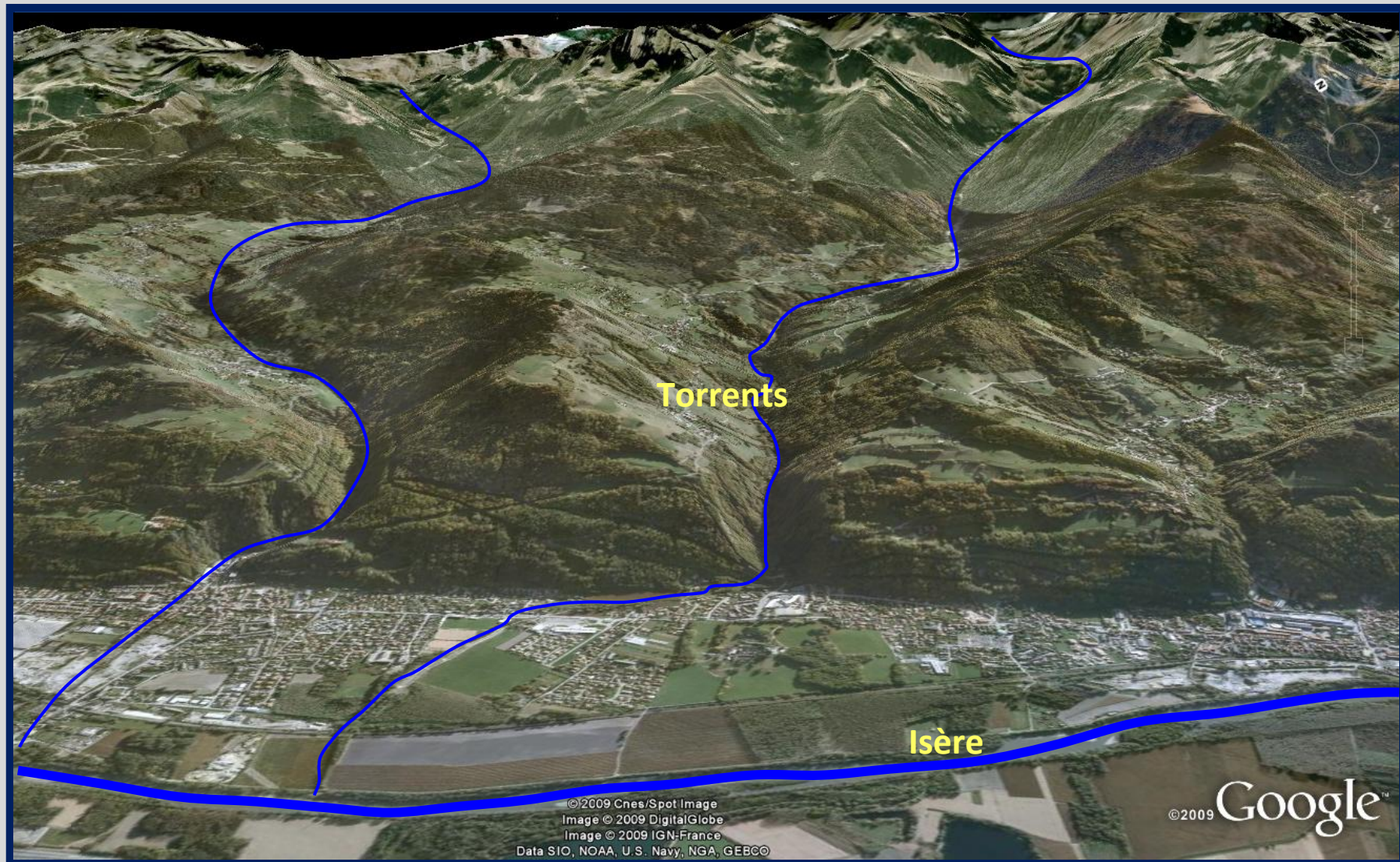
### Torrent et chantournes du Grésivaudan (2004)



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Contexte

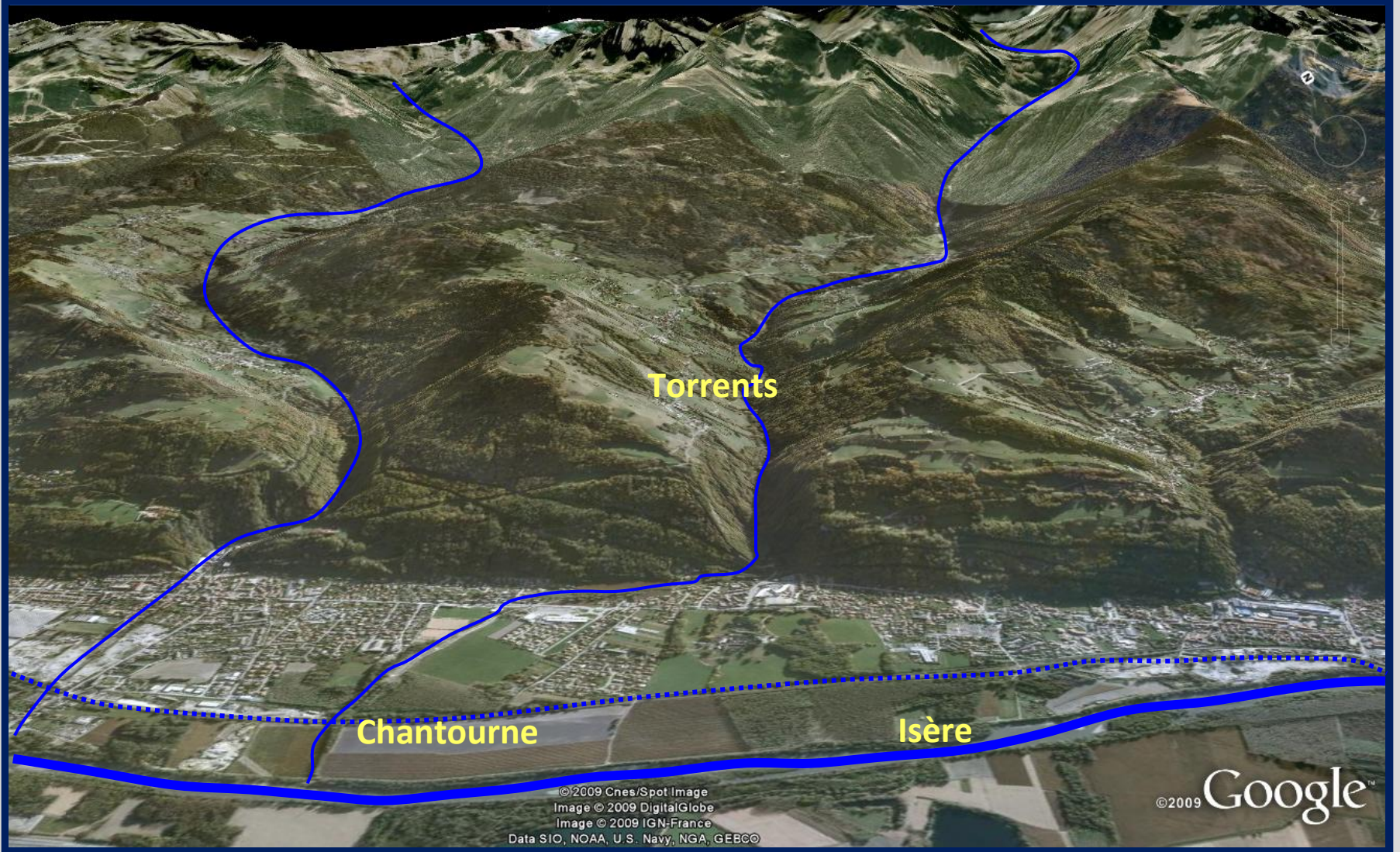
Torrent et chantournes du Grésivaudan (2004)



Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Contexte

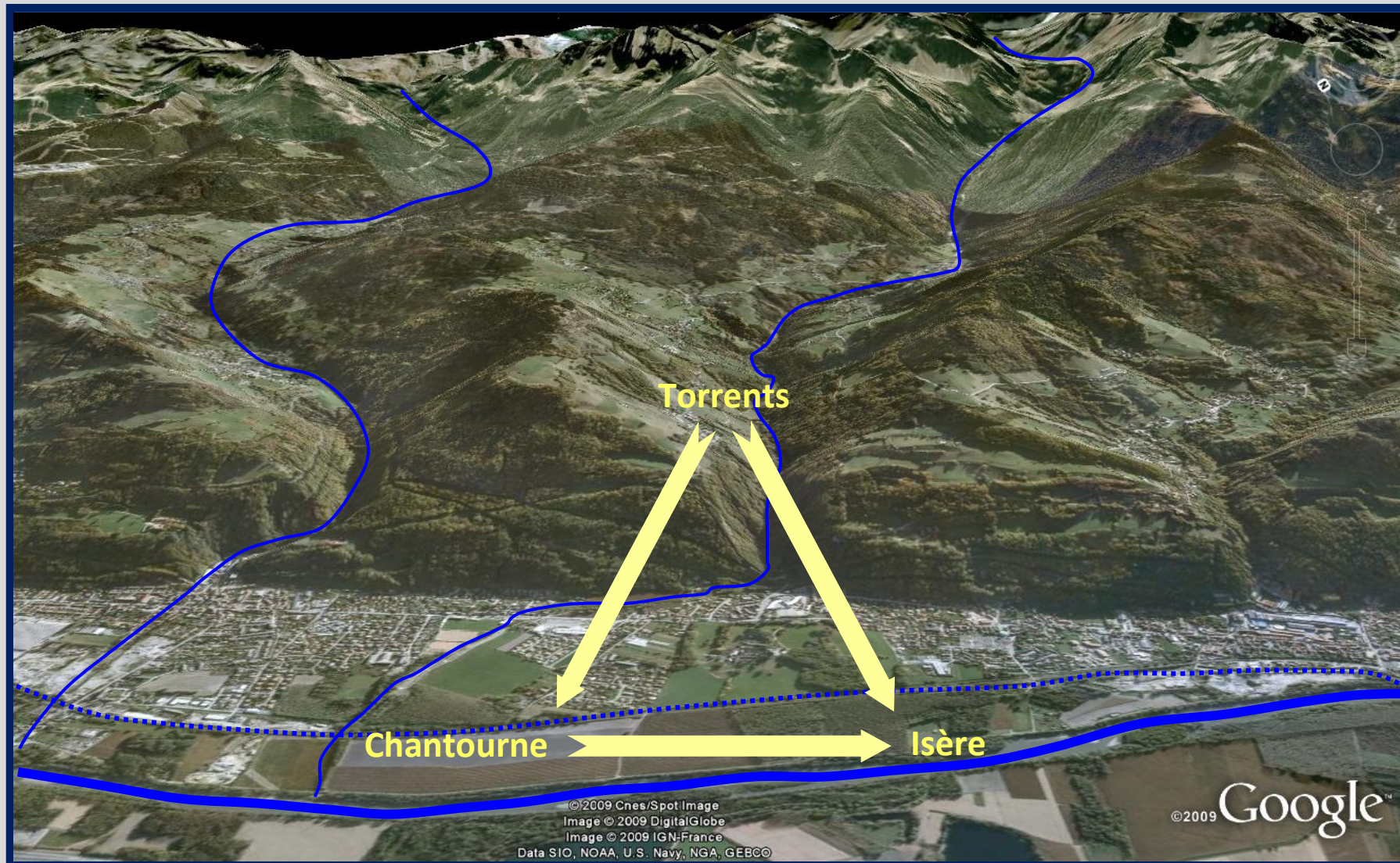
Torrent et chantournes du Grésivaudan (2004)



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Contexte

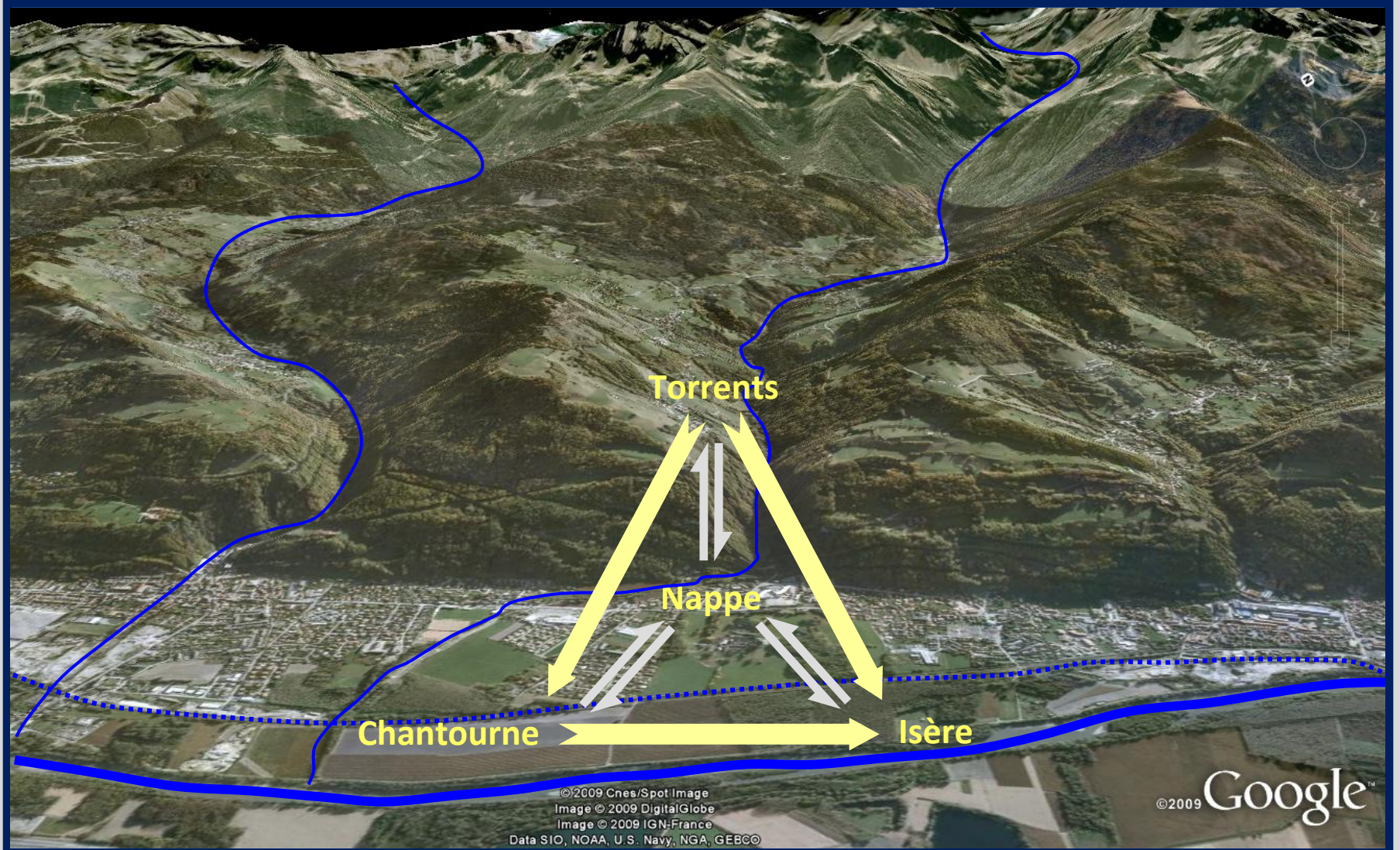
Torrent et chantournes du Grésivaudan (2004)



Risques liés à l'eau : inondations et torrents

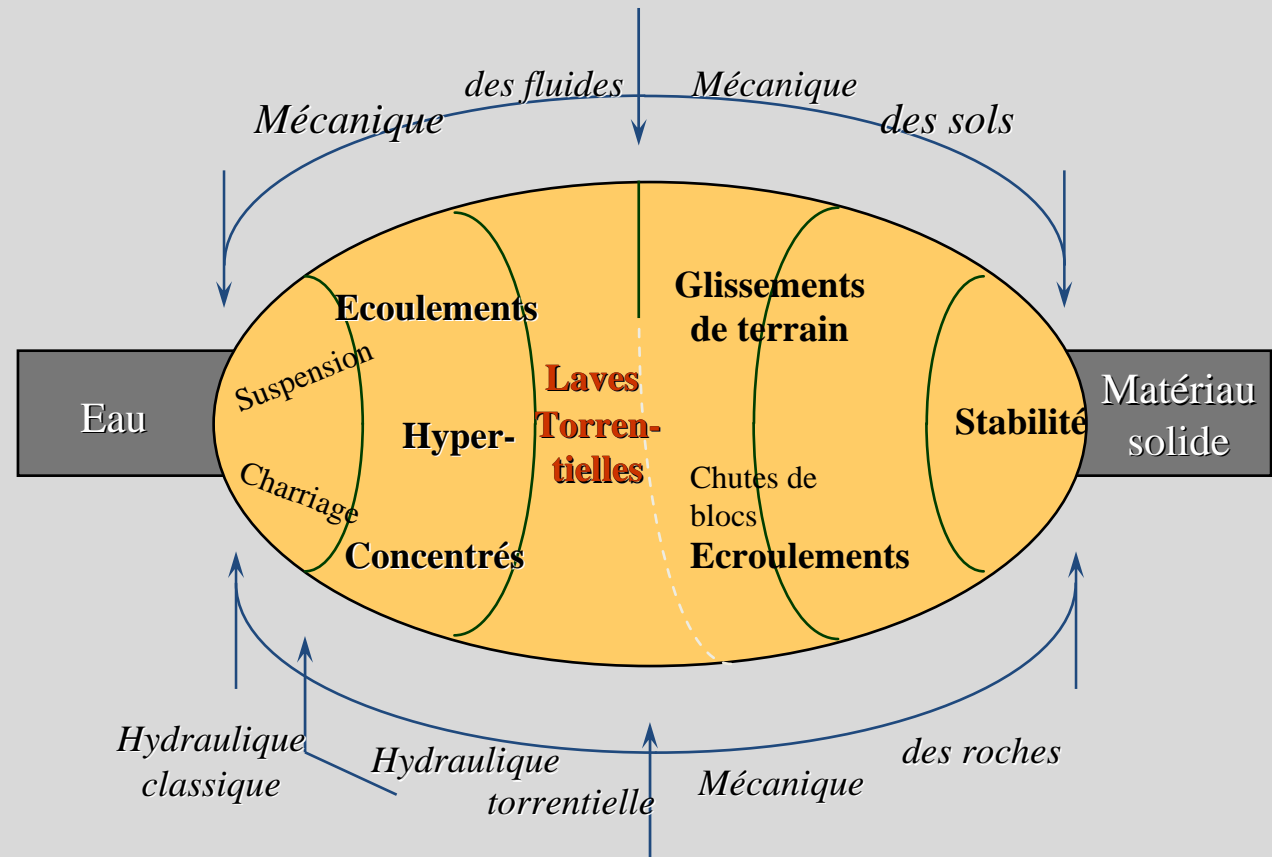
Contexte

Torrent et chantournes du Grésivaudan (2004)



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

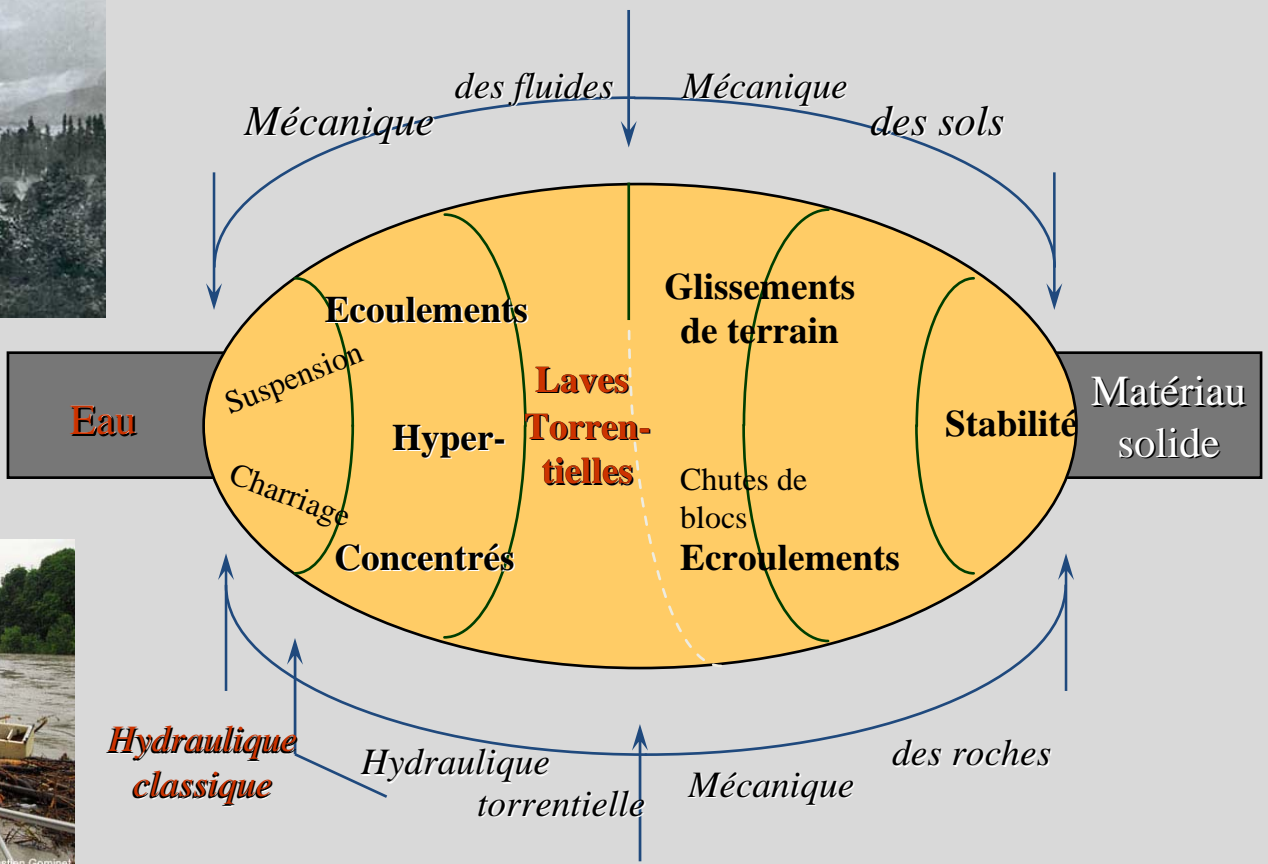
### Des phénomènes très variés





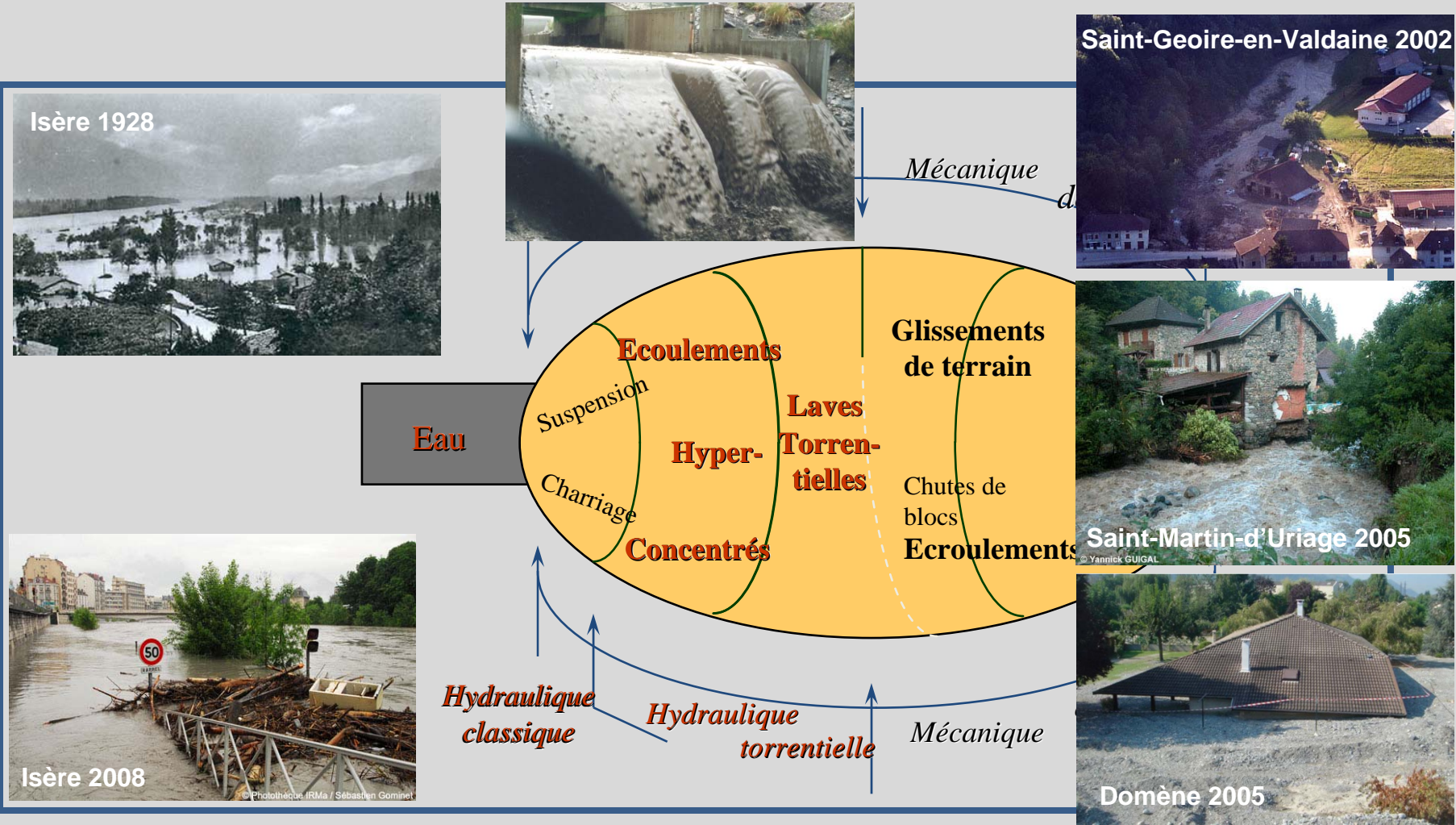
# Risques liés à l'eau : inondations et torrents

## Des phénomènes très variés



# Risques liés à l'eau : inondations et torrents

## Des phénomènes très variés



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence,  
pour améliorer la sécurité : protection, prévention

### Connaissance des débits et des pluies

- *Mesures*
- *Crues historiques*
- *Synthèses*

### Modélisation pluies - débits

- *Compréhension des processus*
- *Modèles*

### Quantification des transports solides

- *Production sédimentaire*
- *Lois de comportement – lois d'écoulement*

### Prévention / protection

- *Ouvrages et techniques*
- *Aspects socio-économiques*

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

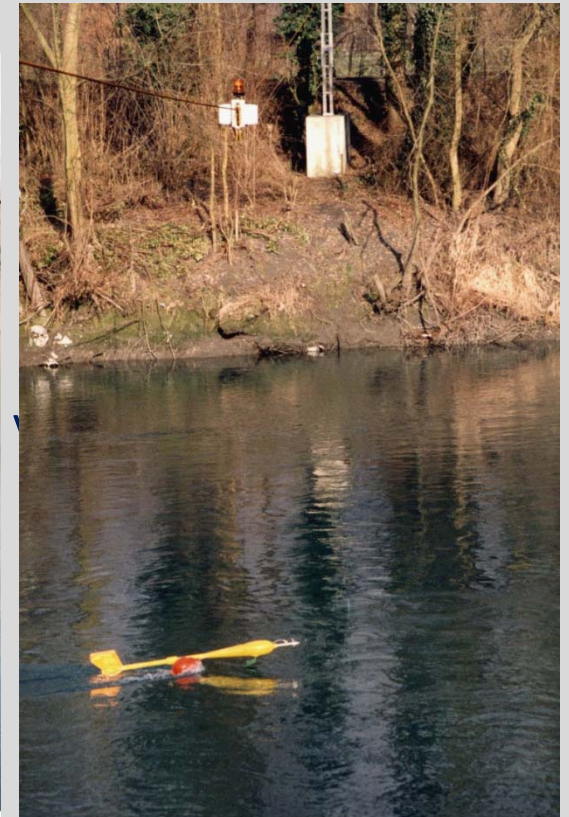
Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Connaissance des débits et des pluies : *Mesures*

Station hydrométrique de l'Isère (1990-1992)



Saumon sur traile Isère Campus 1999



Traile téléphérique Isère Campus 1999

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Connaissance des débits et des pluies : *Mesures*

Etude comparée de la mesure granulométrique et volumétrique globale des précipitations (2006-2007)



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Connaissance des débits et des pluies : *Crues historiques*

reconstitution de la situation hydrométéorologique correspondant à la crue de l'Isère de 1859 (2008)



Pôle Grenoblois  
Risques Naturels



Colloque Scientifique

# Isère 1859-2009

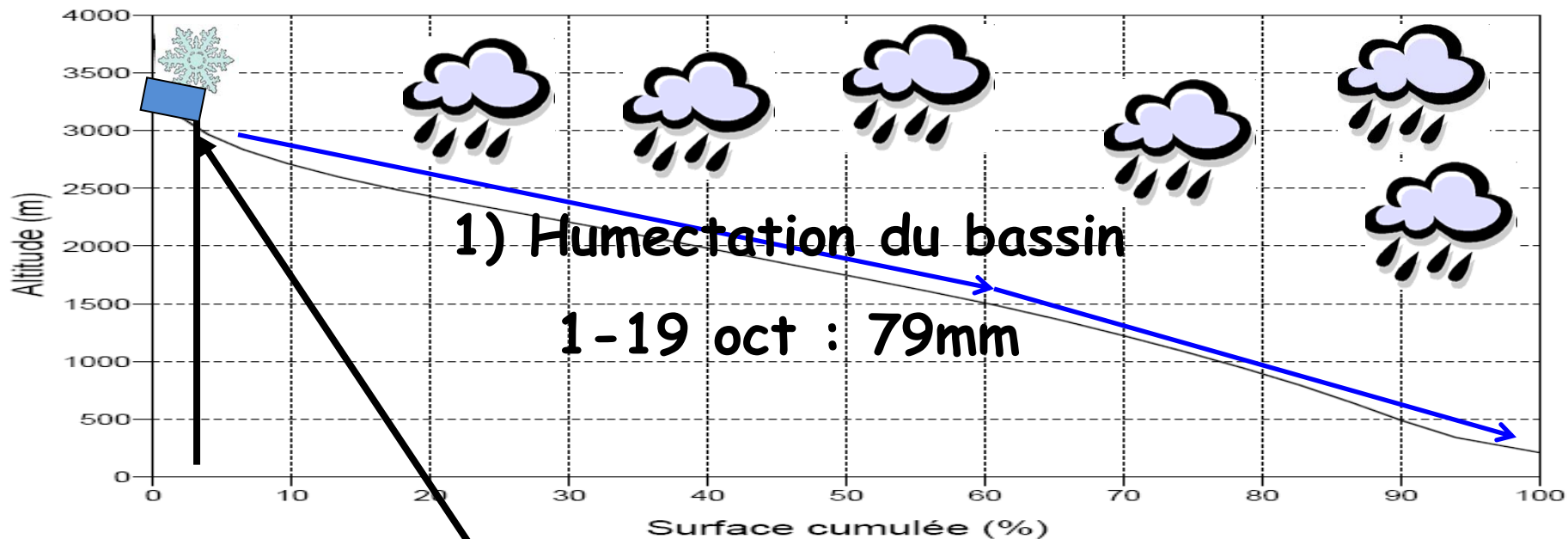
150<sup>ème</sup> anniversaire de la crue de référence



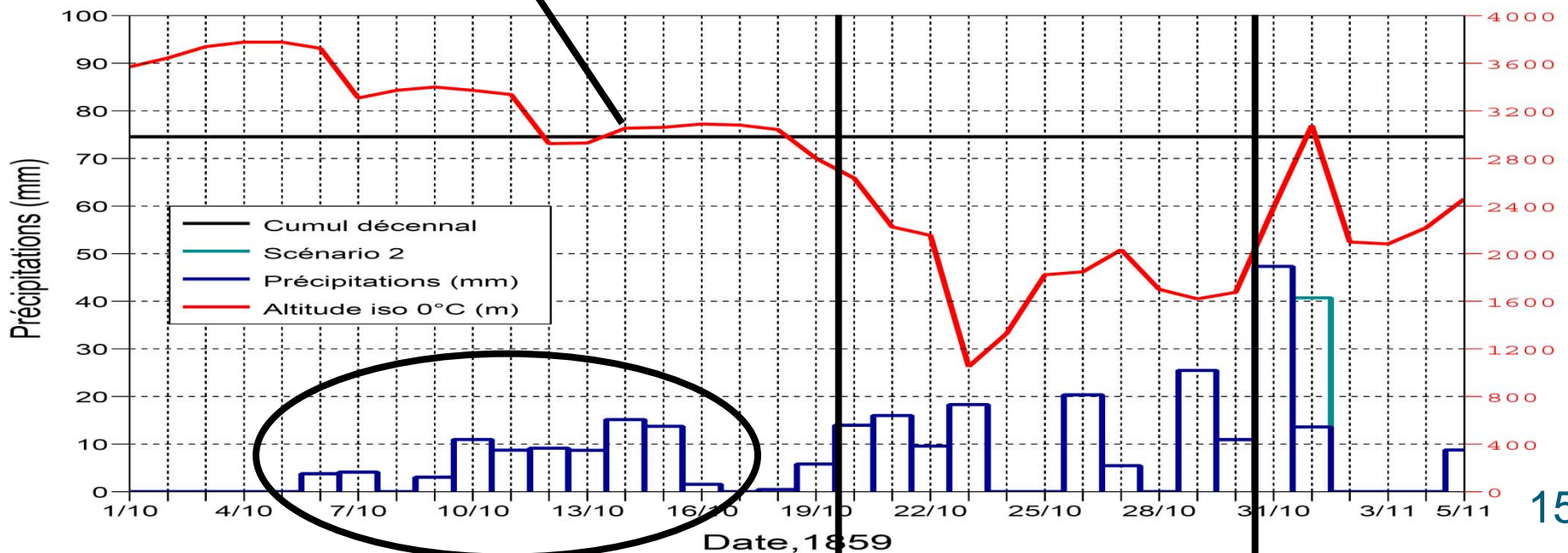
Judi 5 Novembre 2009

Organisé par le Pôle Grenoblois des Risques naturels

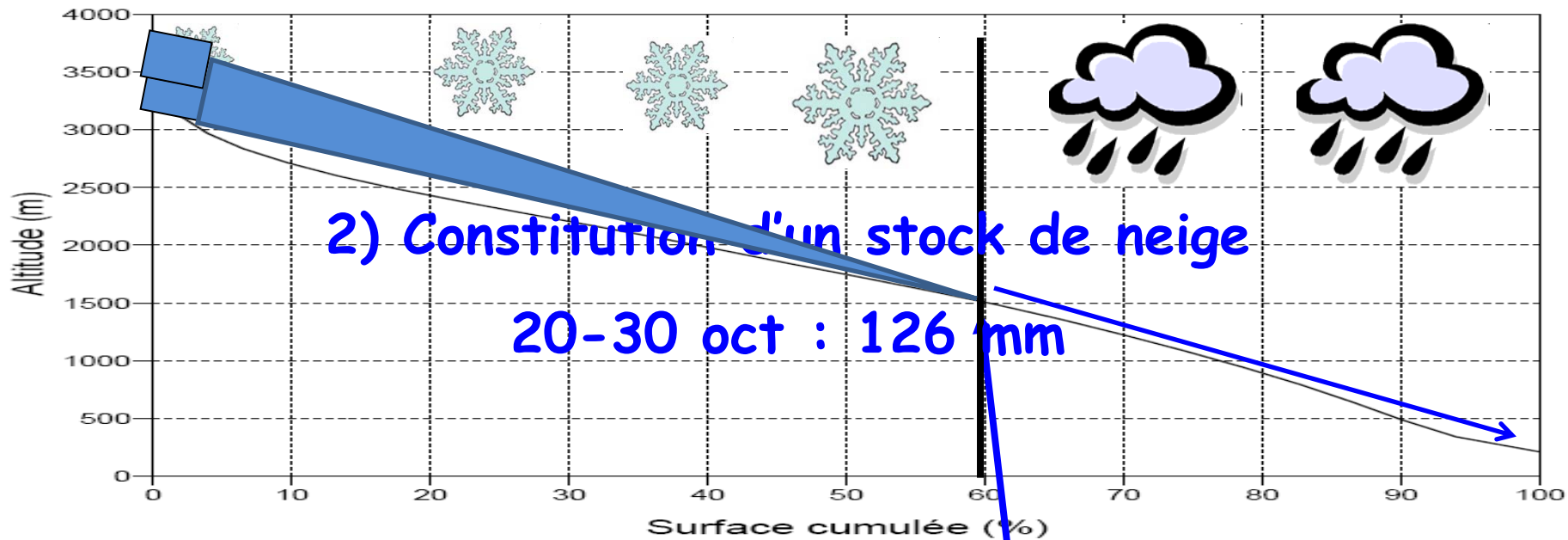
# Courbe hypsométrique du bassin de l'Isère à Grenoble



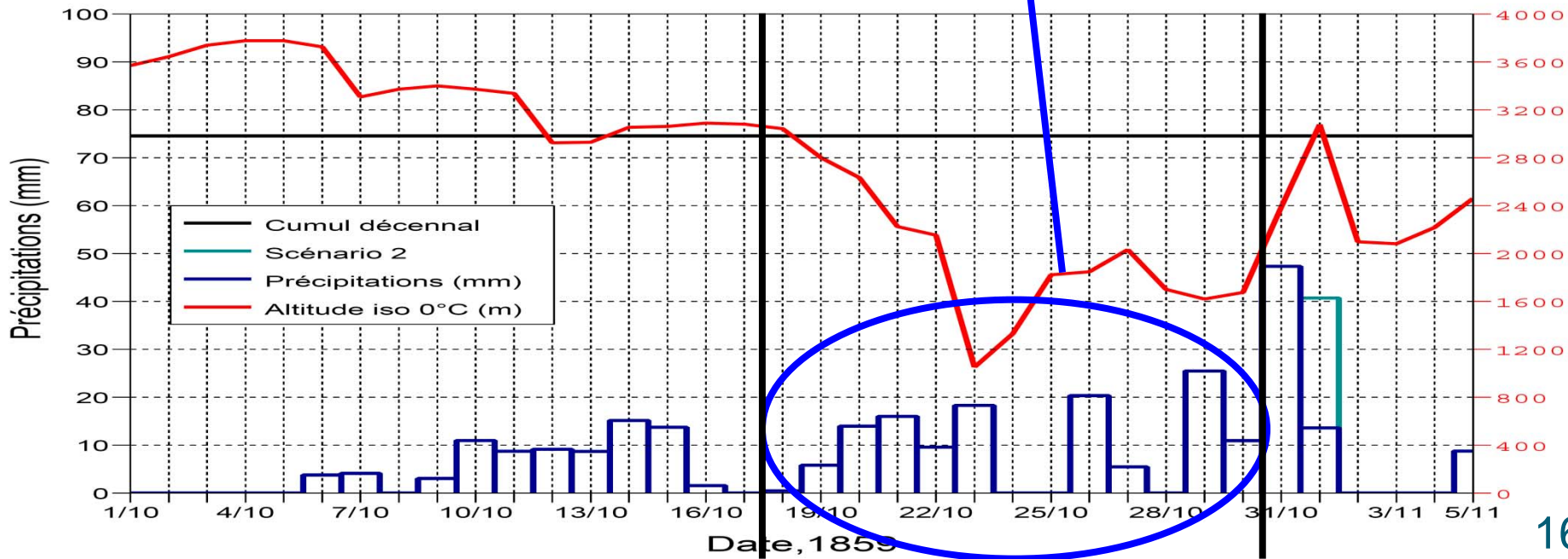
## Scénario de précipitations et de température sur le bassin moyen



# Courbe hypsométrique du bassin de l'Isère à Grenoble

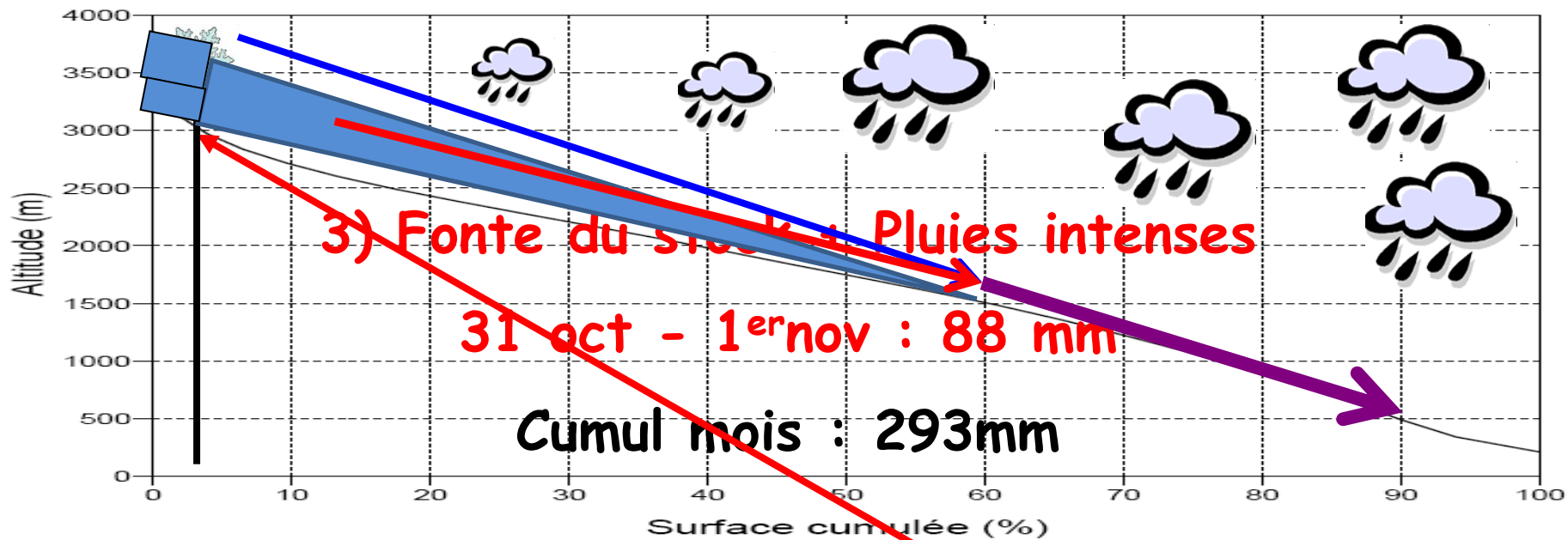


## Scénario de précipitations et de température sur le bassin moyen

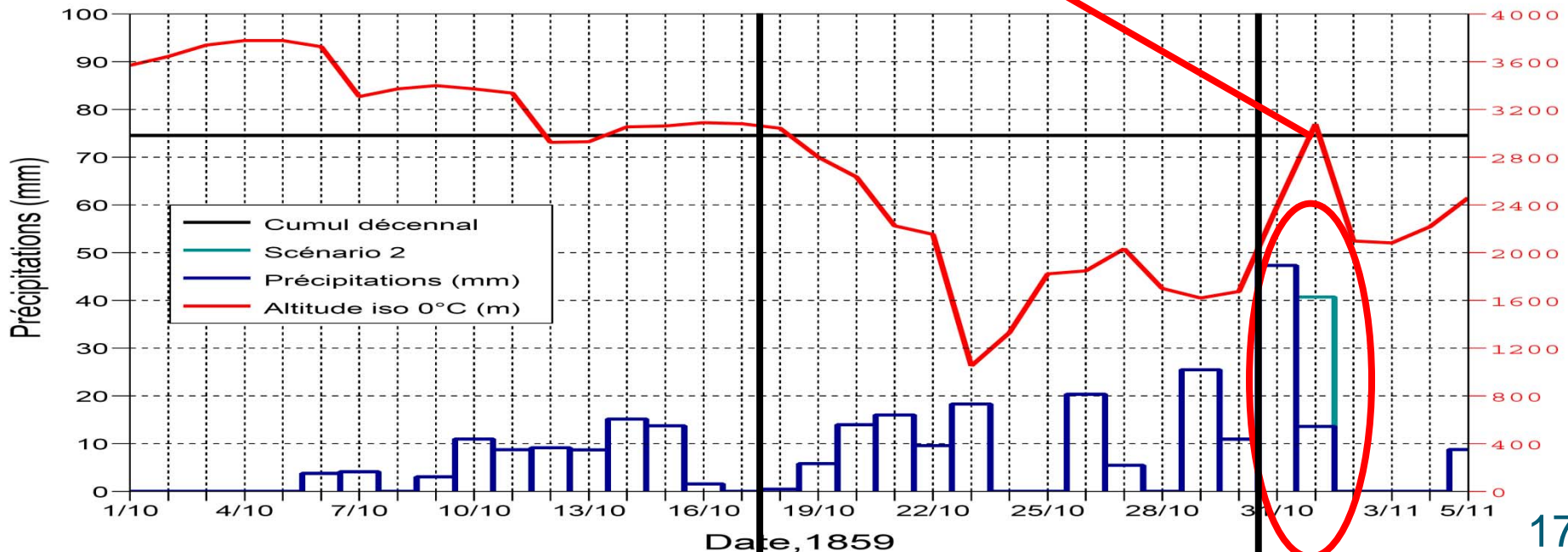




# Courbe hypsométrique du bassin de l'Isère à Grenoble



# Scénario de précipitations et de température sur le bassin moyen

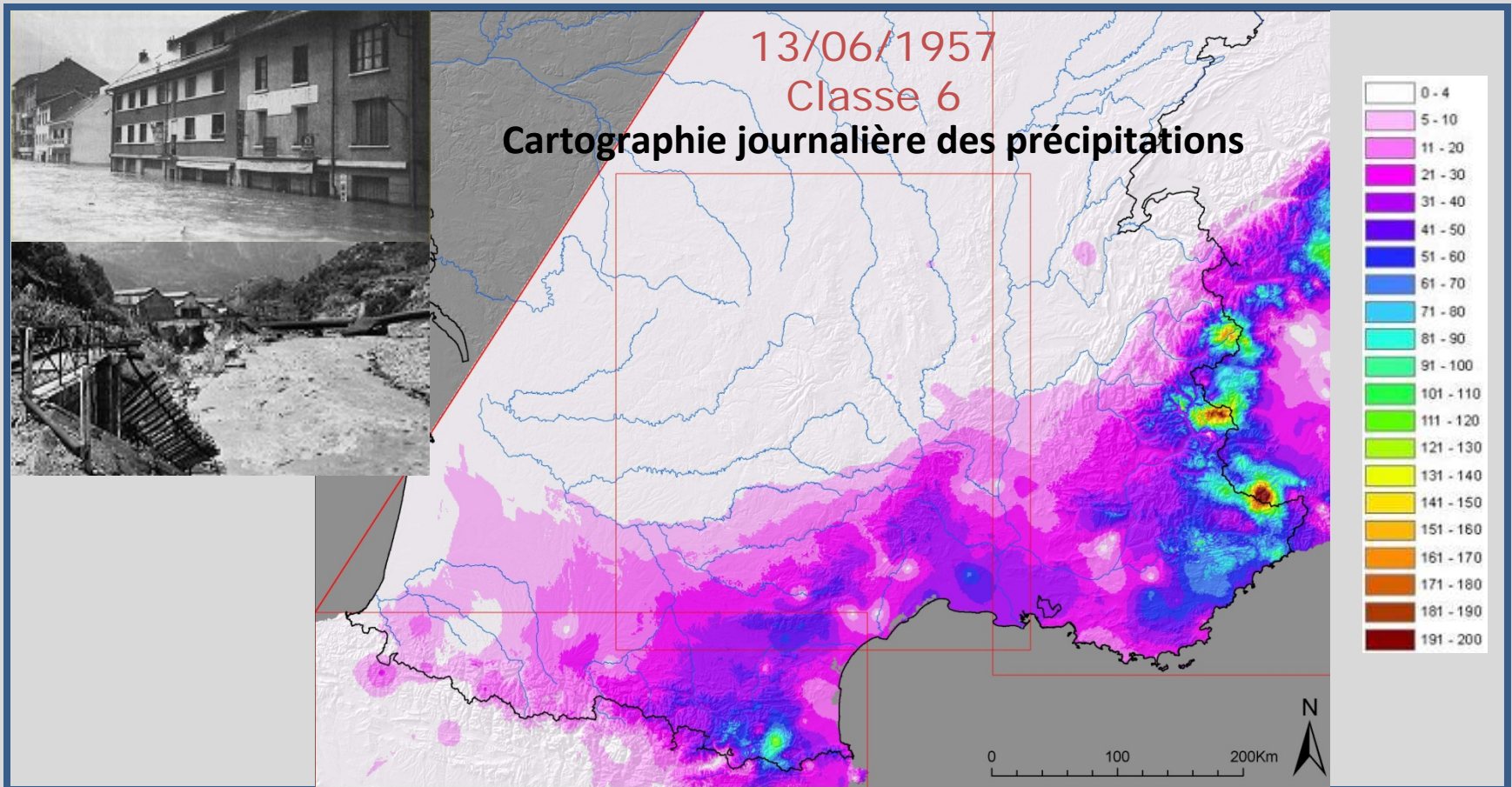


## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Connaissance des débits et des pluies : Synthèses, atlas...

Analyses des pluies extrêmes en Isère et dans les Alpes. Relations avec le relief (1996)

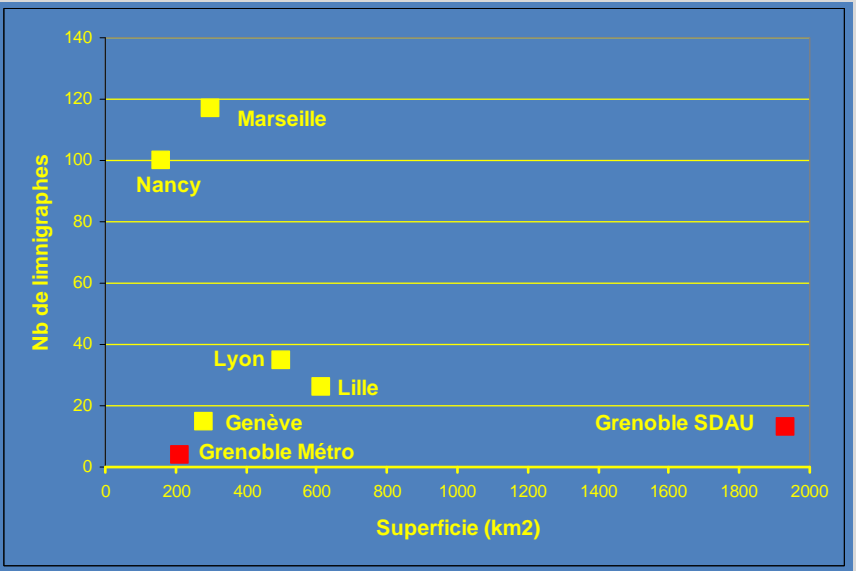
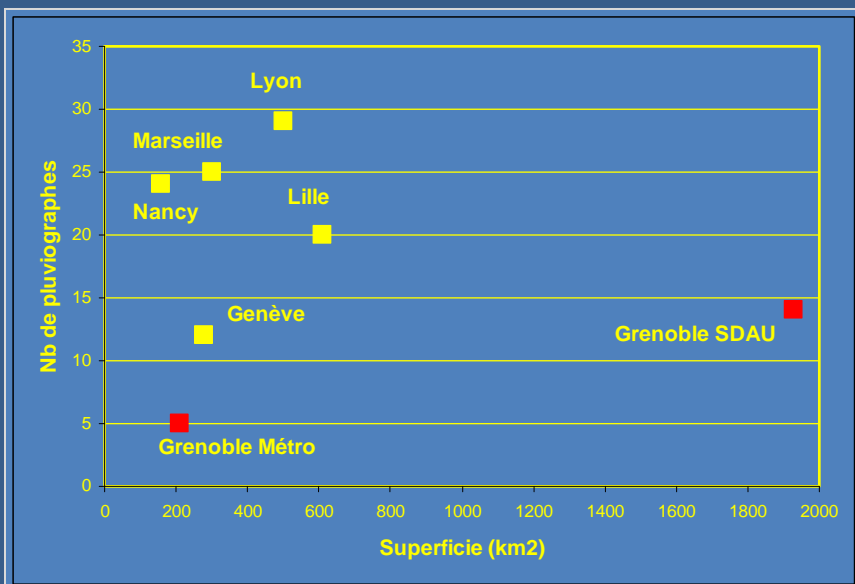


# Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

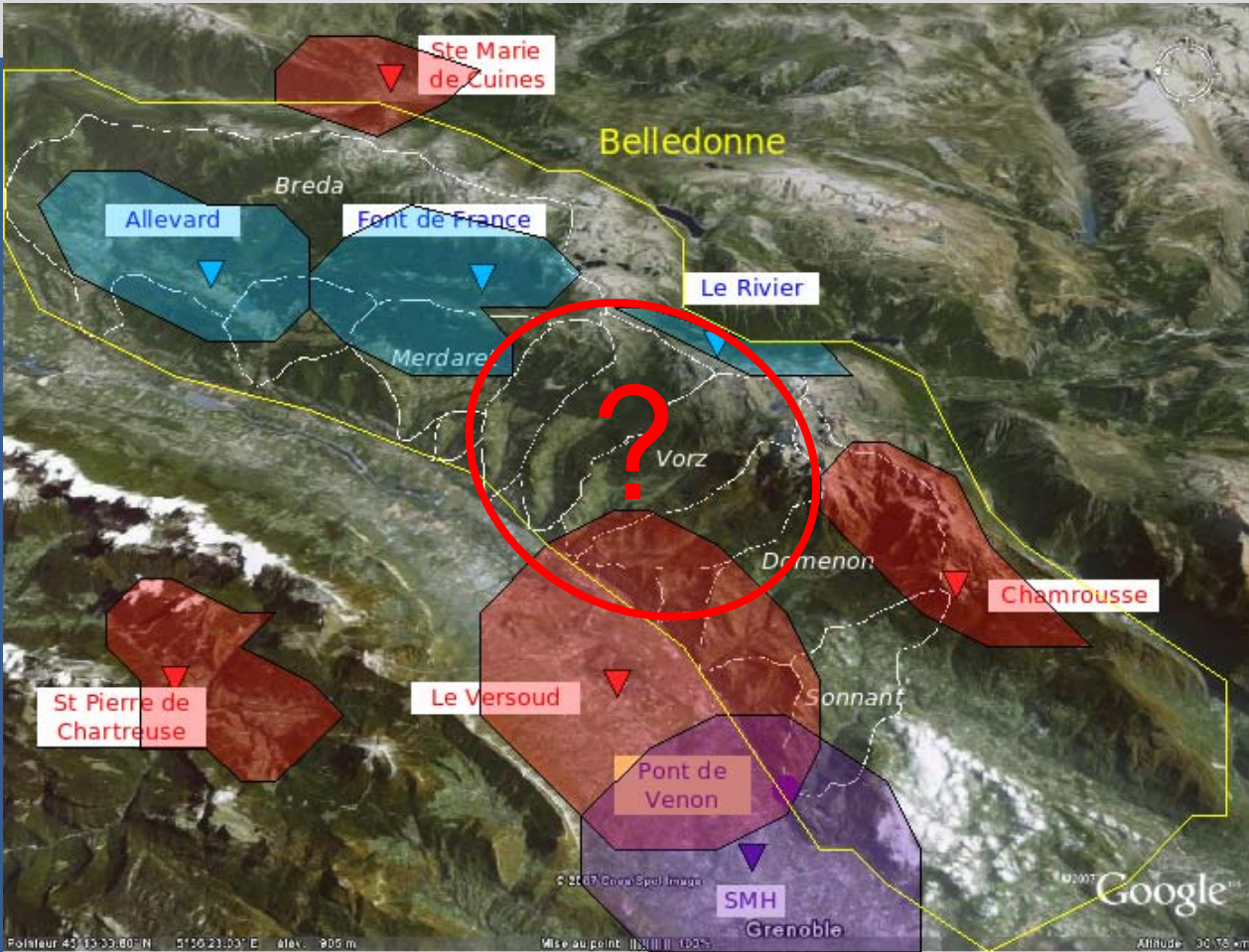
Connaissance des débits et des pluies : Synthèses, atlas...

Analyse critique de réseaux hydrométéorologiques existants :  
quels enseignements pour l'agglomération grenobloise ? (2000)



# Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence  
Réseau de mesure hydrométéorologique sur le massif de Belledonne



- Pluviographes METEO FRANCE
- Pluviographes EDF
- Pluviographe LTHE
- Zone approximative de représentativité des données pluies à pas de temps court (1/4h)

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : *Compréhension des processus*

Variabilité spatio-temporelle du ruissellement d'un versant (1998)



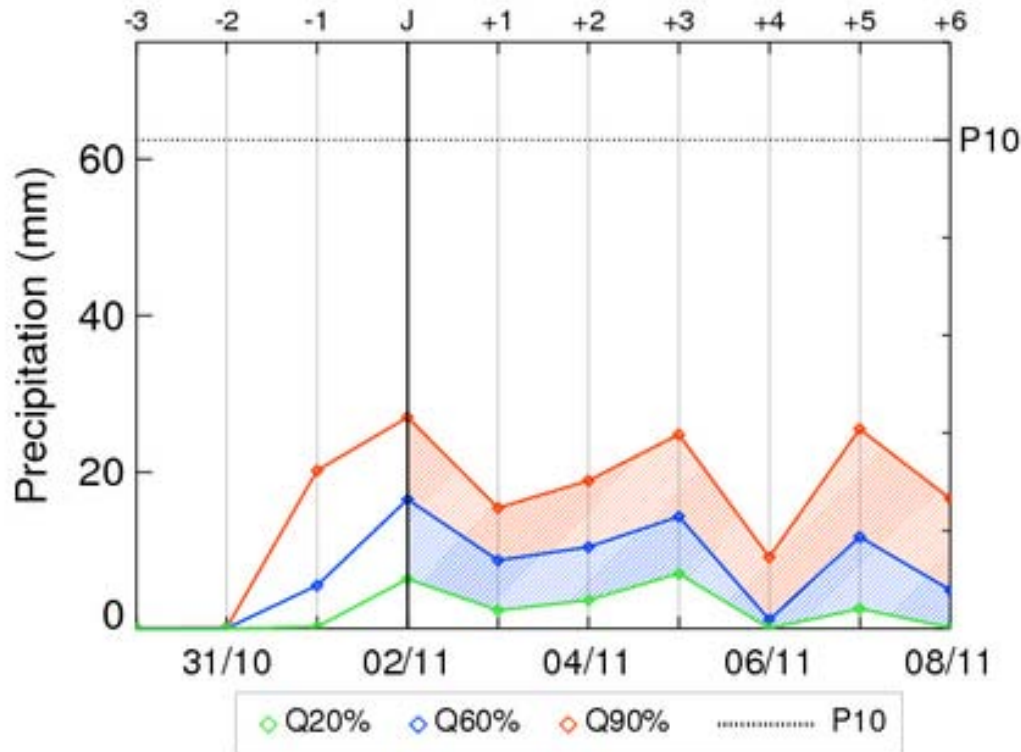
## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : *Modèles*

Prévision du risque pluviométrique à court et moyen terme sur la cuvette grenobloise et le Grésivaudan (2003)

Groupement pluviométrique de Belledonne-Grésivaudan  
Prévision émise le 02/11/2009



Exemples de Prévisions à 7 jours  
« fourchette » de risque pluviométrique  
pour la Zone Grésivaudan

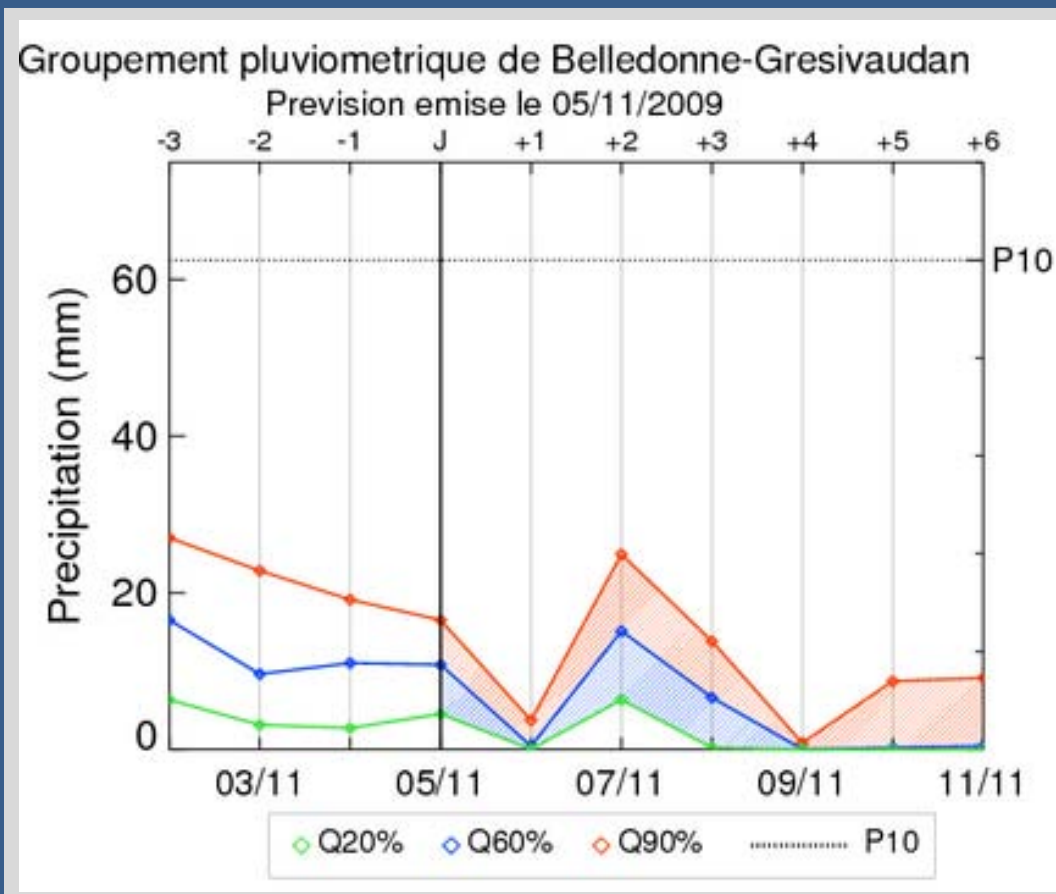
émises les 2, 5, 7 et 10 nov. 2009  
(consultables chaque jour  
sur le site OHMCV)

# Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : *Modèles*

Prévision du risque pluviométrique à court et moyen terme sur la cuvette grenobloise et le Grésivaudan (2003)



Exemples de Prévisions à 7 jours  
« fourchette » de risque pluviométrique  
pour la Zone Grésivaudan

émises les 2, 5, 7 et 10 nov. 2009  
(consultables chaque jour  
sur le site OHMCV)

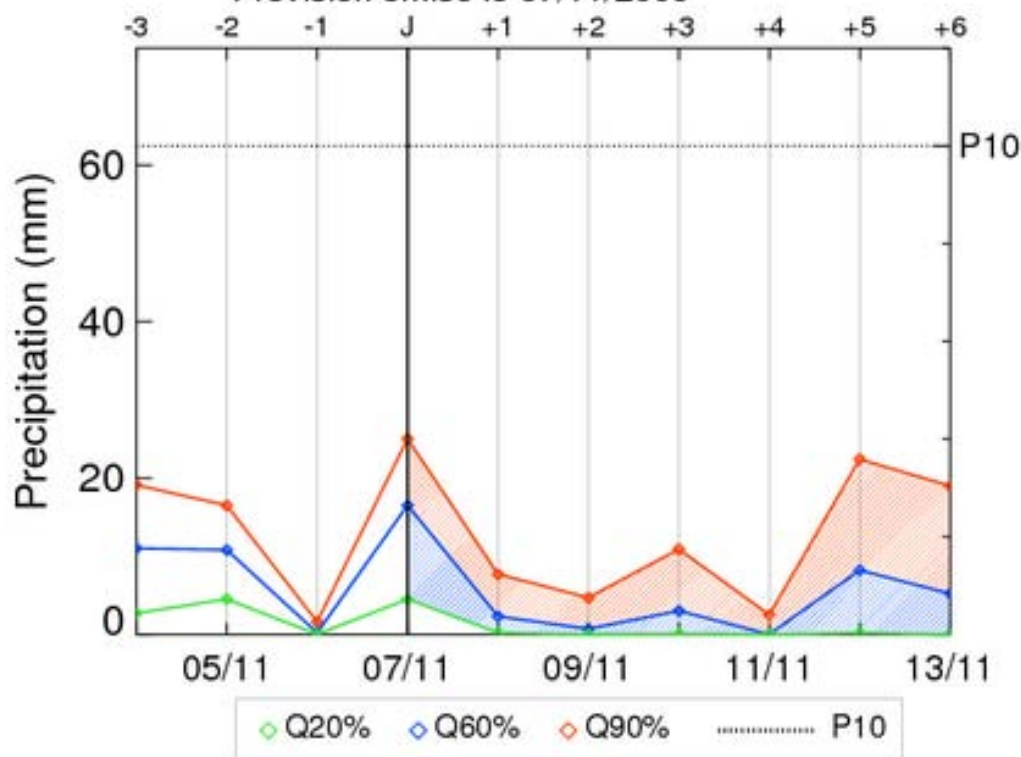
## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : *Modèles*

Prévision du risque pluviométrique à court et moyen terme sur la cuvette grenobloise et le Grésivaudan (2003)

Groupement pluviométrique de Belledonne-Grésivaudan  
Prévision émise le 07/11/2009



Exemples de Prévisions à 7 jours  
« fourchette » de risque pluviométrique  
pour la Zone Grésivaudan

émises les 2, 5, 7 et 10 nov. 2009  
(consultables chaque jour  
sur le site OHMCV)

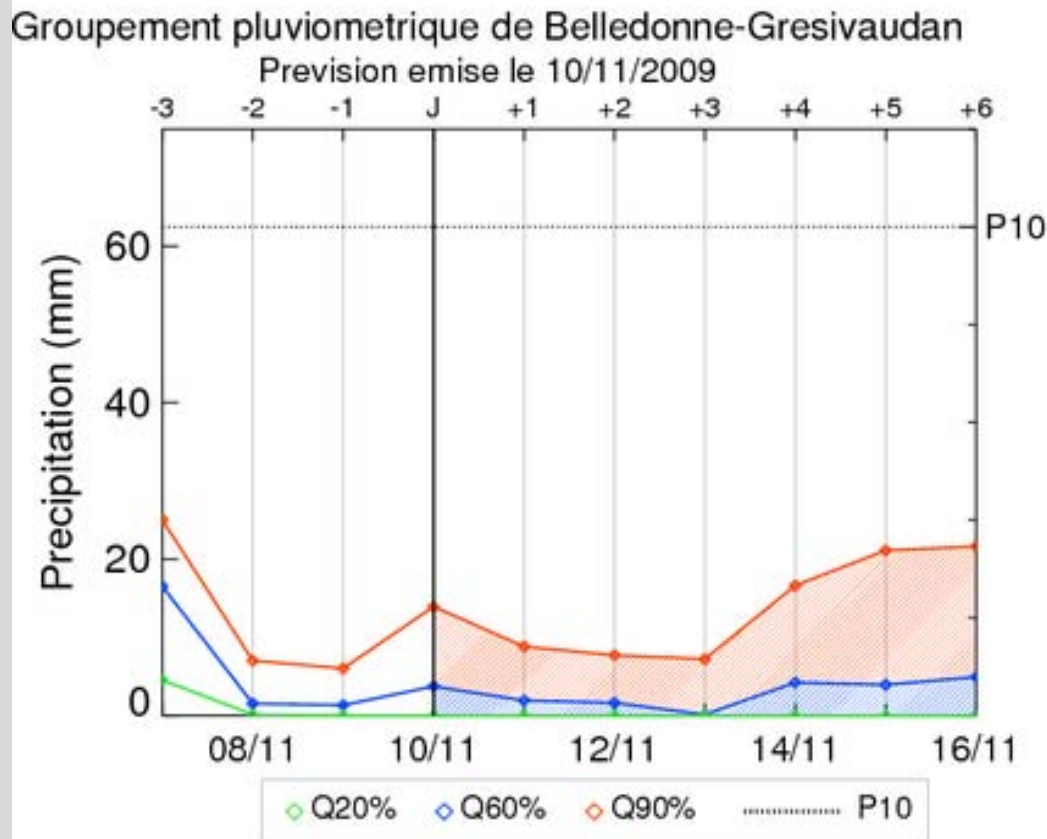


## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : *Modèles*

Prévision du risque pluviométrique à court et moyen terme sur la cuvette grenobloise et le Grésivaudan (2003)



Exemples de Prévisions à 7 jours  
« fourchette » de risque pluviométrique  
pour la Zone Grésivaudan

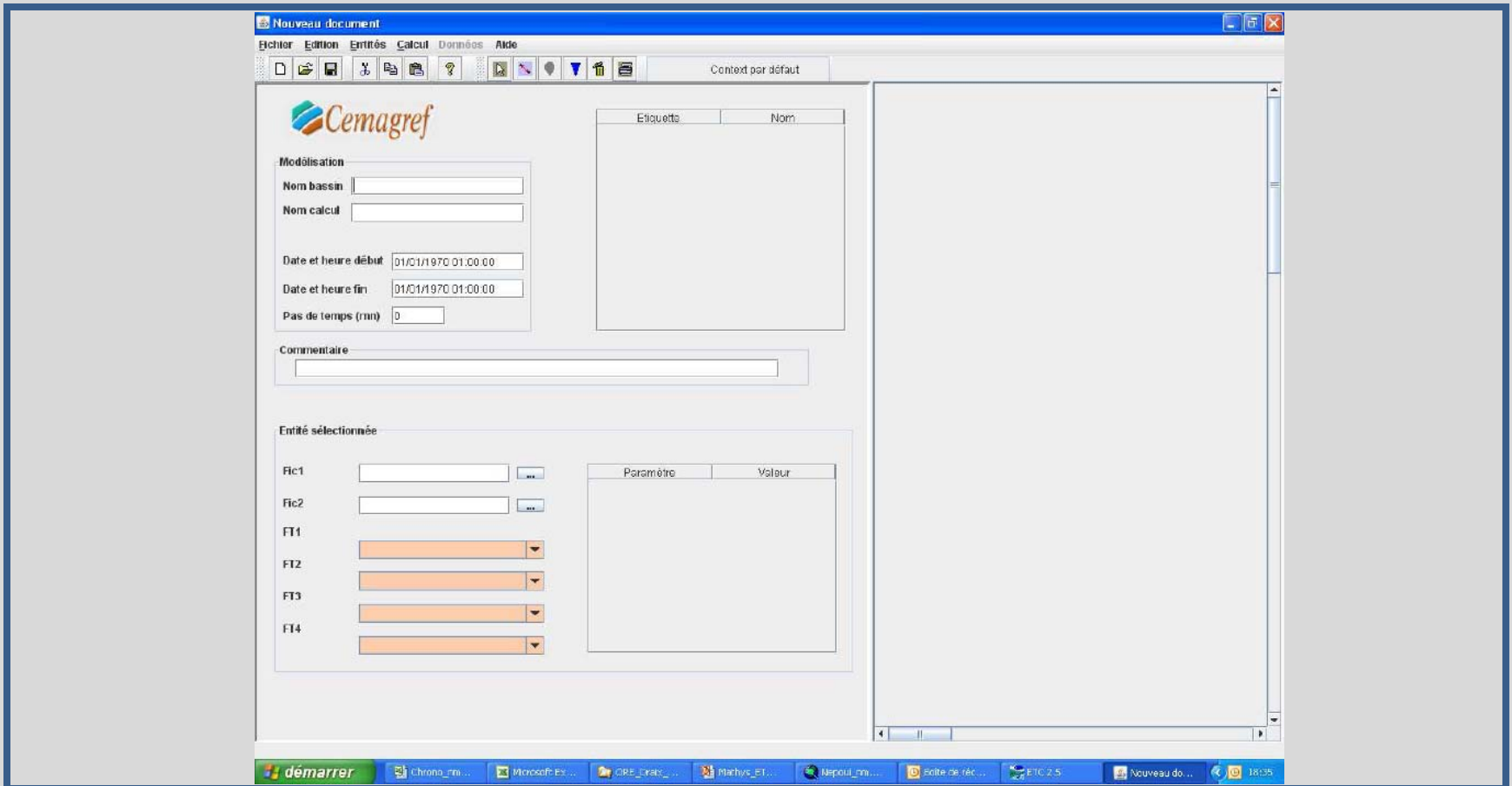
émises les 2, 5, 7 et 10 nov. 2009  
(consultables chaque jour  
sur le site OHMCV)

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : *Modèles*

Développement du modèle intégrateur de bassin versant torrentiel ETC (Erosion des torrents en crue) (1995)



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : Modèles

Développement du modèle intégrateur de bassin versant torrentiel ETC (Erosion des torrents en crue) (1995)

The screenshot shows the ETC software interface. Key elements include:

- Menu Bar:** Fichier, Edition, Entités, Calcul, Données, Aide.
- Toolbar:** Includes icons for file operations and a 'Créer biefs' button.
- Créer biefs Table:**

Etiquette	Nom
SB0	Versant 0
SB1	Versant 1
SB2	Versant 2
BF0	Bief 0
BF1	Bief 1
- Modélisation Form:**
  - Nom bassin: Exemple
  - Nom calcul: essai
  - Date et heure debut: 08/09/1994 00:00:00
  - Date et heure fin: 09/09/1994 00:00:00
  - Pas de temps (mn): 5
  - Commentaire: Bassin Exemple
- Entité sélectionnée Table:**

Paramètre	Valeur
Longueur (m)	0.0
Pente (%)	0.0
Largeur plat-fond (m)	0.0
Fruit	0.0
Stocker	0.0
Stock solide (m3)	0.0
d30 (mm)	0.0
d50 (mm)	0.0
d maxen (mm)	0.0
d30 (mm)	0.0
d30 pavage (mm)	0.0
Vitesse fluide (m/s)	0.0
- Graphical View:** Shows a network of basins with nodes SB0, SB1, SB2, BF0, and BF1. Green areas represent basins, and blue lines represent channels.

# Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : Modèles

Développement du modèle intégrateur de bassin versant torrentiel ETC (Erosion des torrents en crue) (1995)

**Tableau des entités :**

Etiquette	Nom
SB0	Versant 0
SB1	Versant 1
SB2	Versant 2
SB3	Versant 3
BF0	Etaf 0
BF1	Etaf 1
BF2	Etaf 2
BF3	Etaf 3

**Entité sélectionnée : Versant SB1**

**Pluie :** Modélisation\_TS\pluie\_kerry.bd

**Hydro :**

**Production du ruissellement :** Linéaire à seuil

**Transfert du ruissellement :** Hydrogramme unitaire

**Erosion des versants :** Ablation linéaire

**Paramètres :**

Paramètre	Valeur
Coeff. mult. de la pluie	0.0
Surface (km <sup>2</sup> )	15.0
Seuil ruissellement (...)	20.0
Coeff. de ruissellement	0.3
Infiltration max. SCS (...)	0.0
Rétention initiale SCS	0.0
Paramètre 6	0.0
Paramètre 7	0.0
Taux remplissage GR2	0.0
Coeff. production GR2	0.0
Coeff. transfert GR2 (...)	0.0
Paramètre 11	0.0

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : Modèles

Développement du modèle intégrateur de bassin versant torrentiel ETC (Erosion des torrents en crue) (1995)

The screenshot displays the ETC software interface. On the left, the 'Modélisation' section includes fields for 'Nom bassin' (Exemple), 'Nom calcul' (essai1), and date/time settings. Below this is a 'Commentaire' field with the text 'Bassin Exemple'. The 'Entité sélectionnée' section shows 'Bief BF3' selected, with a red circle around the 'Hydro AV' dropdown menu. The 'Paramètre' table lists various hydraulic parameters for the selected bief.

Etiquette	Nom
SB0	Versant 0
SB1	Versant 1
SB2	Versant 2
SB3	Versant 3
BF0	Etaf 0
BF1	Etaf 1
BF2	Etaf 2
BF3	Etaf 3

Paramètre	Valeur
Longueur (m)	200.0
Pente (%)	4.0
Largeur platfond (m)	8.0
Fruil	1.0
Strickler	16.0
Stock solide (m3)	400.0
d30 (mm)	0.0
d50 (mm)	0.0
d moyen (mm)	0.0
d90 (mm)	0.0
d90 pavage (mm)	0.0
Vitesse fluide (m/s)	0.0

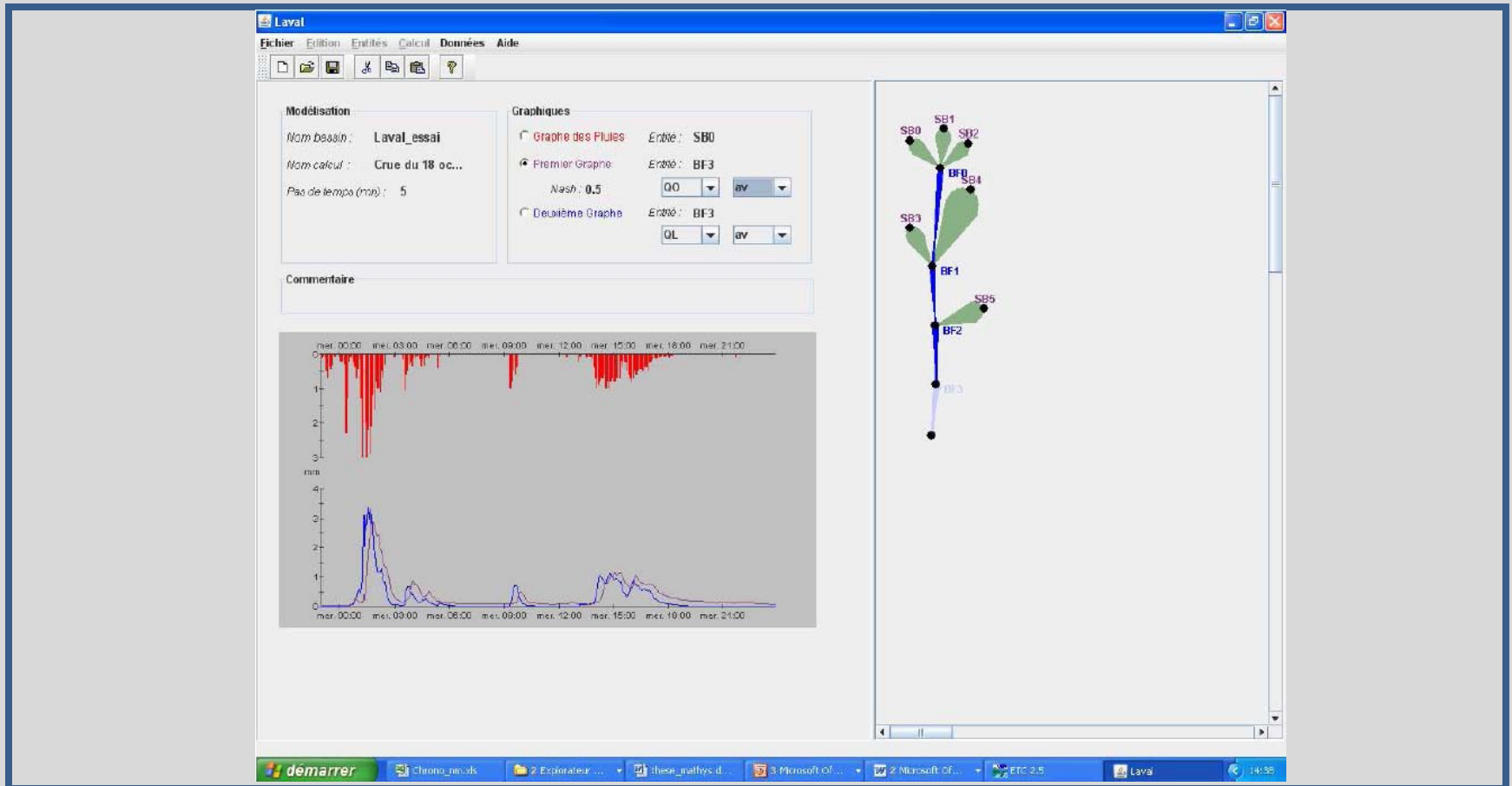
On the right, a network diagram shows a central node BF1 connected to nodes BF0, BF2, and BF3. Each of these nodes is further connected to a sub-basin (SB0, SB1, SB2, SB3) represented by green teardrop shapes.

## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Modélisation pluies / débits : Modèles

Développement du modèle intégrateur de bassin versant torrentiel ETC (Erosion des torrents en crue) (1995)



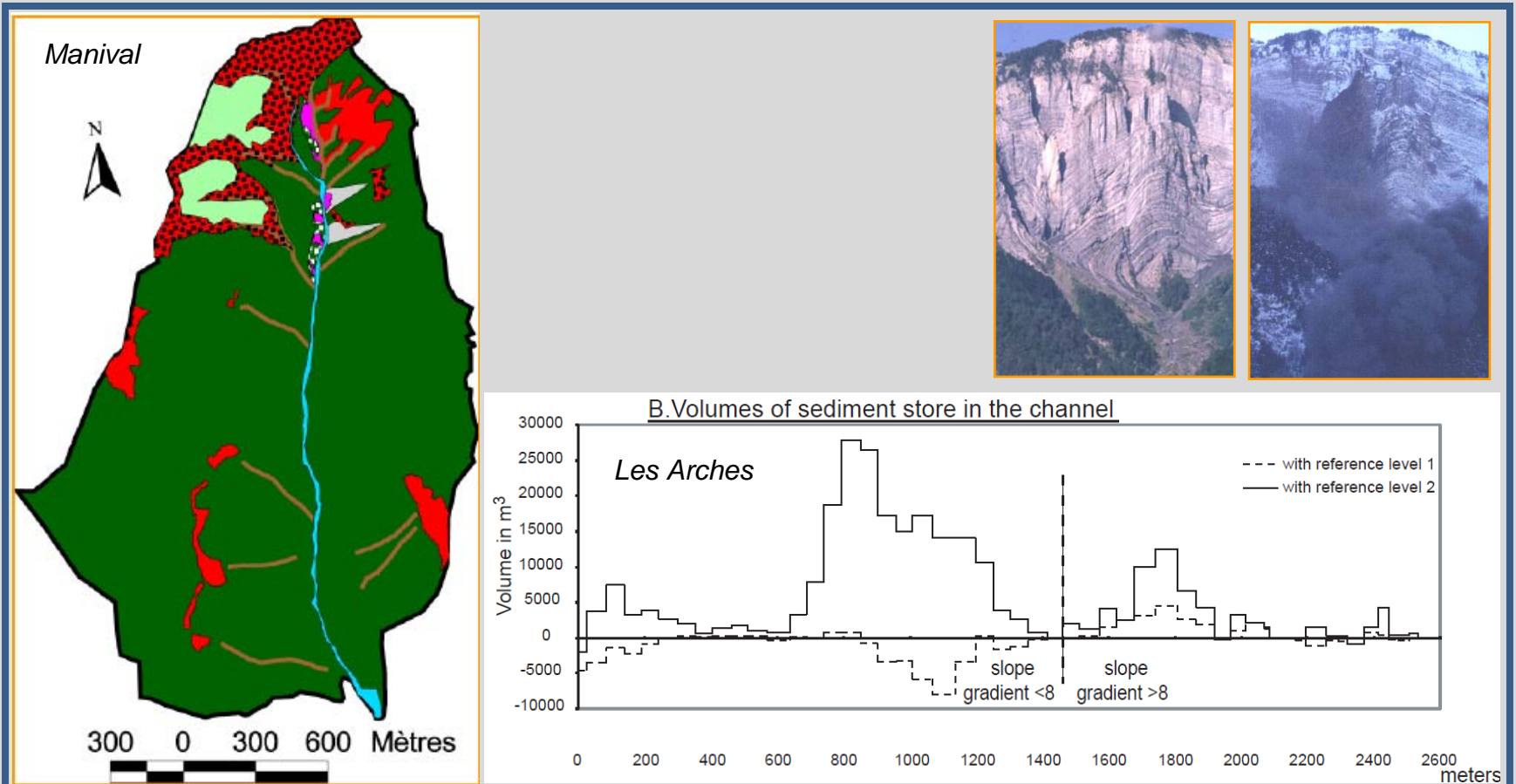
## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Quantification des transports solides : *Production sédimentaire*

Dynamique de la fourniture des matériaux au torrent du Manival (2000)

Bilan sédimentaire et application d'une méthode d'estimation des volumes de laves torrentielles (2002)

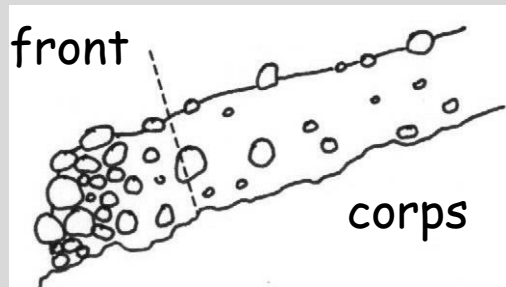


## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

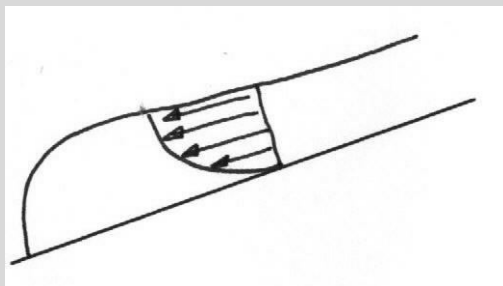
Quantification des transports solides : *Lois de comportement, lois d'écoulement*

Etude de l'écoulement et du dépôt des laves torrentielles (1992 – 1993)



Lave torrentielle

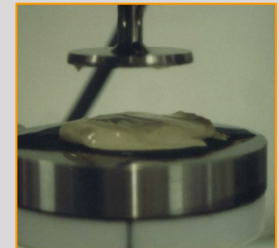
représentée par



Écoulement laminaire d'un  
fluide visqueux



Recherche des  
« lois de comportement »  
(*rhéologie*)  
et des lois d'écoulement





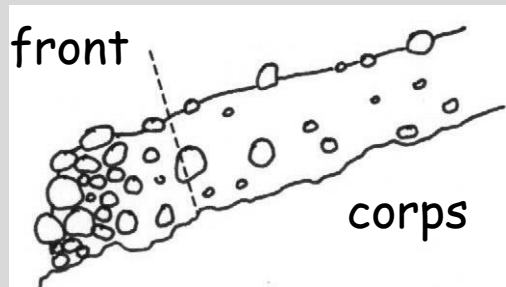
## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Quantification des transports solides : *Lois de comportement, lois d'écoulement*

Etude de l'écoulement et du dépôt des laves torrentielles (1992 – 1993)

Rhéologie des laves torrentielles : influence et formation du front granulaire (2005)



Lave torrentielle

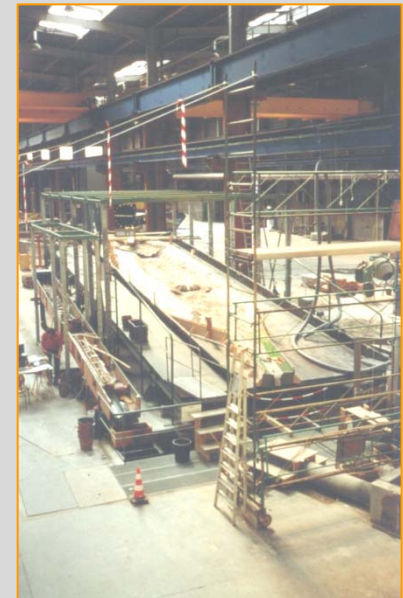
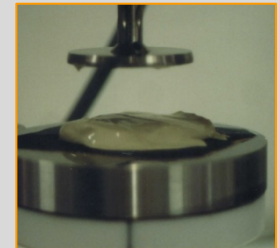
représentée par



Écoulement laminaire d'un fluide visqueux



Recherche des  
« lois de comportement »  
(*rhéologie*)  
et des lois d'écoulement



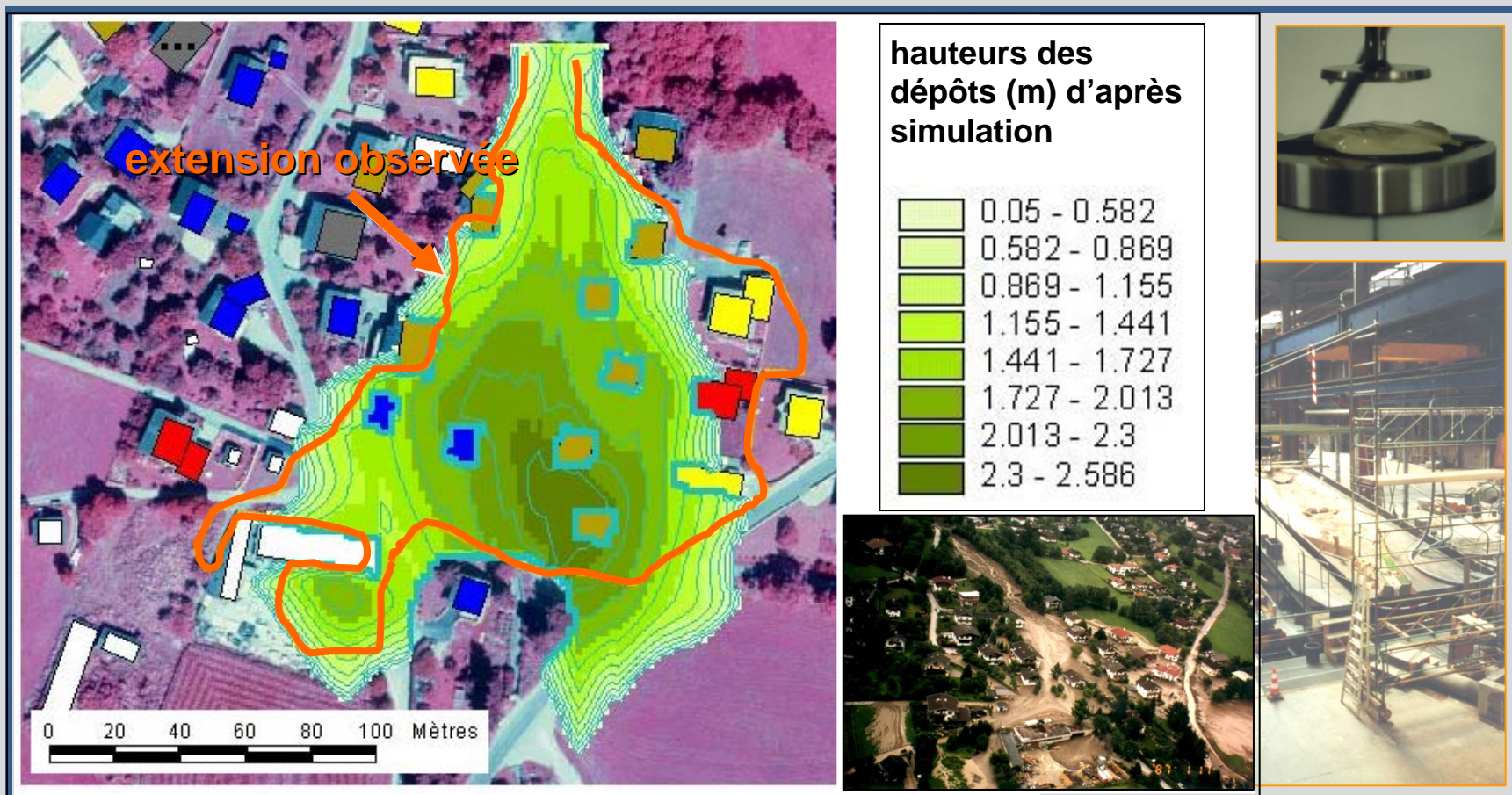
## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la connaissance de l'aléa : intensité, fréquence

Quantification des transports solides : *Lois de comportement, lois d'écoulement*

Etude de l'écoulement et du dépôt des laves torrentielles (1992 – 1993)

Rhéologie des laves torrentielles : influence et formation du front granulaire (2005)

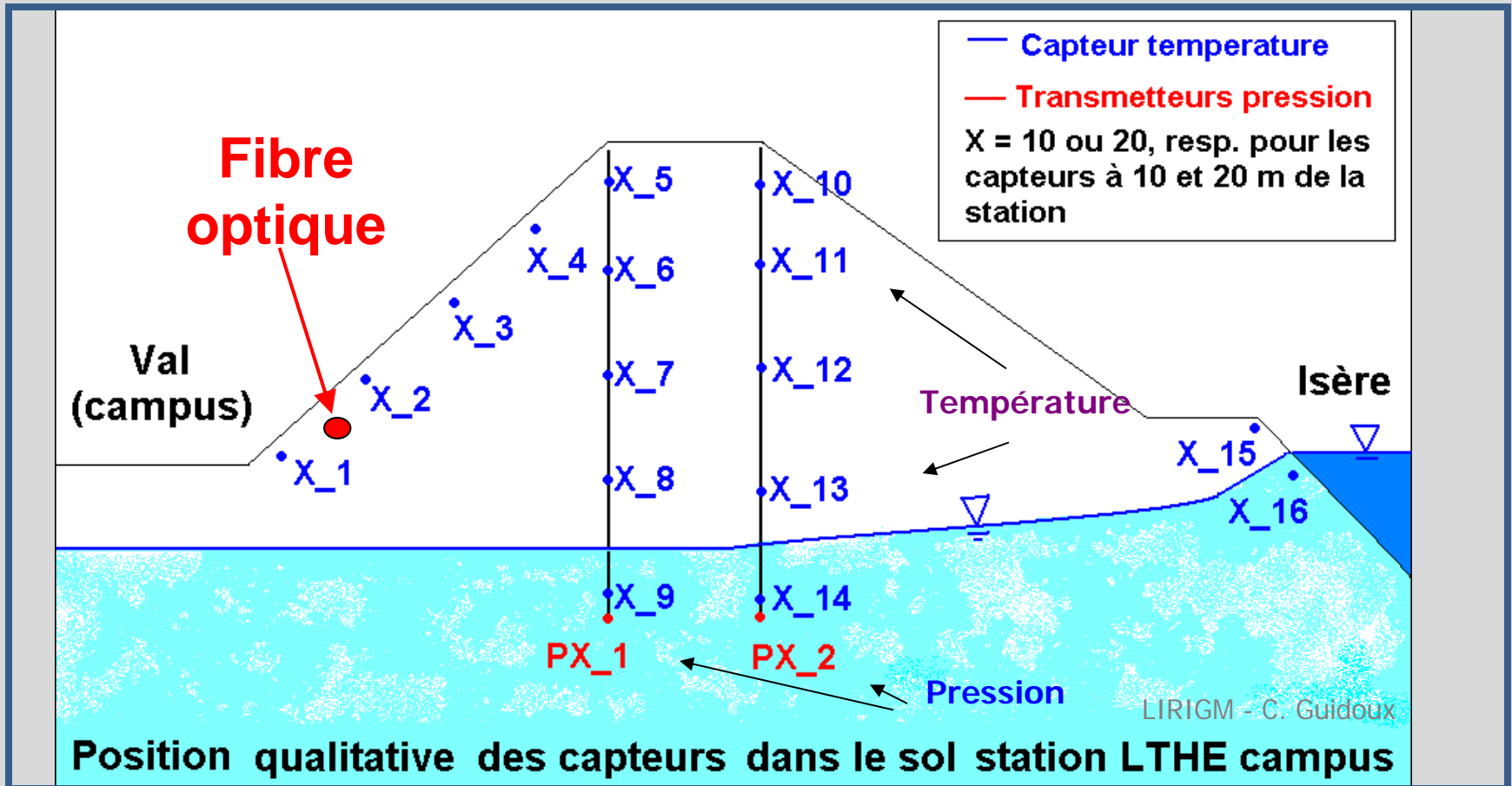


## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la sécurité : protection, prévention

Protection / prévention : *Ouvrages et techniques*

Détection des fuites dans les digues de l'Isère par mesures de températures (2005)

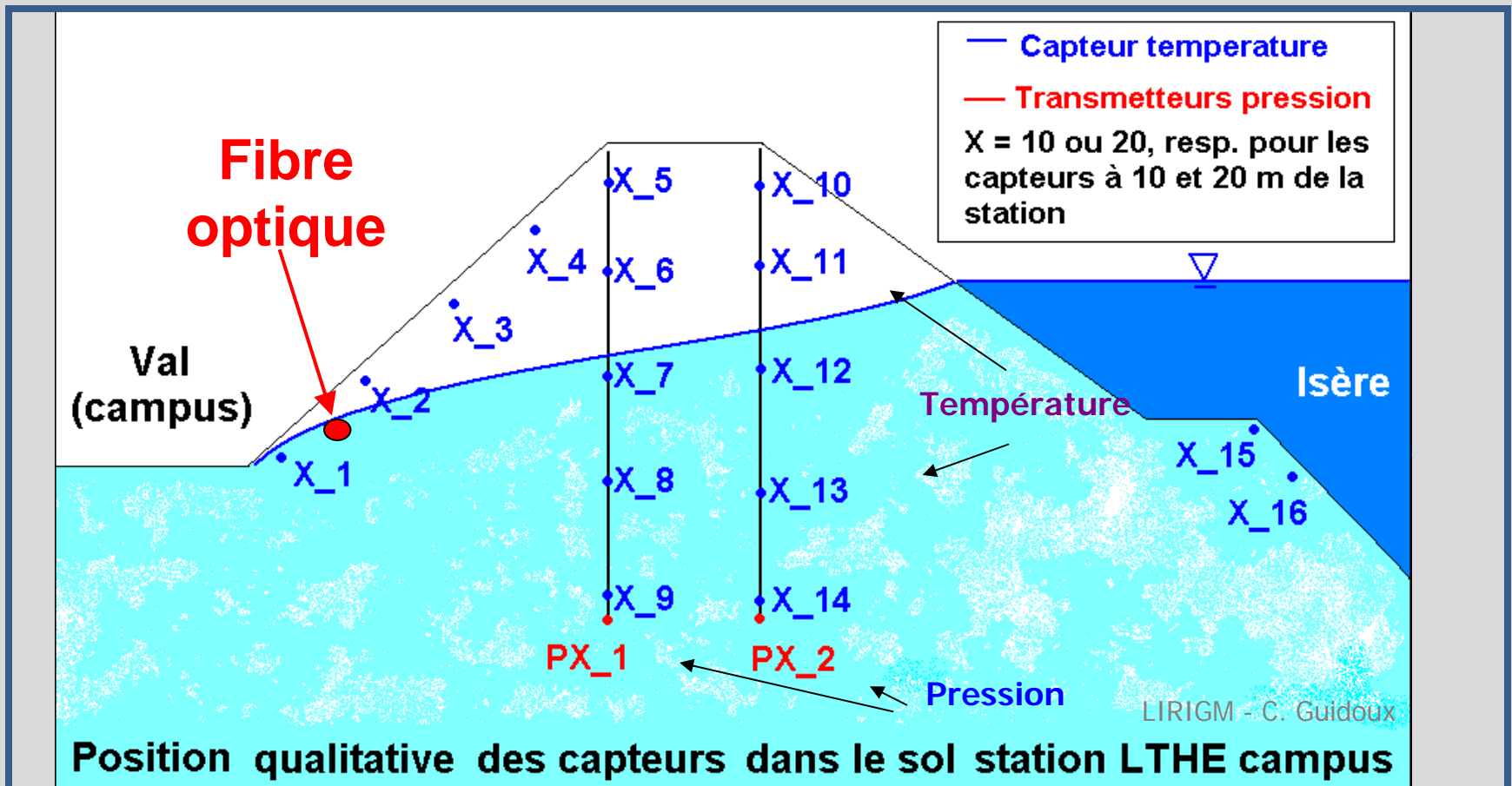


## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la sécurité : protection, prévention

Protection / prévention : *Ouvrages et techniques*

Détection des fuites dans les digues de l'Isère par mesures de températures (2005)

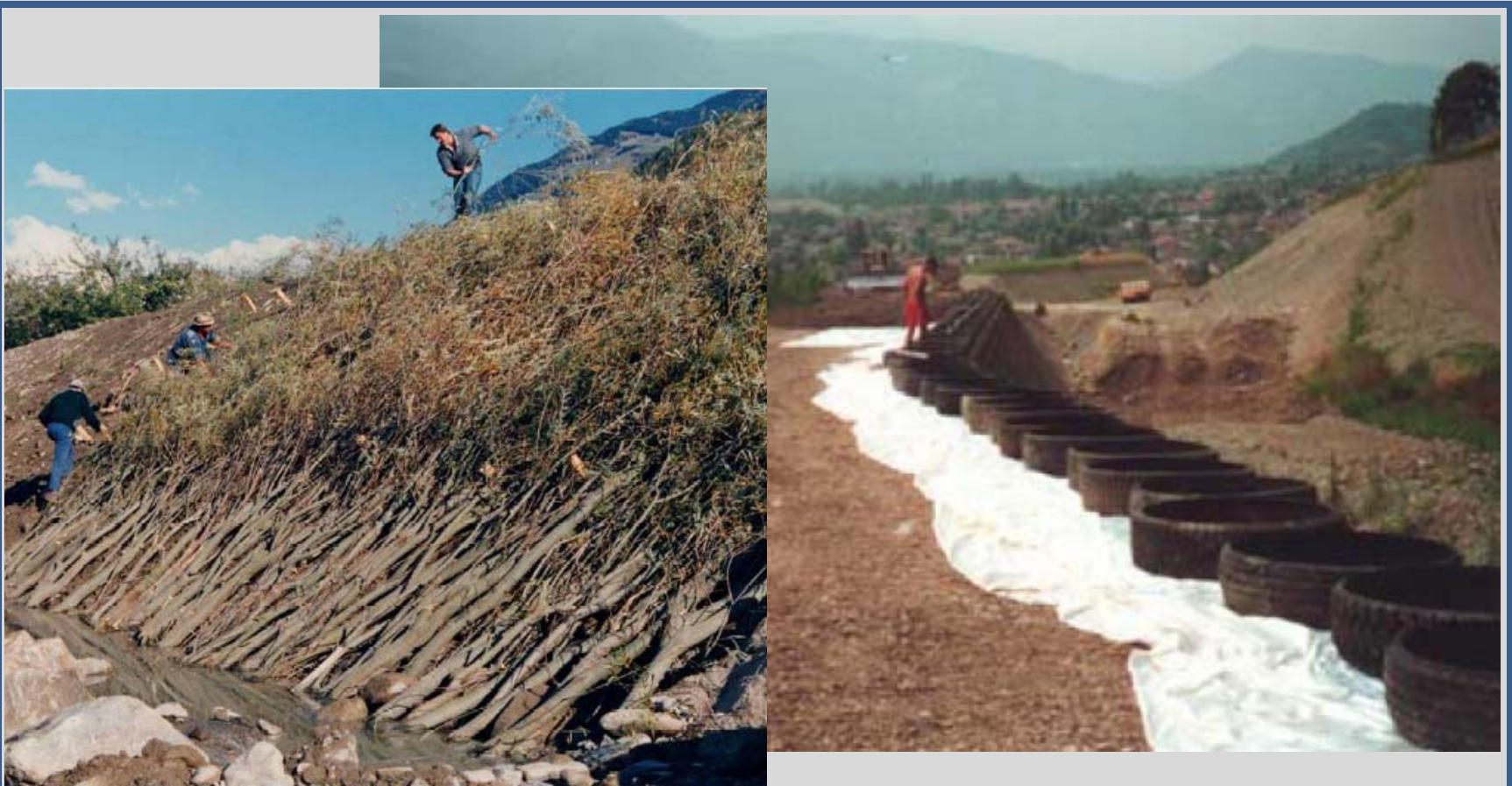


## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

Améliorer la sécurité : protection, prévention

Protection / prévention : *Ouvrages et techniques*

Synthèse et bilan critique des réalisations de génie écologique pour la maîtrise de l'érosion en rivière (2006-2007)  
Ouvrages de protection contre les risques naturels et ouvrages en sites instables (1999)



## Risques liés à l'eau : inondations et torrents

### Conclusion - bilan

- Des résultats importants,
  - tant au plan scientifique
  - qu'à des fins opérationnelles (dont UEE)
- Indiscutable « effet de levier »
  - UE : INTERREG, PCRD,
  - CPER, programmes nationaux, RIO - RDT, ANR, ...
- Besoin crucial de données :
  - pluies : couverture pluvio (Métro - Grésivaudan)
  - débits liquides (Torrents Belledonne)
  - transports solides
- Mais encore beaucoup à faire...