



**PRÉFET
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

VIGICRUES

GEMAPI ET PREVISION DES CRUES SUR LES ALPES DU NORD

Grenoble - 17 janvier 2023

DREAL ARA / SPC Alpes du Nord



L'Arly à Ugine [Moulin-Ravier] – Janvier 2004 (DDT73)

Introduction

| | | |
|-------------------------------------|-----------------|---|
| 10h00-10h30 | Alain GAUTHERON | Objectifs de la journée |
| 10h30-11h00 | Raphaël RIBEYRE | C'est quoi un SDAL ? |
| Outils et services nationaux | | |
| 11h00-11h30 | Denis ROY | Météo-France |
| 11h30-12h00 | Simon EDOUARD | Vigicrues - SPC Alpes du Nord |
| 12h00-12h30 | Yann QUEFFELEAN | Restauration des Terrains en Montagne (RTM) |

12h30-14h00 - Pause repas

Présentation de dispositifs locaux

| | | |
|-------------|--|--|
| 14h00-14h30 | Stéphanie BARDEAU | SIABH - Bassin de l'Herbasse |
| 14h30-15h00 | Caroline AUBE | ComCom Val Vanoise et commune des Allues |
| 15h00-15h30 | Céline THOMAS Marc BONNEFOI-CALMELS | Grenoble Alpes Métropole |
| 15h30-16h00 | Cyril JOUSSE | SM3A – Bassin de l'Arve |
| 16h00-16h30 | Échanges | |



- Dans le cadre de ses missions, le SPC assure un appui technique aux collectivités
- La demande est de plus en plus forte notamment dans le cadre de l'axe 2 des PAPI mais les effectifs du SPC reste contraint
- Le domaine de la surveillance et de la prévision reste très technique avec des enjeux forts de garantie de fonctionnement et de continuité de service
- L'objectif est d'essayer de sortir en partie du cas par cas



Objectifs de la journée

INFORMER
SUR LES
SOLUTIONS

ANIMER
UN RÉSEAU
TECHNIQUE

ENCOURAGER
LA MISE EN ŒUVRE
DE SDAL

INITIER
DES
COOPÉRATIONS

ÉCHANGER
SUR
EXPÉRIENCES

Code l'environnement : L564-1 à L564-3

Décret n° 2005-28 du 12 janvier 2005

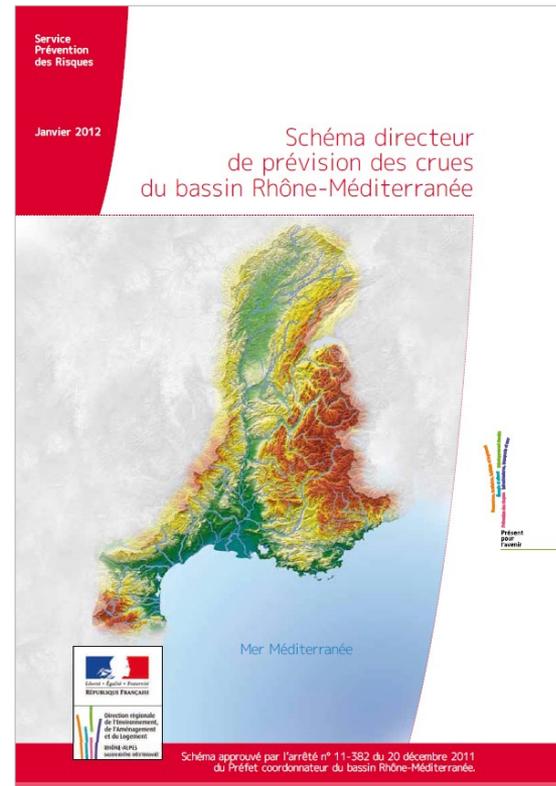
Arrêté du 15/02/05 relatif aux SDPC et aux RIC



- Les dispositifs peuvent être mis en place par :
 - l'État et ses établissements publics
 - Les collectivités et leurs groupements
- L'État assure la cohérence entre les dispositifs de surveillance et de prévision des crues
- Accès gratuit aux informations et prévisions de l'État et de ses établissements publics mais aussi à celles des gestionnaires d'ouvrages hydrauliques
- Transmission des informations et prévisions aux autorités détentrices d'un pouvoir de police

- Le SDPC définit le périmètre d'intervention de l'État sur le bassin RM (organisation des SPC et périmètre surveillé)
- Il rappelle la mission d'assistance aux communes de la part des SPC (3.2)
- Il liste les dispositifs de surveillance des collectivités
- Il précise les conditions de cohérence entre les différents dispositifs (5.3.2)
NB : en renvoyant vers le règlement du SPC
- Il date de 2011 et doit être révisé.

https://www.vigicrues.gouv.fr/ftp/SDPC/SDPC_Rhone-Mediterranee.pdf



- Le Règlement de Surveillance, de Prévision et de Transmission de l'Information sur les Crues (RIC) met en œuvre le SDPC
- Article 1 : Intervention de l'État
 - Délimitation du territoire
 - Liste des tronçons surveillés et communes associées
- Article 2 : Intervention des collectivités territoriales
 - Description des dispositifs identifiés dans le SDPC
 - Précise les relations avec le SPC (convention)
 - Rappel les grands principes (non superposition, avertissement directe des autorités locales, information du préfet et du SPC)

https://www.vigicrues.gouv.fr/ftp/RIC/RIC_SPC_AN.pdf

Le RIC du SPC AN

PREVENTION
DES RISQUES

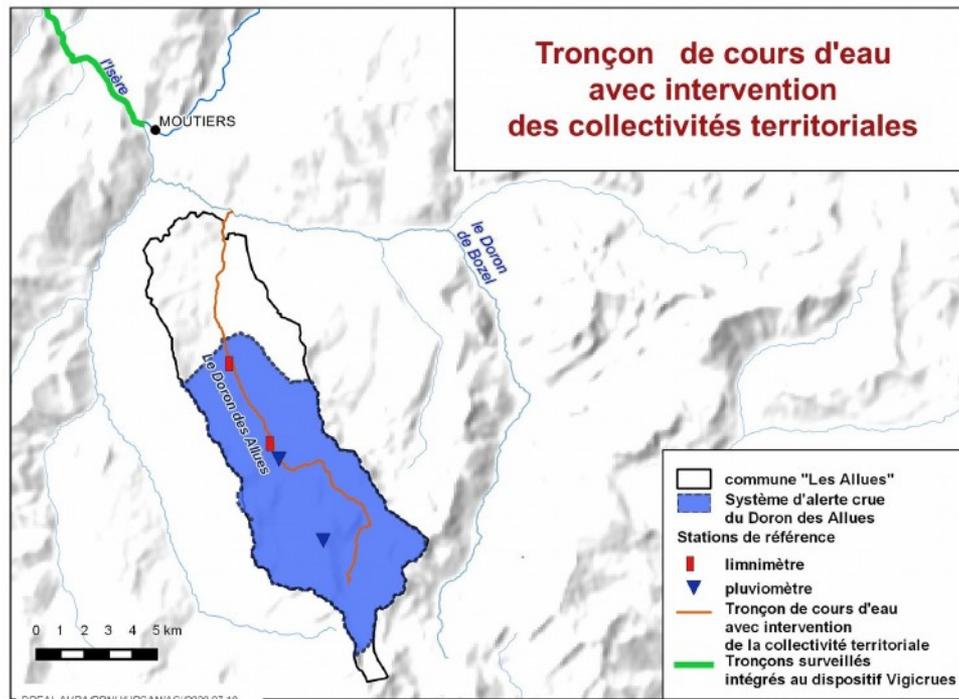
Règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'Information sur les Crues du Service de prévision des crues Alpes du Nord (RIC)

Règlement approuvé par l'arrêté n°2021-526
du 13/12/2021 du préfet de région

- Un seul dispositif identifié à ce jour :

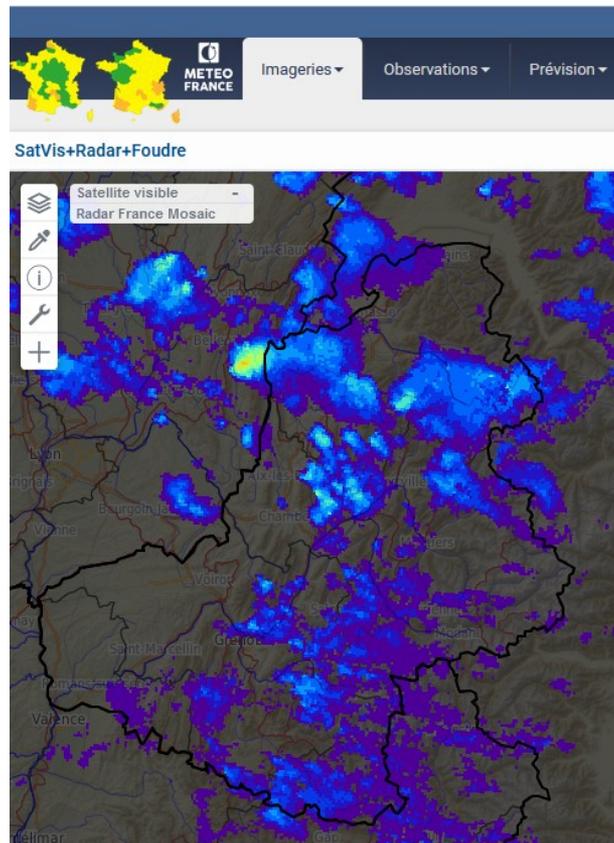
le système d'alerte aux crues du Doron des Allues

*cf. présentation
de cet après-midi
de la CC Val Vanoise*



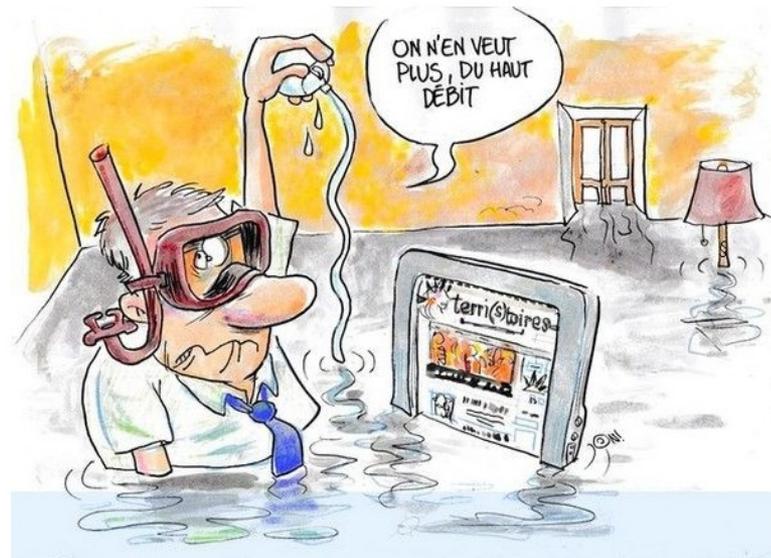
NB : Erreur sur la version en ligne du RIC avec annexe 7 manquante (à corriger)

- Le référencement au sein du SDPC et du RIC permet un accès privilégié aux données :
 - des SPC
 - de Météo-France
 - des gestionnaires d'ouvrage (mais convention spécifique)
- Il permet aussi une identification par les SPC et par conséquent de bénéficier d'un appui technique



Les limites du dispositif actuel

- Mais le SDPC mis à jour tous les 10 ans et les RIC tous les 5 ans
- Le formalisme actuel est mal adapté aux mises à jour
- Pas de différenciation selon la nature des SDAL
- Des orientations plus que des obligations
- Avec une très forte progression des demandes avec la mise en place de la GEMAPI

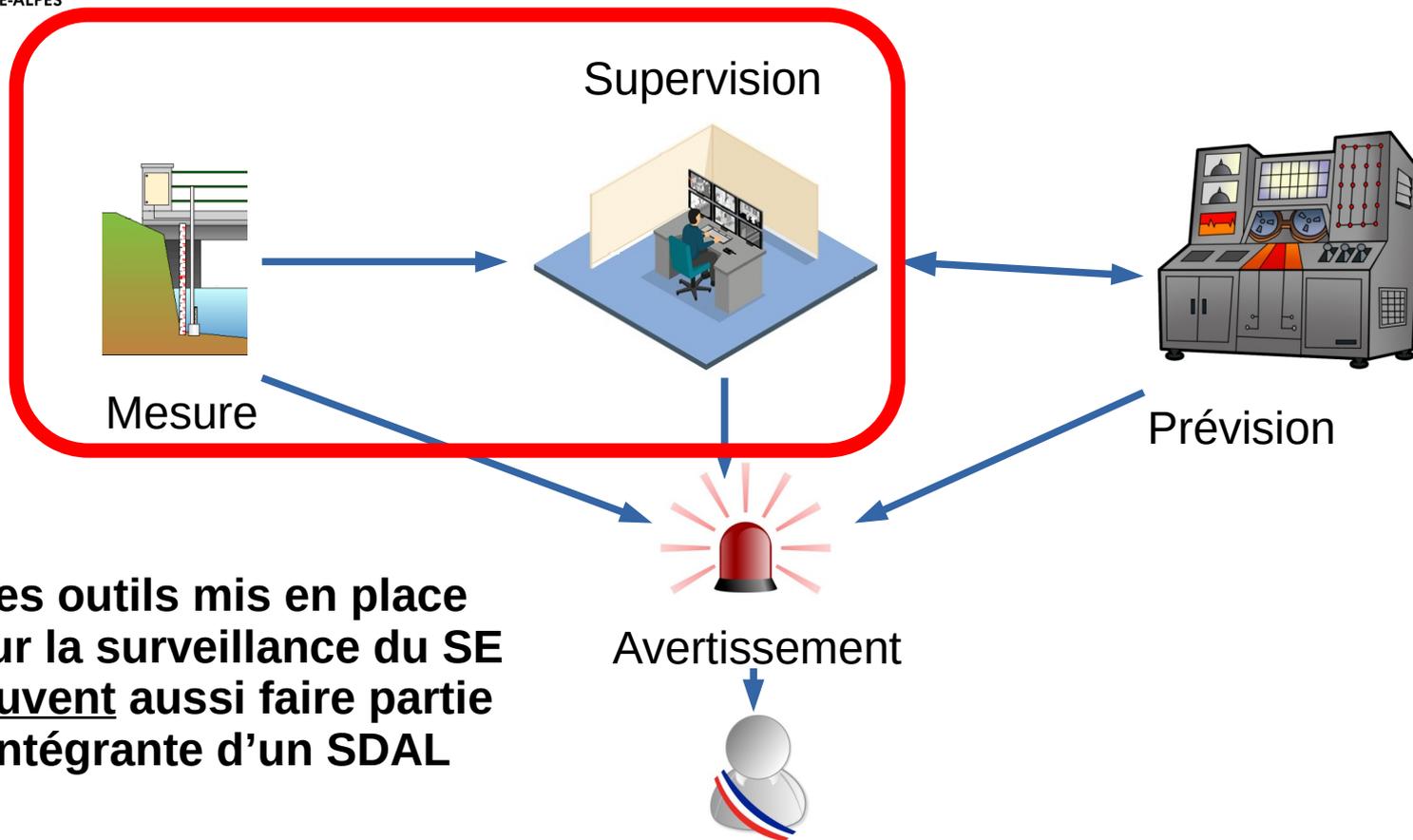


source image : <http://www.territoires.info>



- **Arrêtés du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés**
 - Il définit des seuils à partir desquels l'organisation d'un dispositif de vigilance et d'exploitation en période de crue ou d'événement météo-marin se met en place.
 - Il définit l'organisation en place en toutes circonstances (jour, nuit, jour non ouvré) et en toutes situations d'exploitation ou de travaux.
 - En période de crue, le responsable d'ouvrage précise notamment les règles de transmission d'informations vers les autorités compétentes

Système de surveillance SE vs SDAL



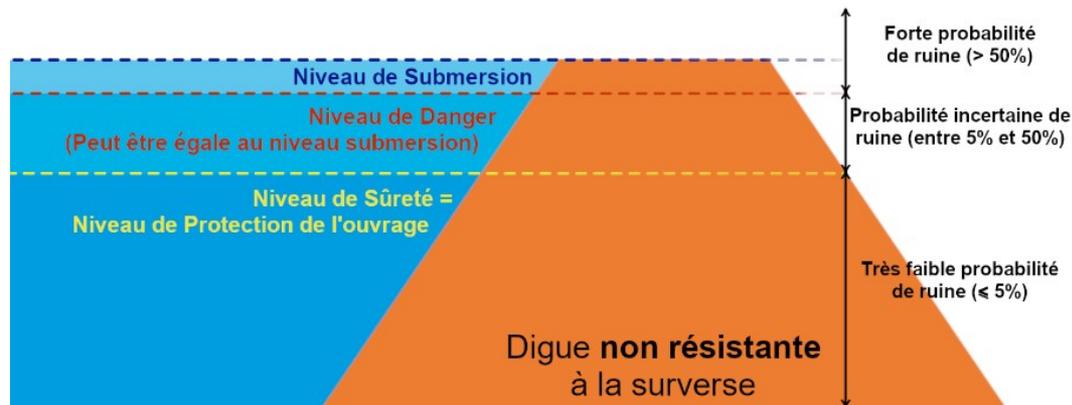
**Les outils mis en place
pour la surveillance du SE
peuvent aussi faire partie
intégrante d'un SDAL**

- **Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques**
- **Arrêtés du 7 avril 2017 et du 30 septembre 2019 précisant le plan de l'étude de dangers des systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions**

Définition du niveau de protection et *a minima* trois scénarios cartographiés

| Scénarios | Niveau de l'eau au lieu de référence | Défaillance | Risque résiduel de rupture |
|-----------|--------------------------------------|---|--|
| S1 | Niveau de protection | Non | Choix du maître d'ouvrage dans la limite maximale de 5 % |
| S2 | Niveau de protection | Fonctionnelle uniquement (dispositif de régulation) | |
| S3 | Niveau de danger | Structurelle (brèche) | De l'ordre de 50 % |

Mais des besoins complémentaires en gestion de crise



Source : SYMBHI

Criticité des accidents potentiels

| PROBABILITE | | | | | |
|------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| A – courant | | | | | |
| B – probable | | | | | |
| C – peu probable | Brèche 10 | Brèche 4 Brèche 9 Brèche 11 | Brèche 1 | Brèche 8 | Brèche 3 Brèche 5 |
| D – très peu probable | | Brèche 6 | | | Brèche 7 |
| E – extrêmement peu probable | | | Brèche 2 | | |
| | 1 modéré | 2 sérieux | 3 important | 4 Catastrophique | 5 Désastreux |
| | GRAVITE | | | | |

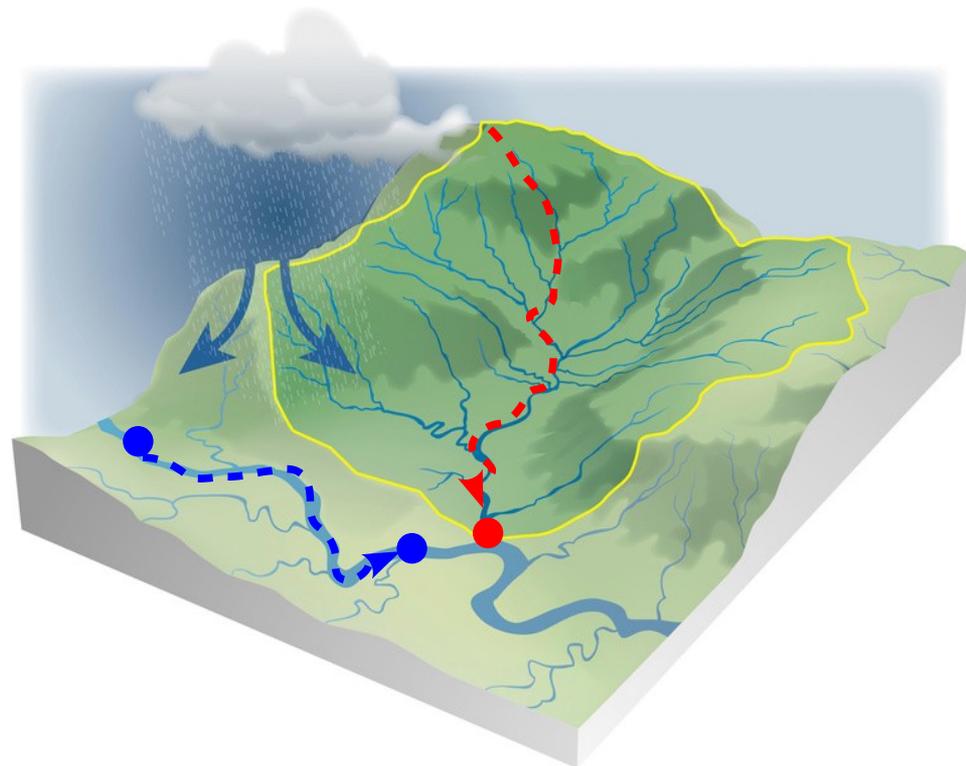
Source : France Dignes

Quelques notions d'hydrologie

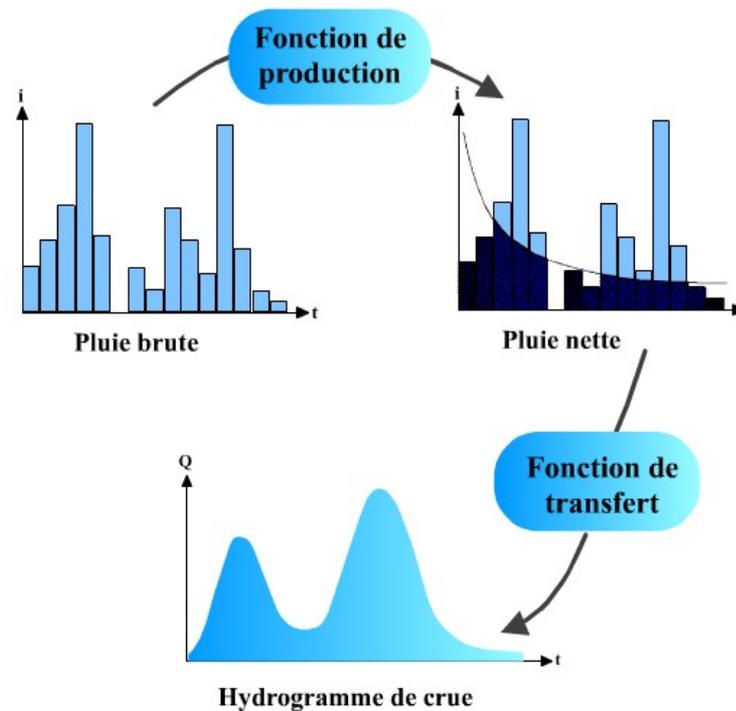
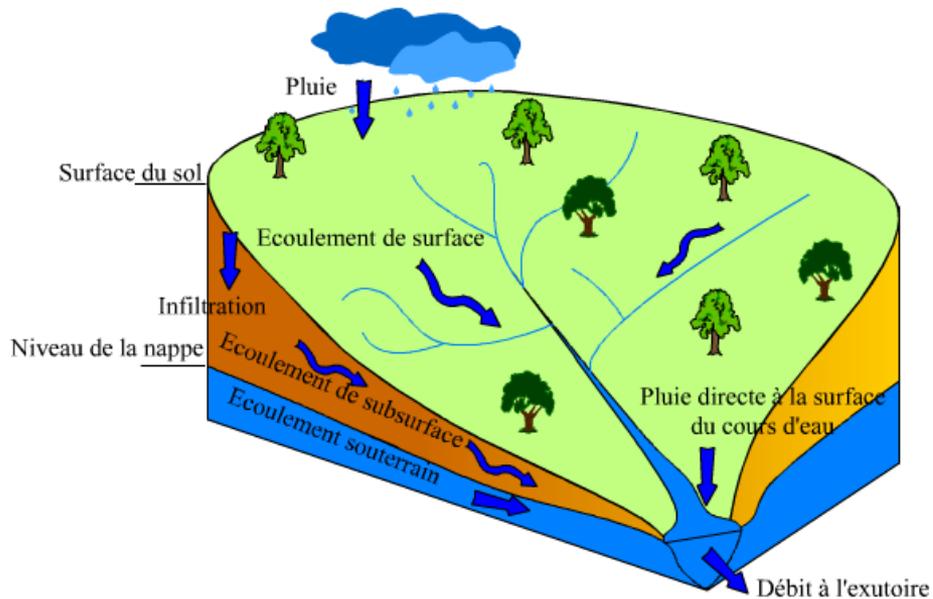


<https://www.geo.fr/environnement/hydrologie-la-science-du-cycle-de-l-eau-170036>

- **Bassin versant :**
surface de collecte des précipitations pour un point donné d'une rivière
- **Temps de concentration :**
temps que met la goutte de pluie la plus éloignée pour sortir du bassin versant
- **Temps de propagation :**
temps que met l'onde de crue d'un point amont vers un point aval



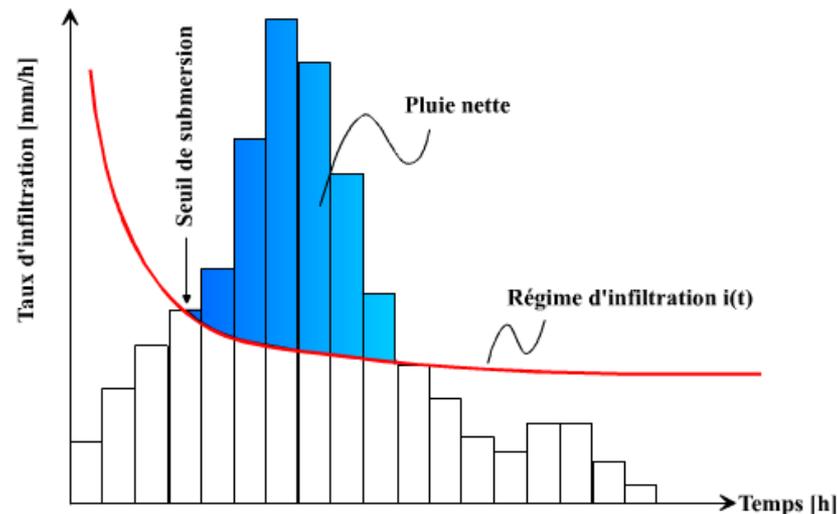
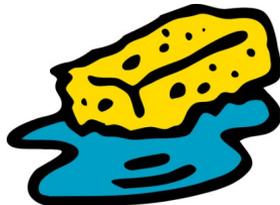
La réponse hydrologique



<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/>

La pluie nette ou efficace

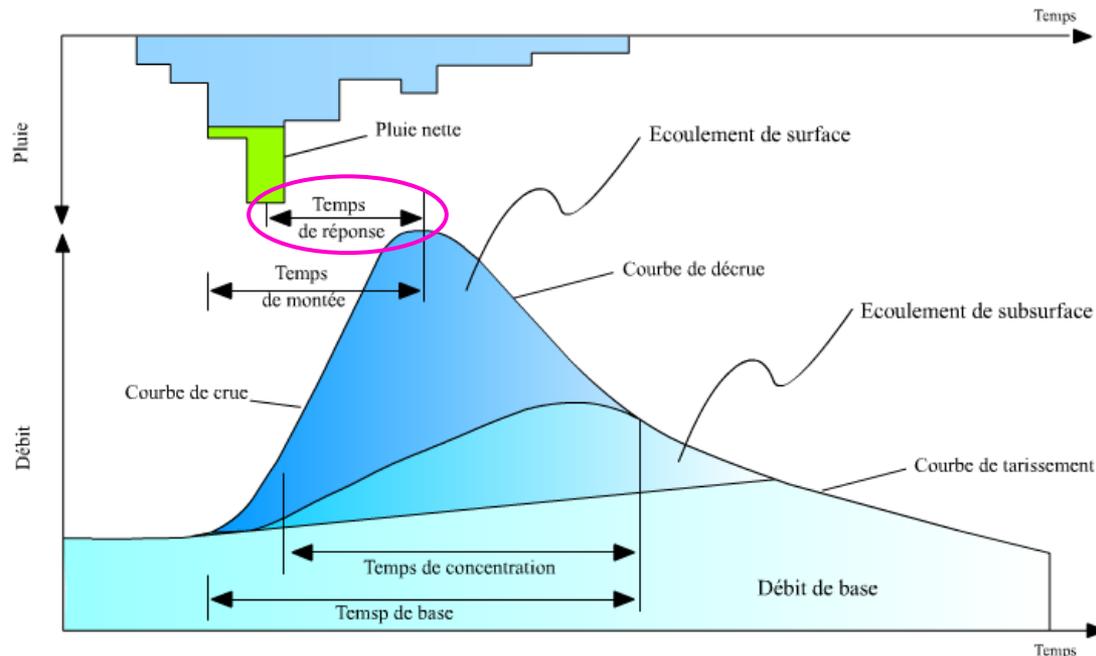
- La pluie nette :
 - partie de la pluie qui ruisselle
 - la plus rapide
 - différents processus de production
- Elle dépend de :
 - l'état initial de saturation
 - l'occupation des sols
 - la nature des sols
 - la topographie
- l'écoulement dépend aussi d'autres processus : interception, infiltration, ...



<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/>

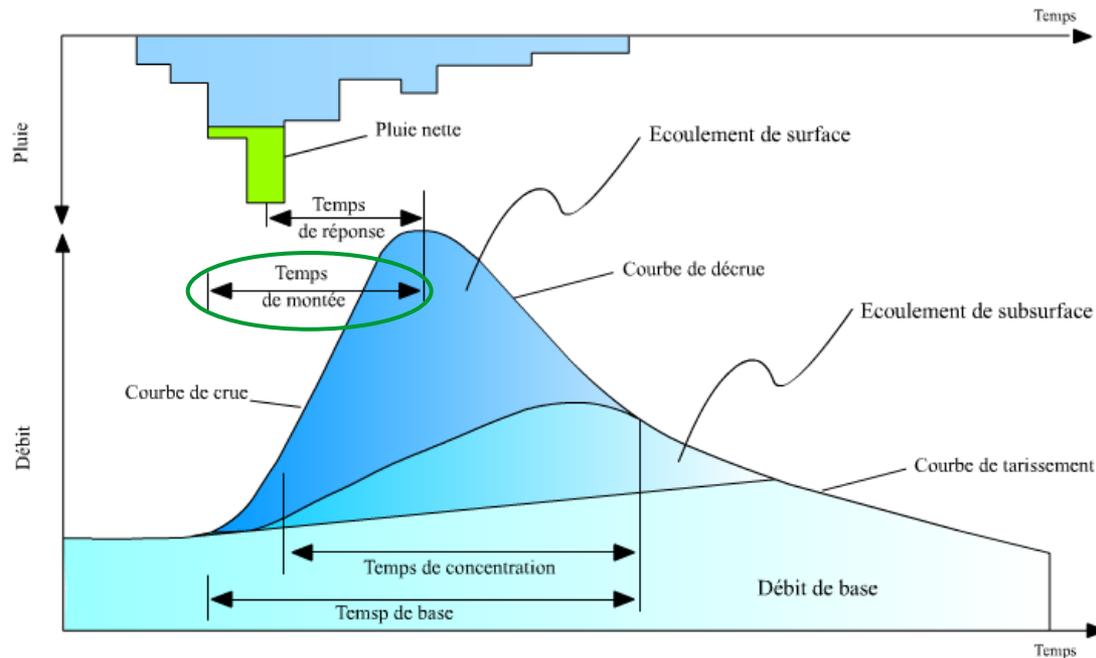
Le temps de réponse

- **Temps de réponse** :
temps moyen de réaction
de la rivière à la pluie
= *Temps de concentration / 2*
- Ce temps dépend du bassin :
 - de sa taille
 - de sa forme
 - des pentes



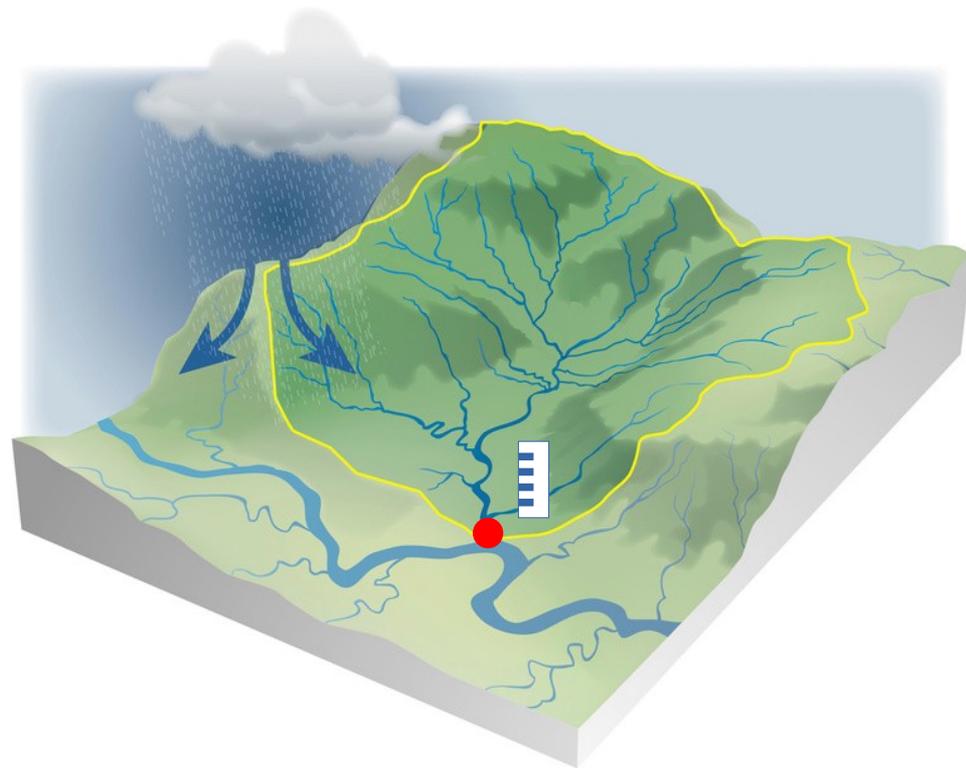
<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/>

- **Temps de montée** : temps entre le début de ruissellement et le pic de crue
- Ce temps dépend :
 - du temps de réponse
 - de la durée de la pluie et des intensités
- En hydrologie opérationnelle, définition d'**un temps moyen caractéristique**



<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/>

- surveillance locale des hauteurs au plus près des enjeux



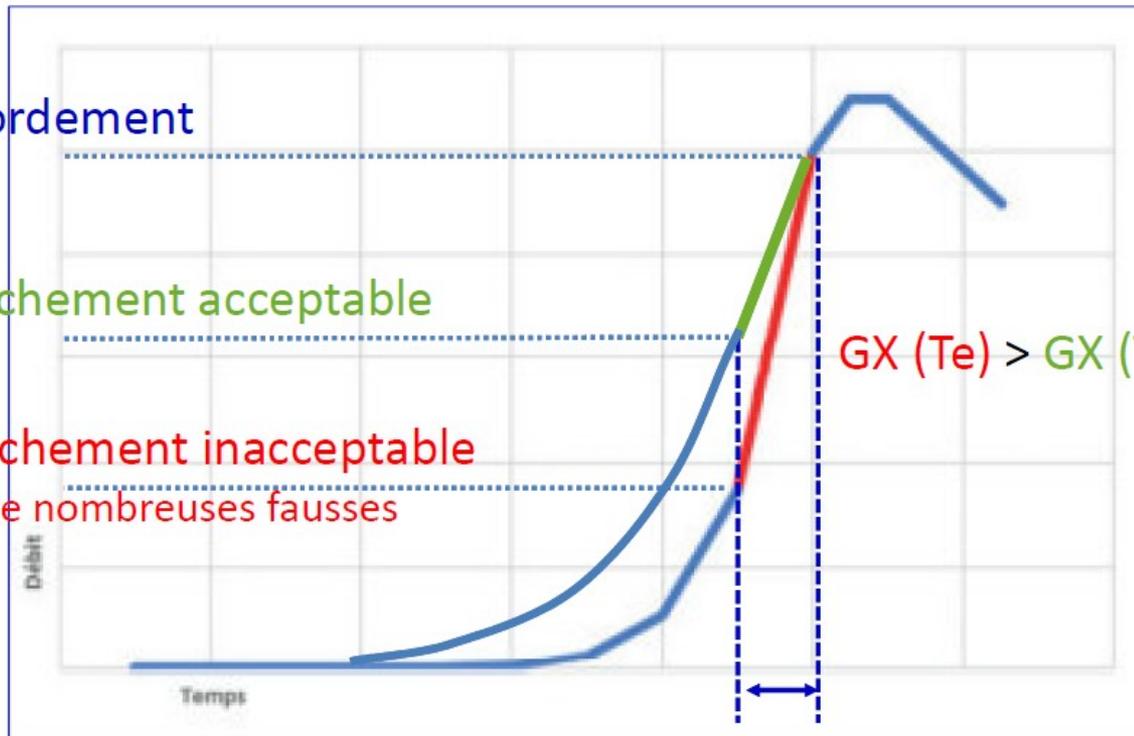
- Principe du calage du seuil de déclenchement de l'évacuation ou mise en sécurité :

Niveau de débordement

Seuil de déclenchement acceptable

Seuil de déclenchement inacceptable

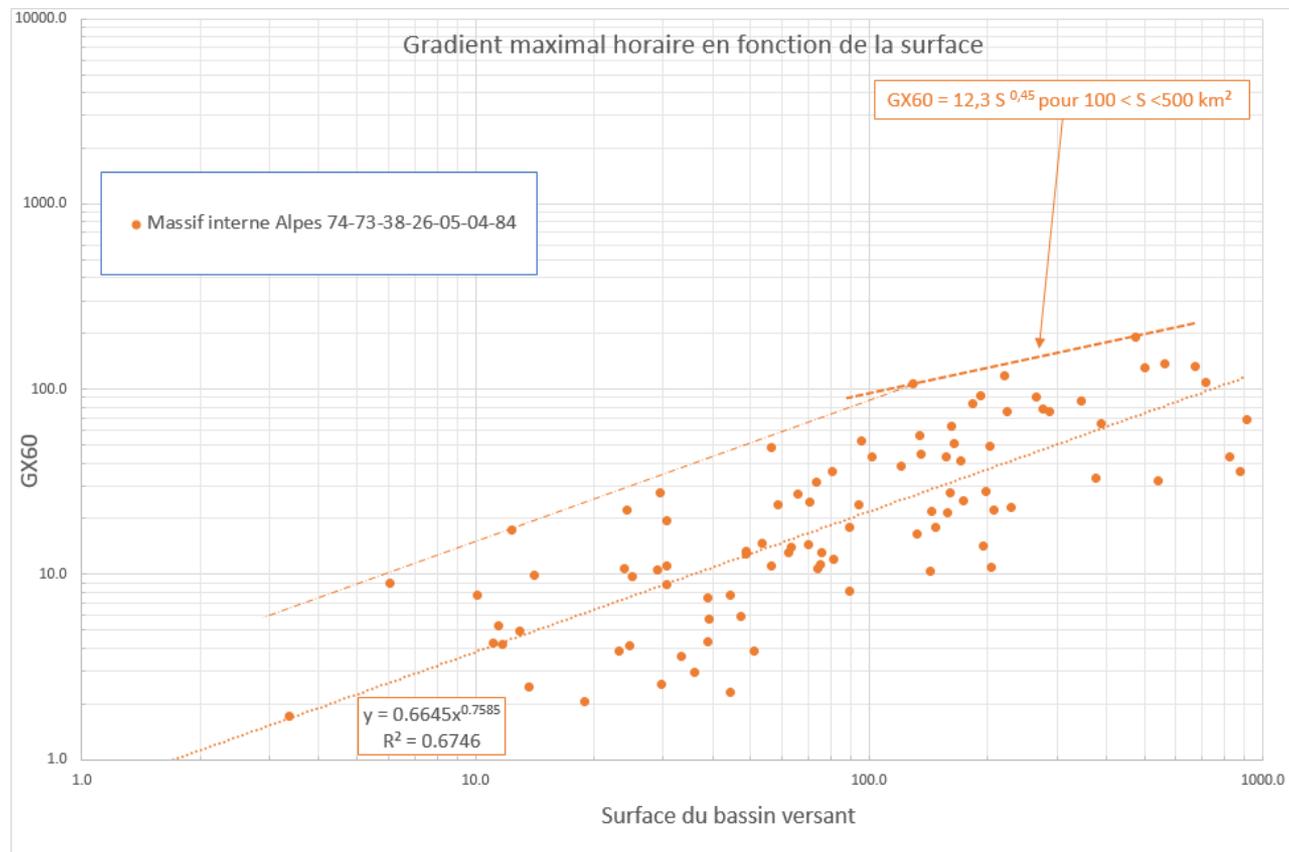
Trop bas (source de nombreuses fausses alertes)



Source : Y. Queffelec (ONF-RTM)

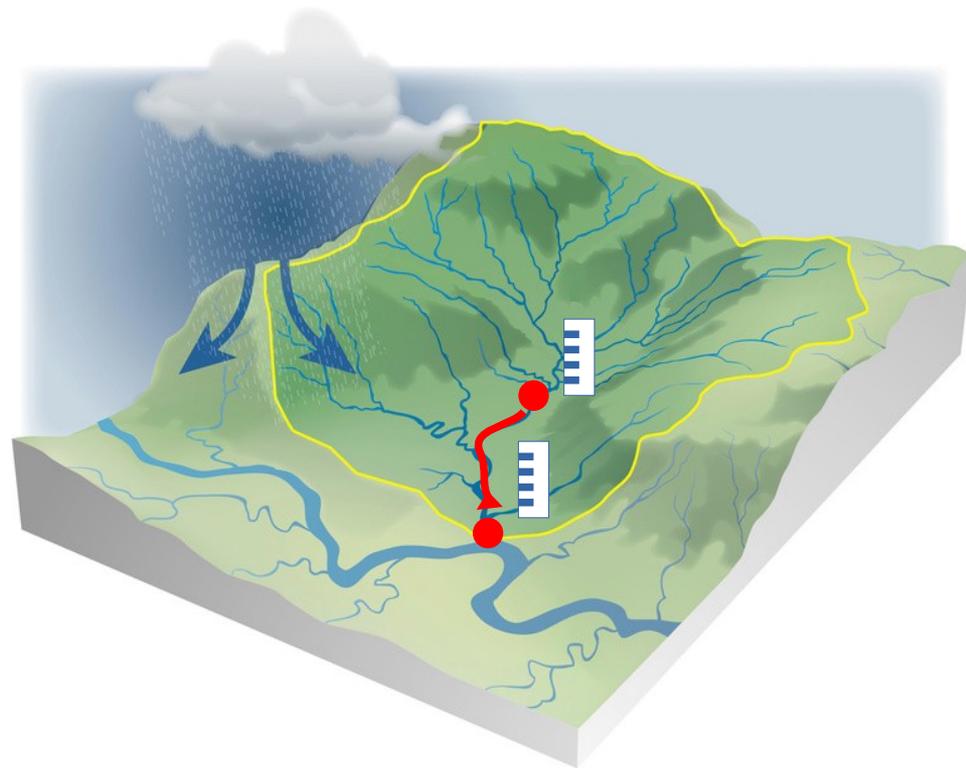
Temps d'évacuation (T_e)

Quefféléan Y., Unanoa S. (2015)
*Evaluation du temps de montée
des crues torrentielles rapides* –
ONF/DFRN/DRN – Pôle RTM
Décembre 2015 – 200 p.

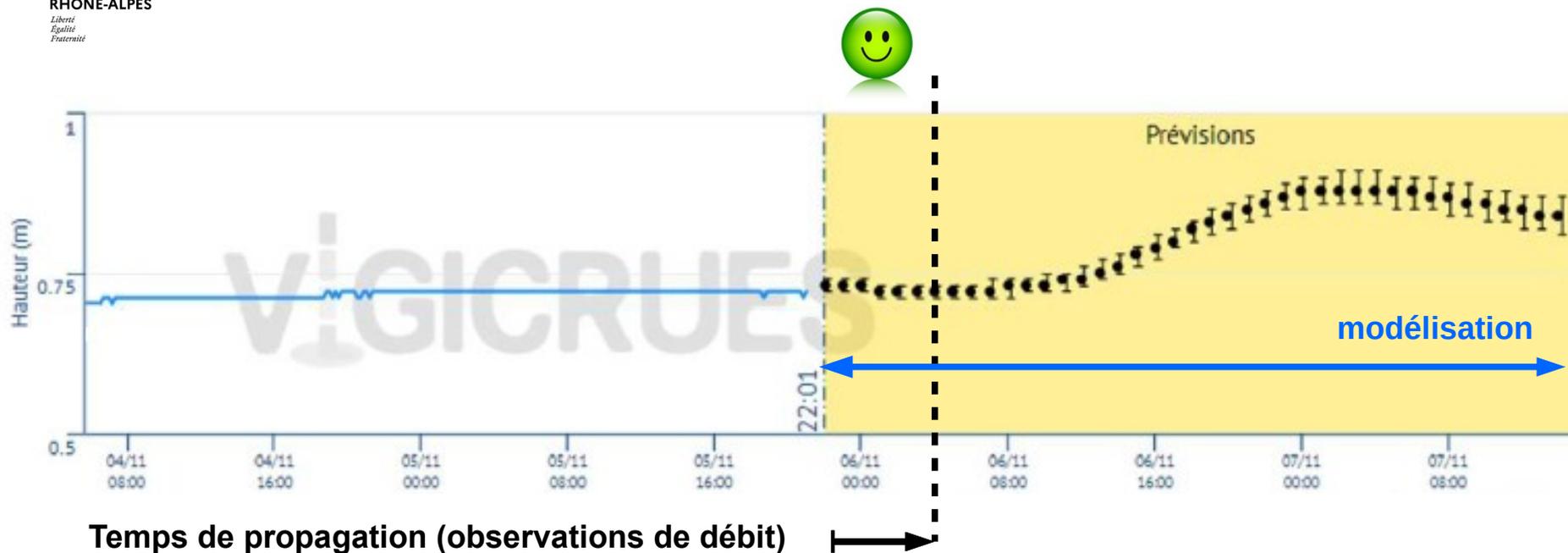


https://www.researchgate.net/publication/322896853_Estimation_of_gradient_and_time_to_peak_during_flash_floods_in_French_Alps_and_Pyrenees_in_French_Estimation_du_gradient_et_temps_de_montee_des_crues_rapides_sur_les_Alpes_et_Pyrenees

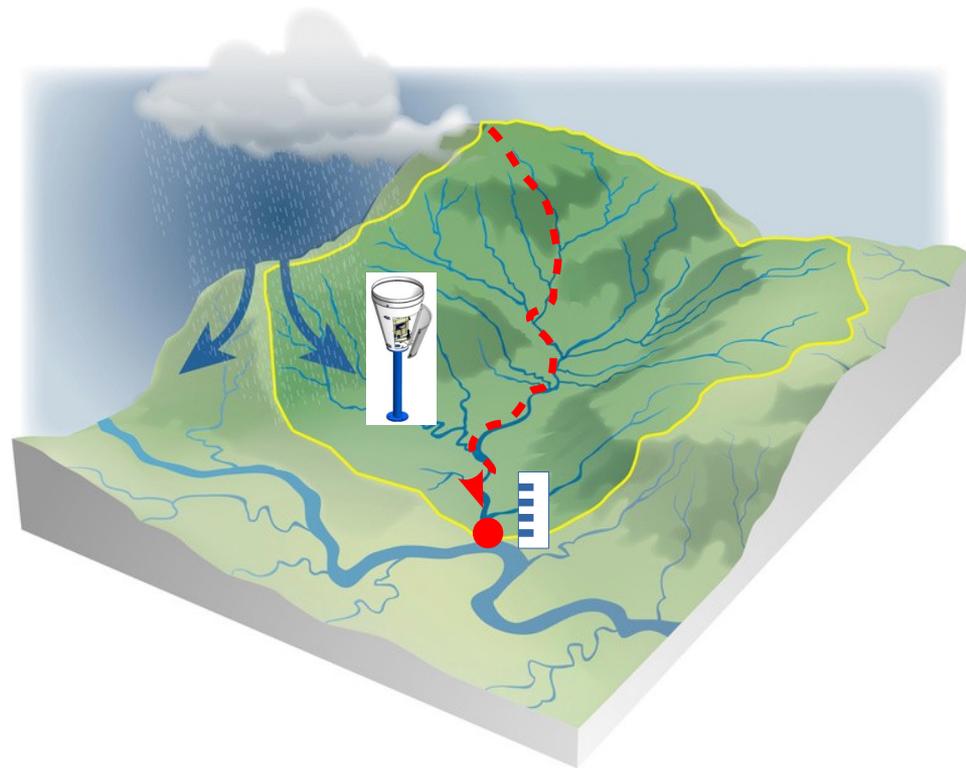
- surveillance des débits
(ou des hauteurs)
à partir d'une station amont



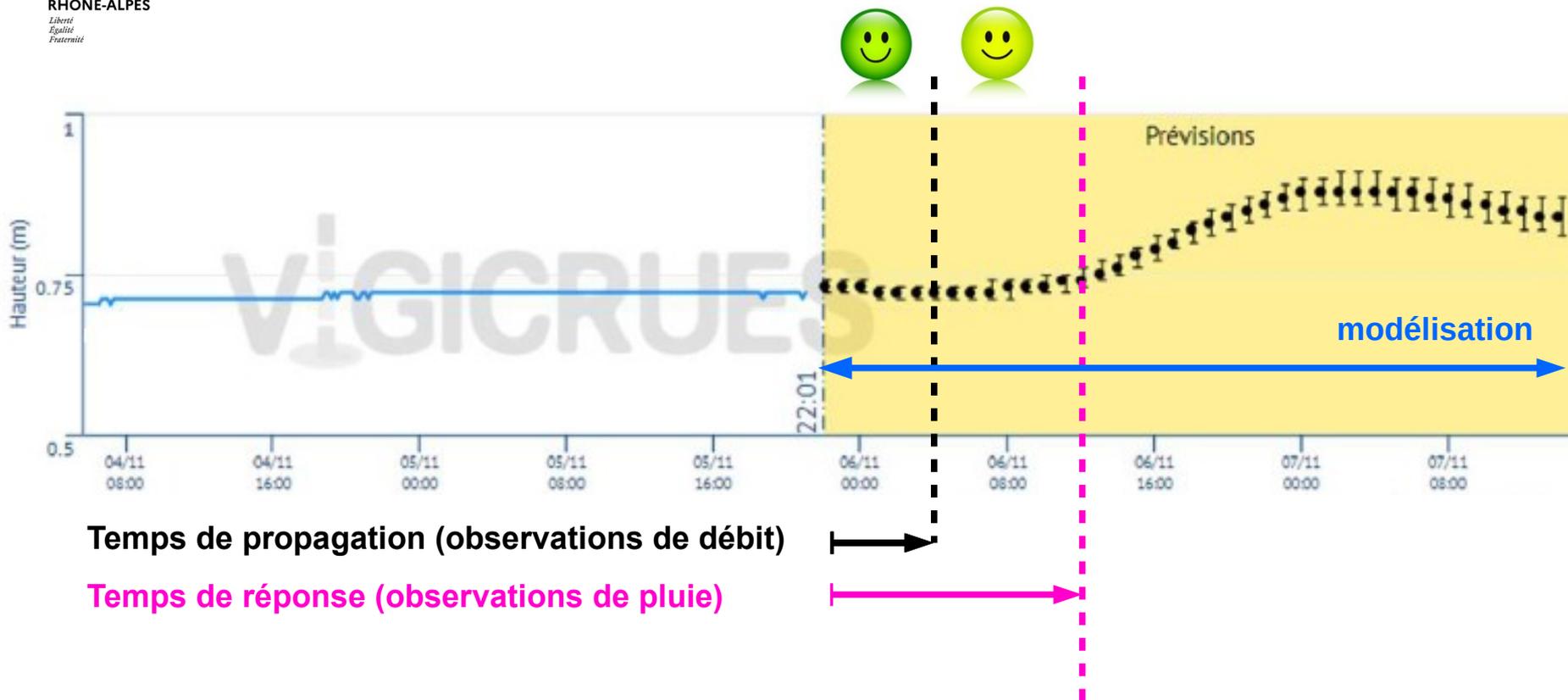
Anticipation et incertitudes



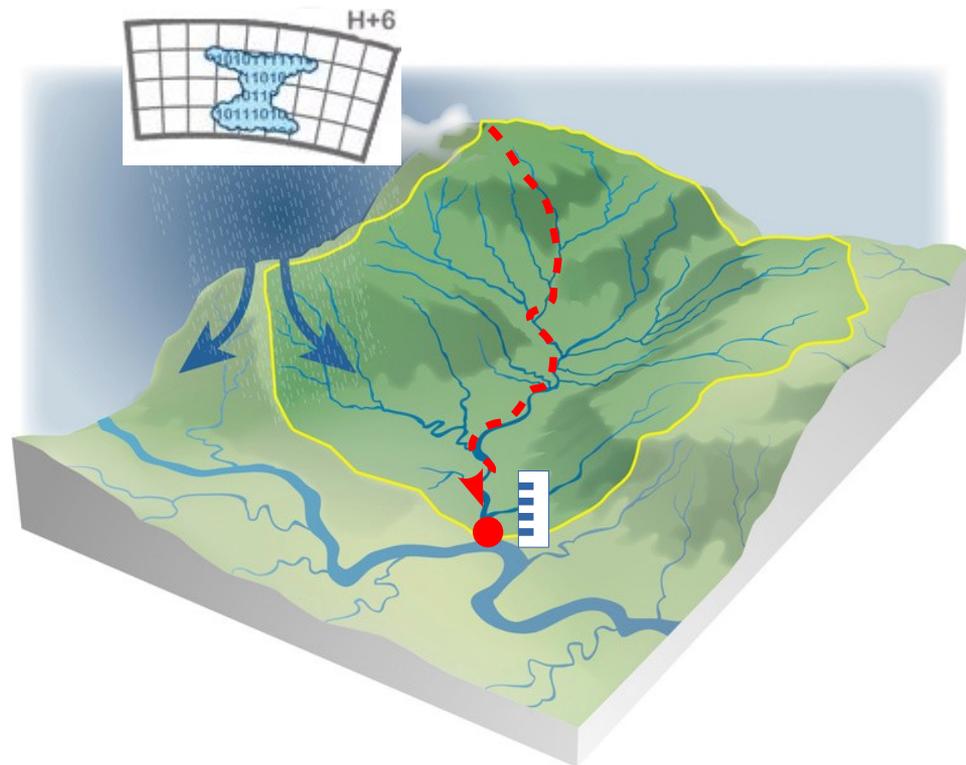
- Surveillance des débits à partir des pluies observées



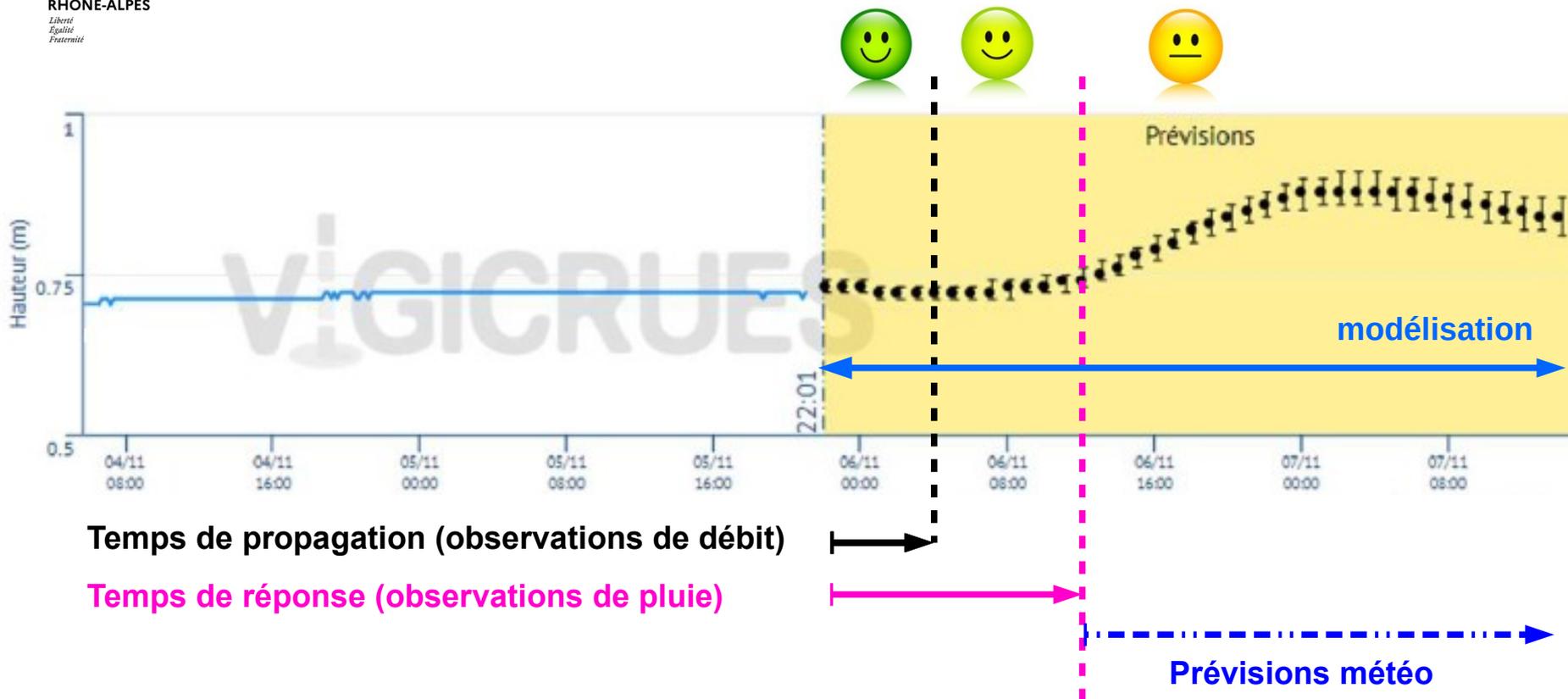
Anticipation et incertitudes



- Surveillance des débits à partir des pluies prévues

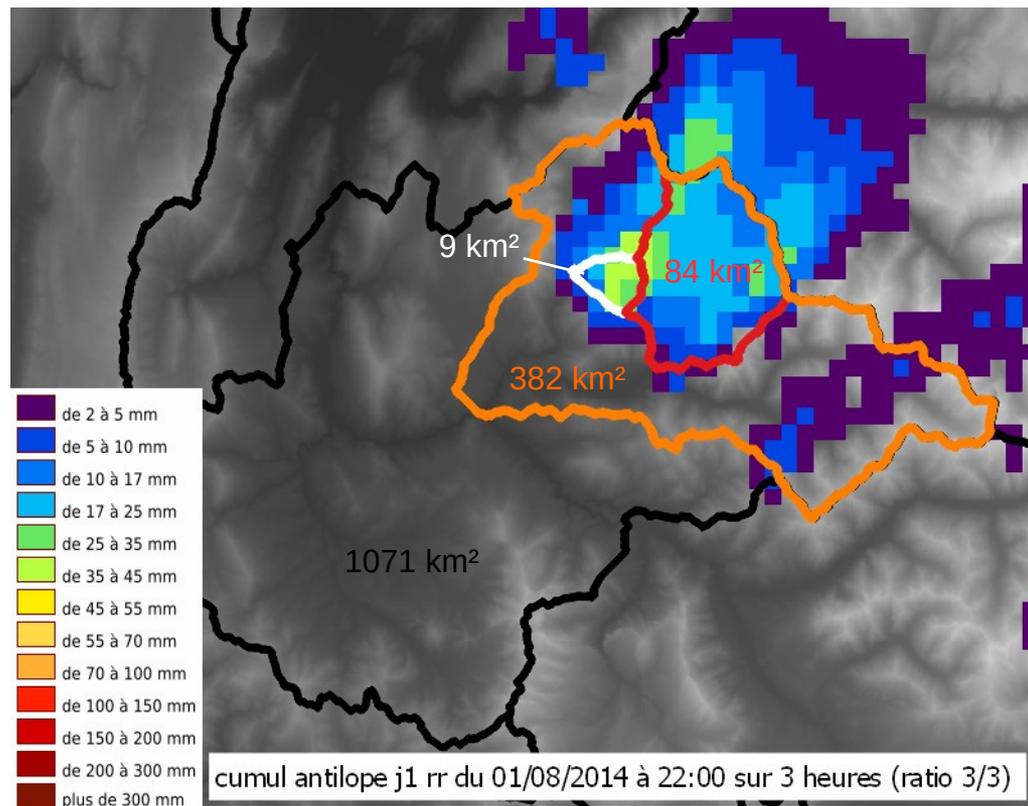


Anticipation et incertitudes

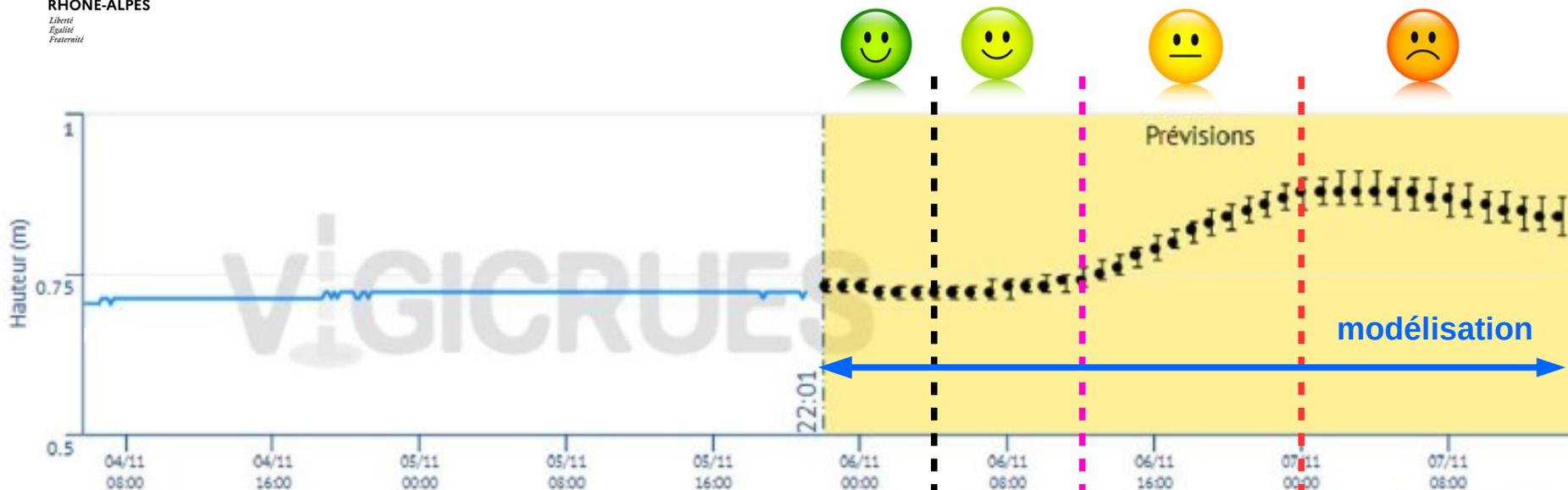


Prévisions météorologiques

- Plus les échelles de temps et d'espace sont grandes, plus les phénomènes sont prévisibles
- Intérêt de la prévision immédiate pour les petits bassins (qq heures)
- Prise en compte de la limite pluie-neige



Anticipation et incertitudes



Temps de propagation (observations de débit)

Temps de réponse (observations de pluie)

Incertitudes très fortes

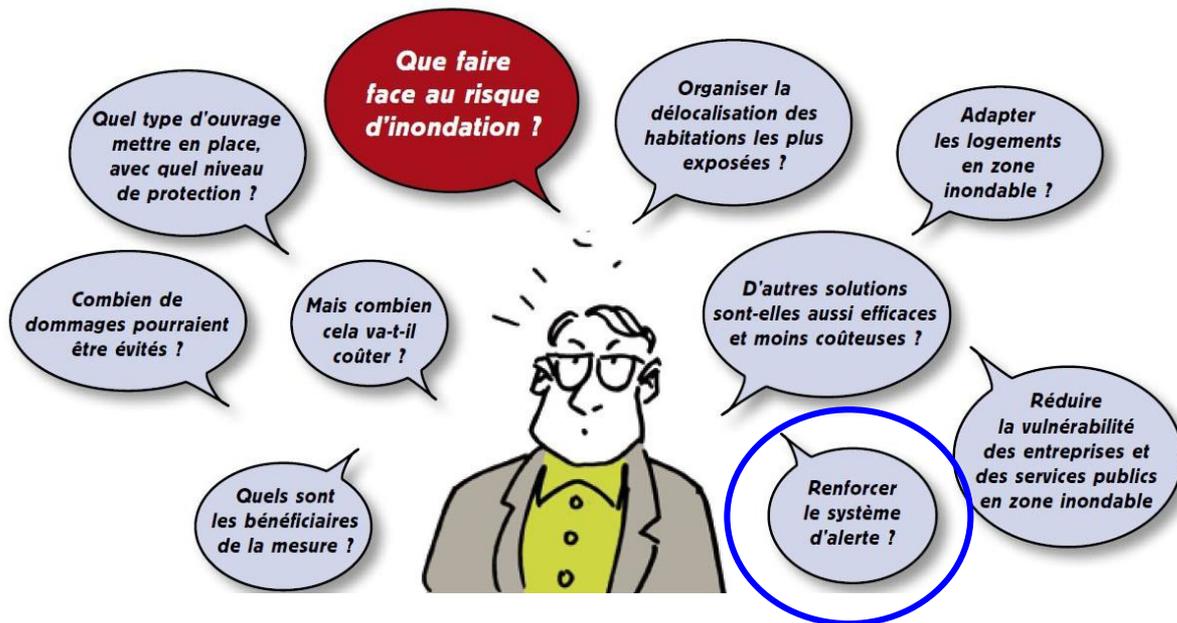
Source :
Yann QUEFFELEAN
ONF-RTM

Mesures de prévention pour la sécurité des personnes

Combinaison de plusieurs mesures complémentaires qui peuvent toutes être mises en œuvre, mais dont l'importance relative est variable selon le contexte.

| Rivière $S_0 < 1,5 \%$ | Rivière torrentielle $1,5\% < S_0 < 6\%$ | | Torrent $S_0 > 6\%$ (jusqu'à 2-3 % sur les cônes) | |
|---|--|---|---|---|
|  L'Isère 5700 km ² |  Le Var 750 km ² |  La Vésubie 150 km ² |  Le Bastan 60 km ² |  St Antoine 1 km ² |
| Taille du BV | | | | |
| $S > 1000 \text{ km}^2$ | $500 - 1000 \text{ km}^2 > S > 100-200 \text{ km}^2$ | | $100 \text{ km}^2 > S > 1 \text{ km}^2$ | |
| Temps de montée des crues | | | | |
| $> 3-4 \text{ h}$ | $< 2,5-3 \text{ h}$ | $< 1-1,5 \text{ h}$ | $< \frac{1}{2} - 1 \text{ h}$ | $< \text{qqs min} - \frac{1}{4} \text{ h}$ |
| Surveillance des pluies | | | | |
| + | ++ | +++ | +++ | ++ |
| Surveillance des hauteurs d'eau | | | | |
| ++++ | +++ | ++ | + | + / DLT |
| Surveillances locales (ouvrages, évolutions morphologiques, flottants ...) | | | | |
| + | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Ouvrages de protection | | | | |
| + | ++ | +++ | +++ | ++++ |

Un dispositif adapté au contexte



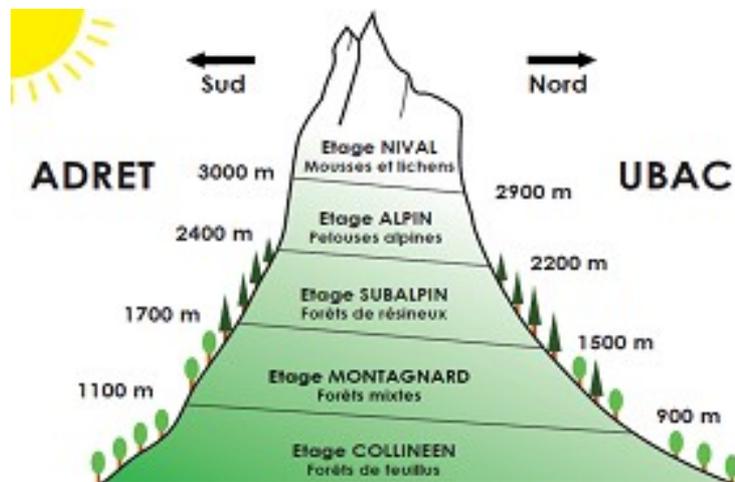
<https://www.cepri.net/>

Un dispositif adapté au contexte

- Limite des outils nationaux pour des bassins de petite taille (< 100 km²?)
=> Mise en place d'outils locaux
- Attention à la gestion des fausses alarmes et des non-détections
- Développer ou faire appel à un appui technique pour l'aide à la décision

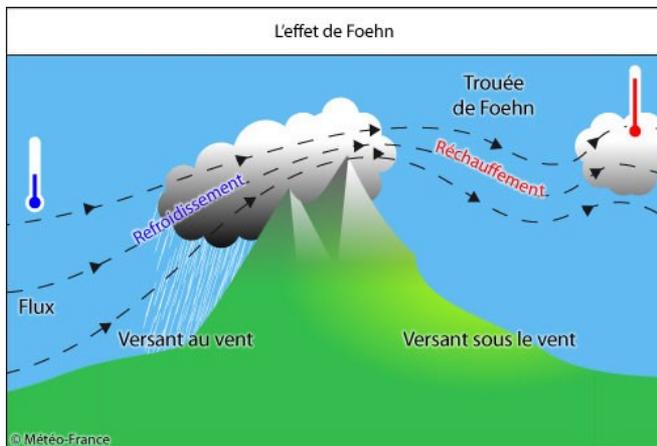


L'hydrologie de montagne : bienvenue dans la 3ème dimension



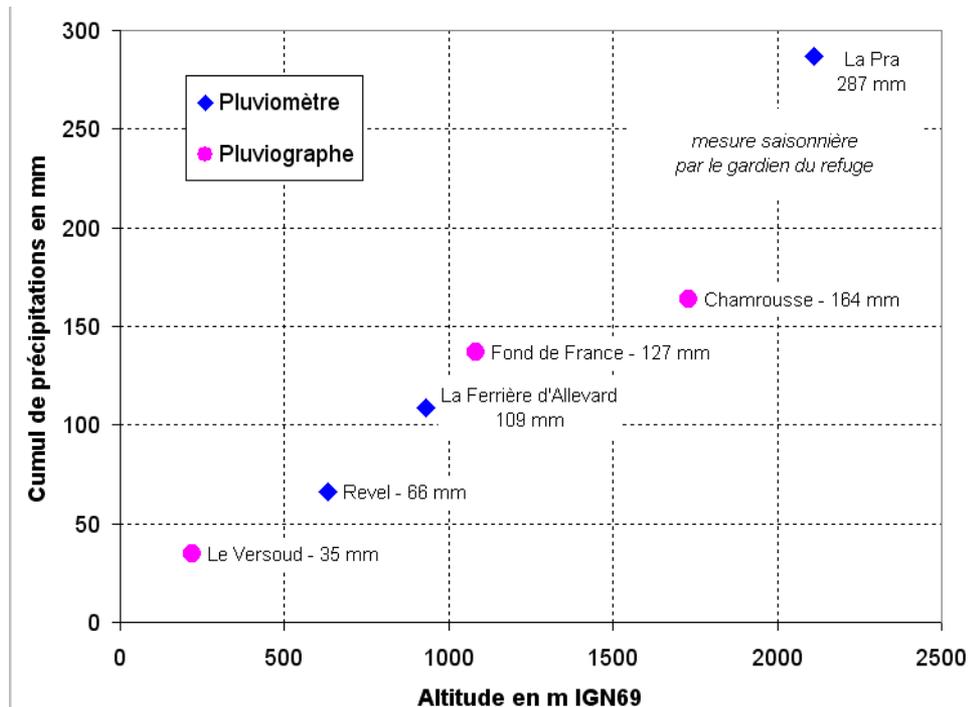
Étage de la végétation (SAJF)

- Effet orographique sur les précipitations
- Cf. F. Gottardi (2009)



Un exemple d'impact du relief : l'effet de Foehn

Impact du relief



Cumul de précipitations des 21 et 22 août 2005 sur le massif de Belledonne (données EDF et MF)

- Sur la température
- Gradient altitudinal moyen de $-0,65^{\circ}$ par 100 m
- Mais très forte variabilité de ce gradient

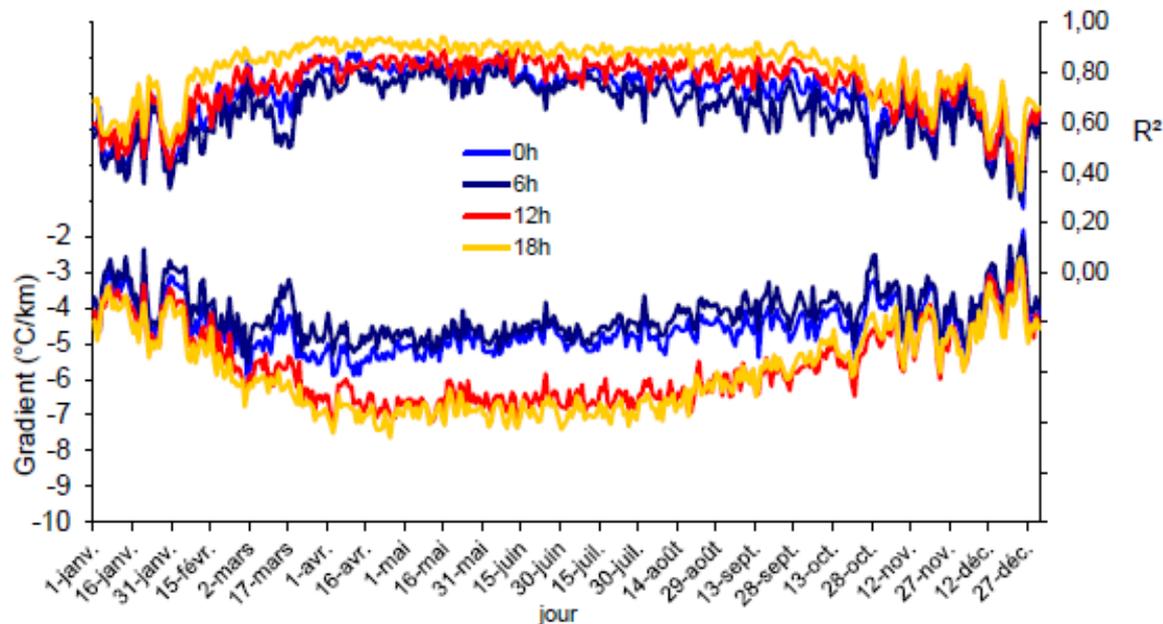
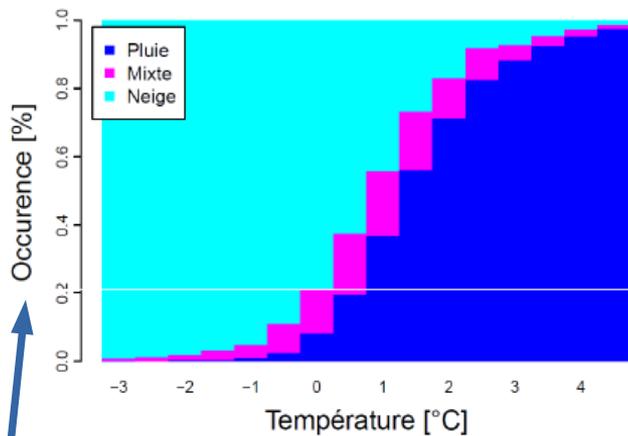


Figure 58- Gradients altimétriques horaires et R^2 associés, moyennés sur 2000-2009 pour les 194 stations de la zone d'étude

E. Jabot (2012)

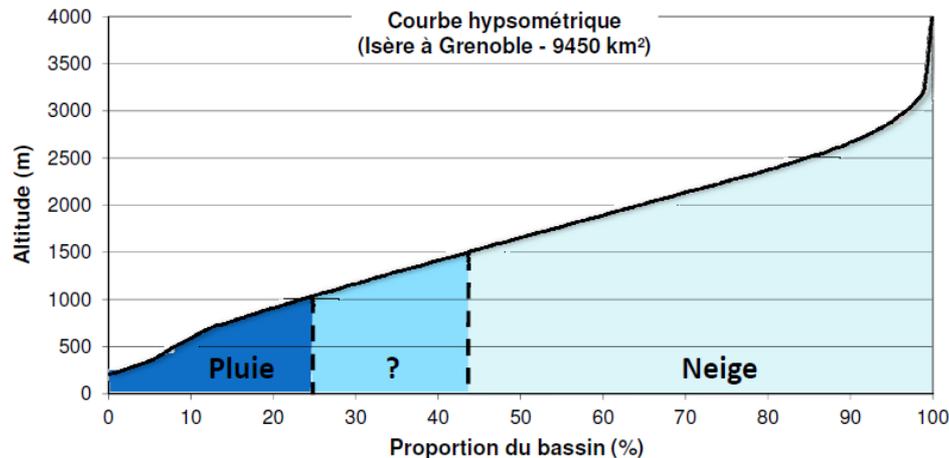
Impact de la limite pluie neige

- Les précipitations neigeuses ne participent pas immédiatement à l'écoulement
- Fortes incertitudes sur la phase entre -1 et 4°C



Classification des évènements (USGS-1958)

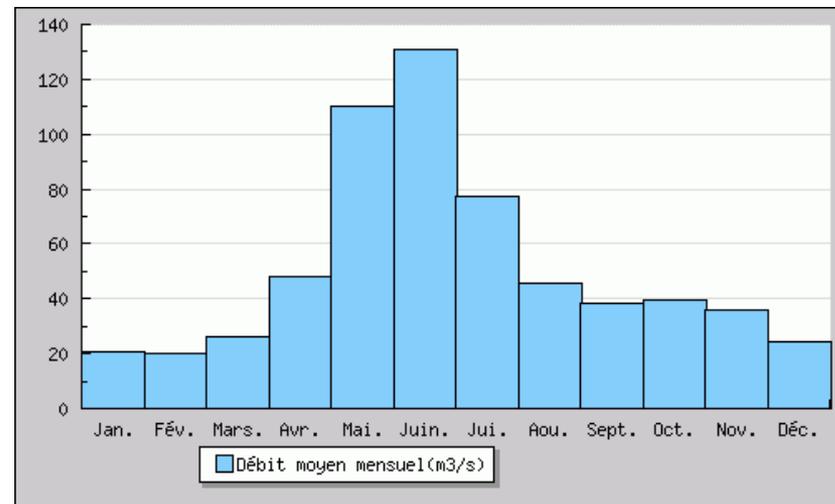
- Pas de mesure directe de la LPN
- Rôle important de l'humidité de l'air



S. Froidurot (2012)

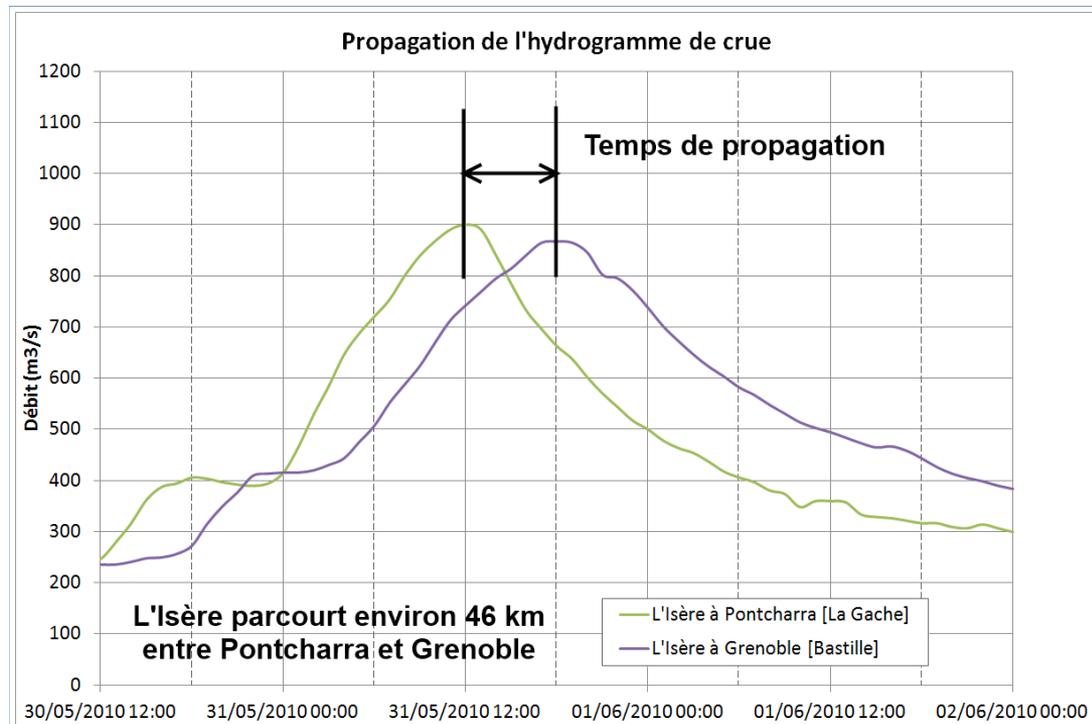
Impact de la fonte de la neige

- Forte saisonnalité de la fonte liée à l'ensoleillement et aux températures
- Impact limité de la pluie sur la fonte de la neige mais effet de la couverture nuageuse sur le rayonnement
- Pas de crues exceptionnelles sans pluie mais rôle significatif de la fonte de la neige sur l'état de saturation initiale
- Période à risque plus marquée au printemps



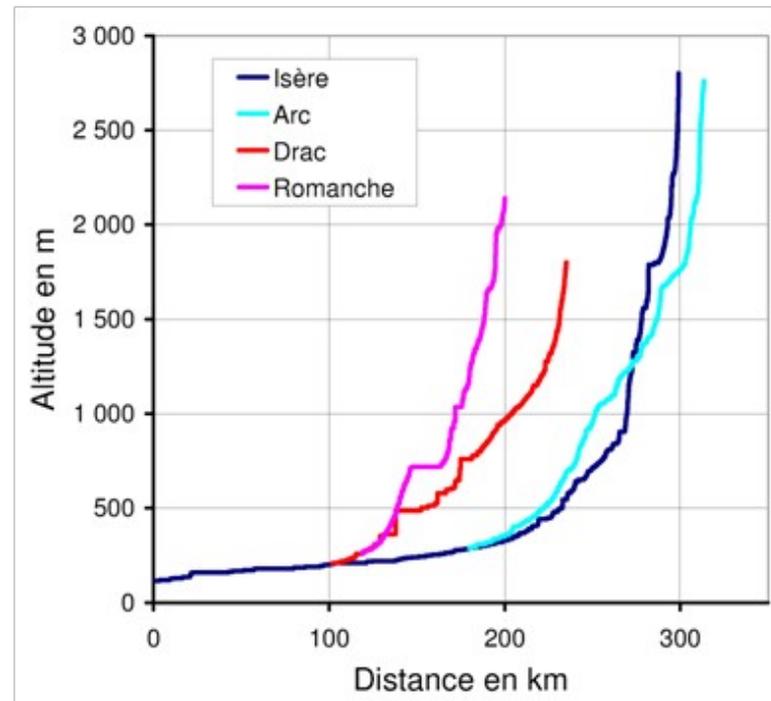
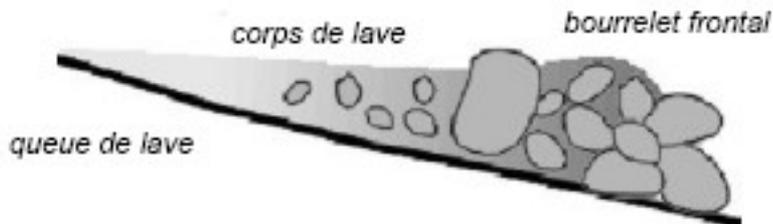
Le temps de propagation

- Ce temps dépend :
 - de la pente
 - du débit
 - des débordements sur le parcours
- Anticipation possible pour les grands bassins versants



Pentes et régimes d'écoulement

- **pente < à 1%**
⇒ **régime fluvial**
- **pente entre 1 et 6 %**
⇒ **régime torrentiel**
- **pente > à 6 %**
⇒ **hydraulique torrentiel**



Profil en long de l'Isère et de ses affluents

- Délimitation à partir de la pente du lit S_0 (Surell - 1841) :

Rivière
 $S_0 < 1-1,5 \%$



L'Isère en crue - mai
2015 – Grenoble (38)
Source : © le Dauphiné

$Q = 966 \text{ m}^3/\text{s}$ (~10 ans)
BV 5720 km^2 - $s_0 = 0,2-0,7 \%$

Rivière torrentielle
 $1-1,5 \% < S_0 < 6 \%$



La Vésubie en crue le 3 octobre
2020 – Roquebillière (06)
© Florent Adamo-Cerema

$Q = 330-380 \text{ m}^3/\text{s}$? provisoire
BV 154 km^2 - $s_0 = 2-4 \%$

Torrent
 $S_0 > 6 \%$ (2-3 % sur les cônes)

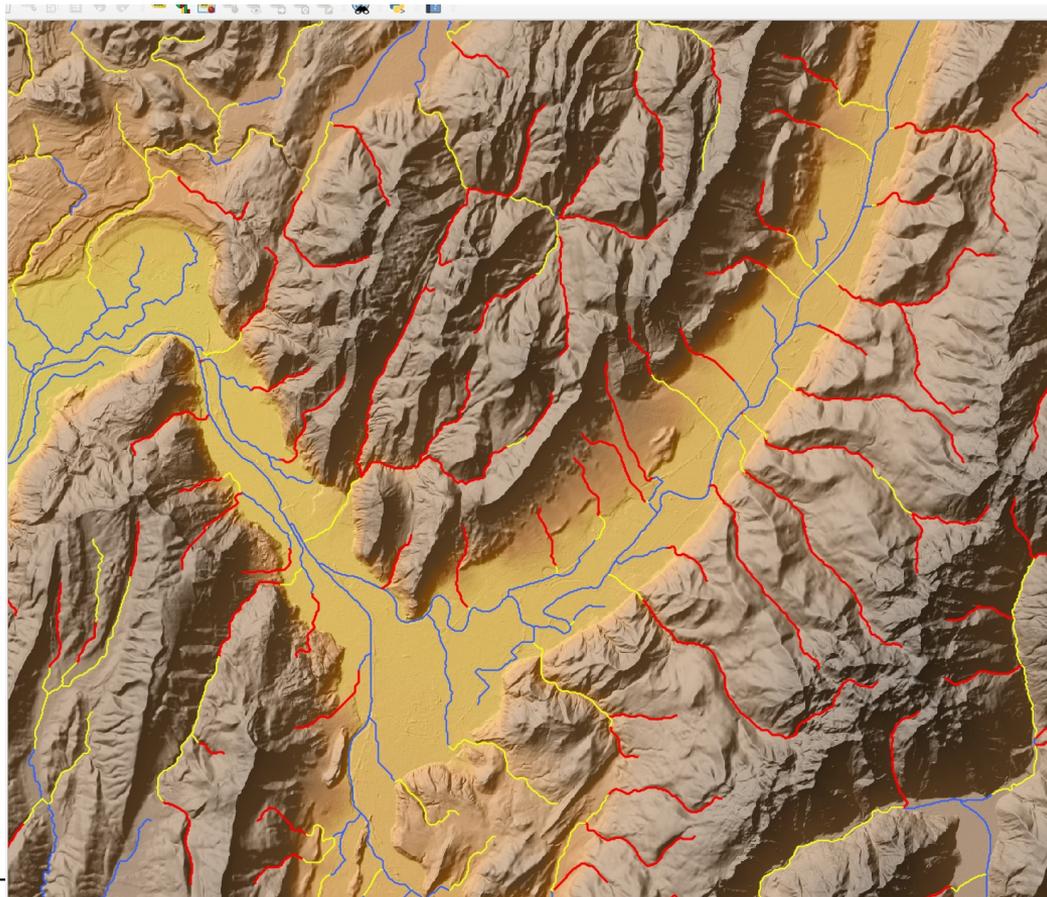
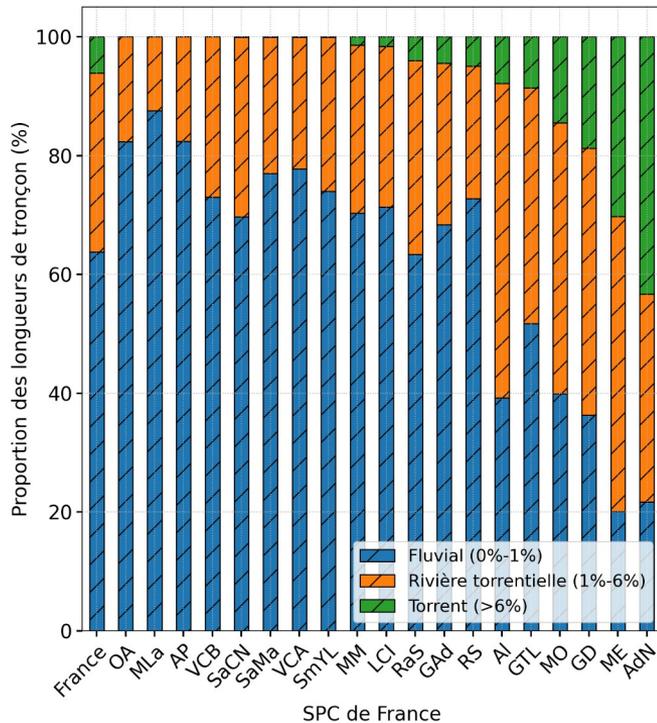


St Antoine en crue le 24 août
1987 – Modane (73)
© ONF-RTM 73

$V_{lave} = 80\,000 \text{ m}^3$
BV $5,5 \text{ km}^2$ - $s_{cône} = 9 \%$

Pentes et régimes d'écoulement

Proportion des longueurs de tronçon BNBV
selon le régime Hydraulique par SPC:
Estimation par pente moyenne



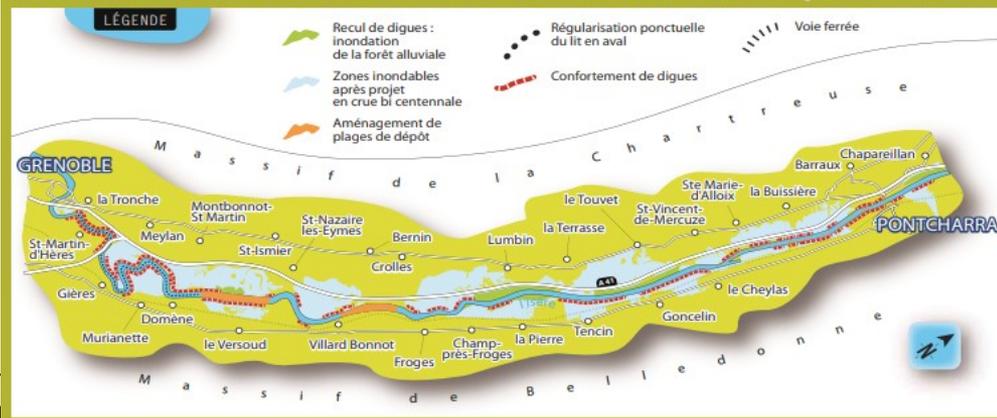
- Présence de système d'endiguement ...

2 février 1968 : le plus court chemin...

Digues

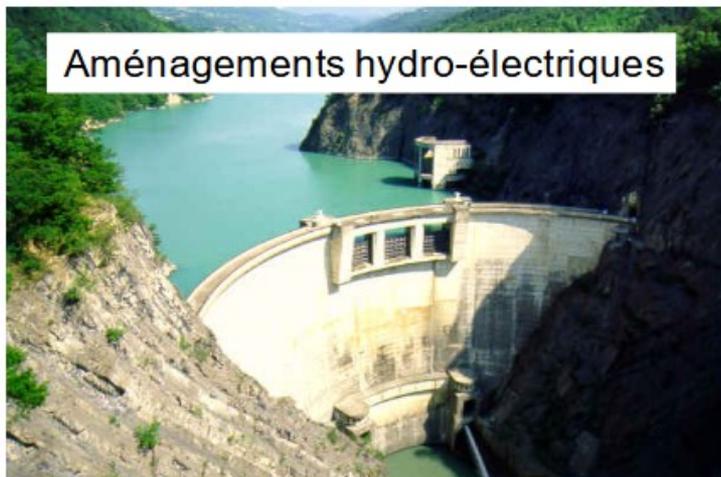


29 COMMUNES DE GRENOBLE À PONTCHARRA CONCERNÉES PAR LE PROJET ISÈRE AMONT

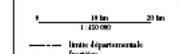


Ouvrages hydrauliques

- 1/3 de la production hydro-électrique française
- Gestion spécifique en crue : transparence

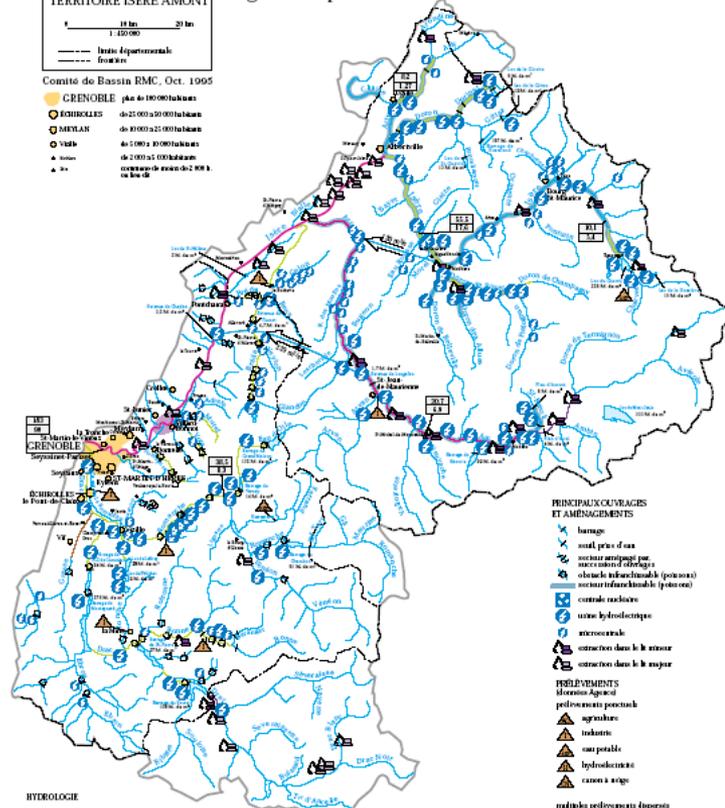


ATLAS DU BASSIN RMC
TERRITOIRE ISERE AMONT



Comité de Bassin RMC, Oct. 1995

- CRENOBLE plus de 100 000 habitants
- ECHIROLLES de 25 000 à 50 000 habitants
- MIVILAN de 10 000 à 25 000 habitants
- VIEUX de 5 000 à 10 000 habitants
- Villes de 2 000 à 5 000 habitants
- ▲ autres communes de population inférieure à 2 000 hab.



2 - État physique des milieux aquatiques superficiels
Origine des perturbations

- PRINCIPAUX OUVRAGES ET AMÉNAGEMENTS**
- barrage
 - sauil prise d'eau
 - accrue aménagée par aménagement d'aval
 - obstacle hydraulique (perçage)
 - accrue infonctionnelle (perçage)
 - contrôle radical
 - usine hydro-électrique
 - intercanal
 - construction dans le lit mineur
 - construction dans le lit majeur
- PRELEVEMENTS**
- Horaires Agac:il
 - prélèvements ponctuels
 - agrandir
 - réduire
 - eau potable
 - hydroélectricité
 - canon à neige
 - multiple prélèvements dispersés
 - agrandir
 - réduire
 - accroître
- HYDROLOGIE**
- débits des cours d'eau à des stations représentatives (en m³/s)
 - avale
 - SAIE
 - débits réservés à l'aval des principaux barrages (en m³/s)
 - obstruction
 - volumes des lacs et des réservoirs en millions de m³ (en 1980) (indiqués en %)
- FONCTIONNEMENT PHYSIQUE DU COURS D'EAU ALTIÈRE PAR :**
- modification de régime hydrologique
 - construction
 - aménagement (travaillage, digues, saut)
 - canon multiple
 - occurrence temporelle
- TRANSFERTS**
- canal
 - exafluv (exhauteur importante) (débit en m³/s) (en 1980) (en %)
 - origine et distribution de l'eau, (en % (m³/s))