

# QUELQUES ÉLÉMENTS SUR LES DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE ET D'AVERTISSEMENTS

Webinaire PARN  
Risque torrentiel en montagne  
9 décembre 2020

Alain GAUTHERON (DREAL ARA / SPC Alpes du Nord)



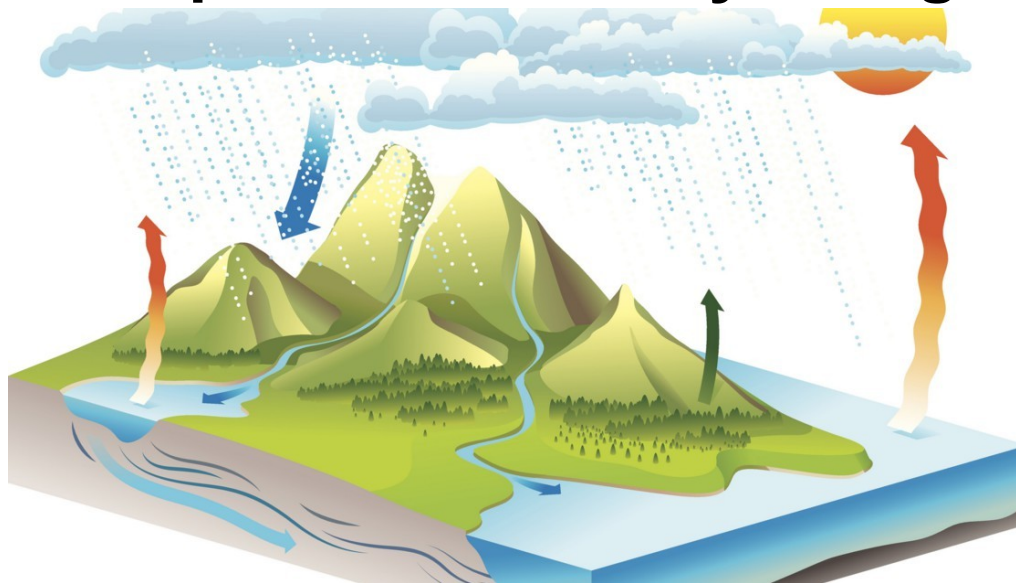
L'Arly à Ugine [Moulin-Ravier] – Janvier 2004 (DDT73)

- Quelques notions d'hydrologie
- L'hydrologie en montagne
- Un petit focus sur les outils de modélisation
- La réglementation et les différents acteurs
- C'est quoi un SDAL ?
- Un petit focus sur les réseaux de mesure
- Les dispositifs opérés par le réseau Vigicrues
- Conclusions



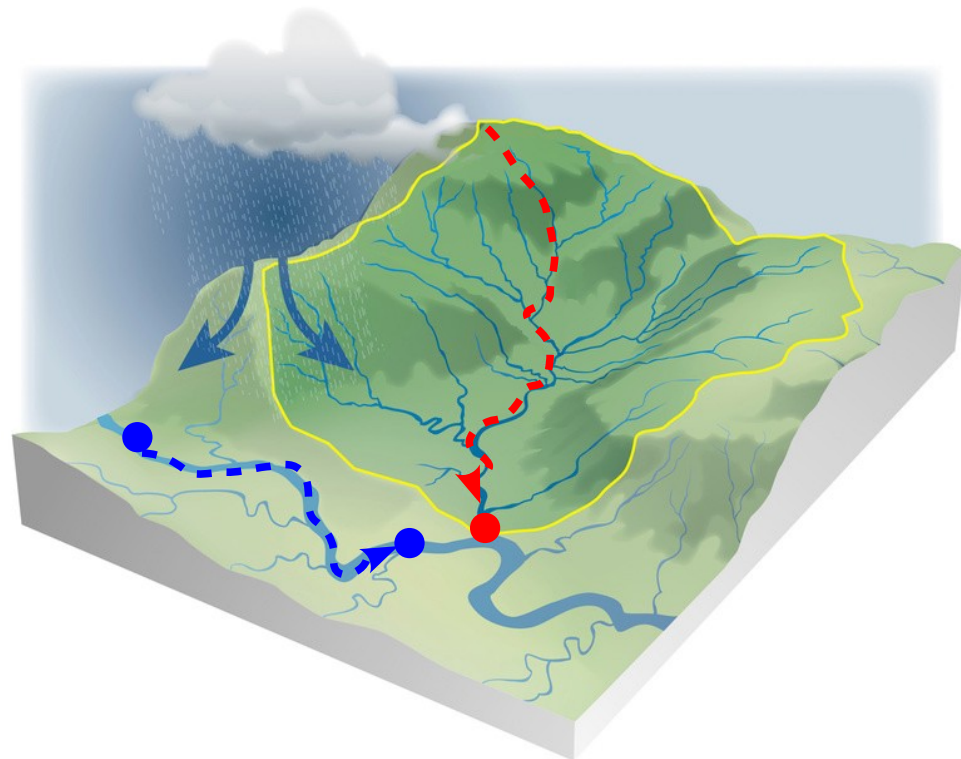
source image : <http://www.terristoires.info>

# Quelques notions d'hydrologie

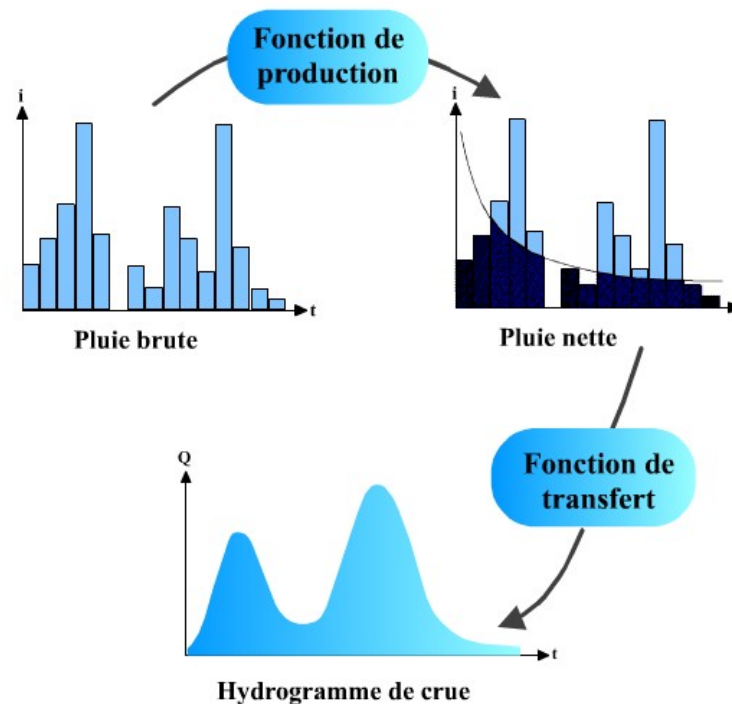
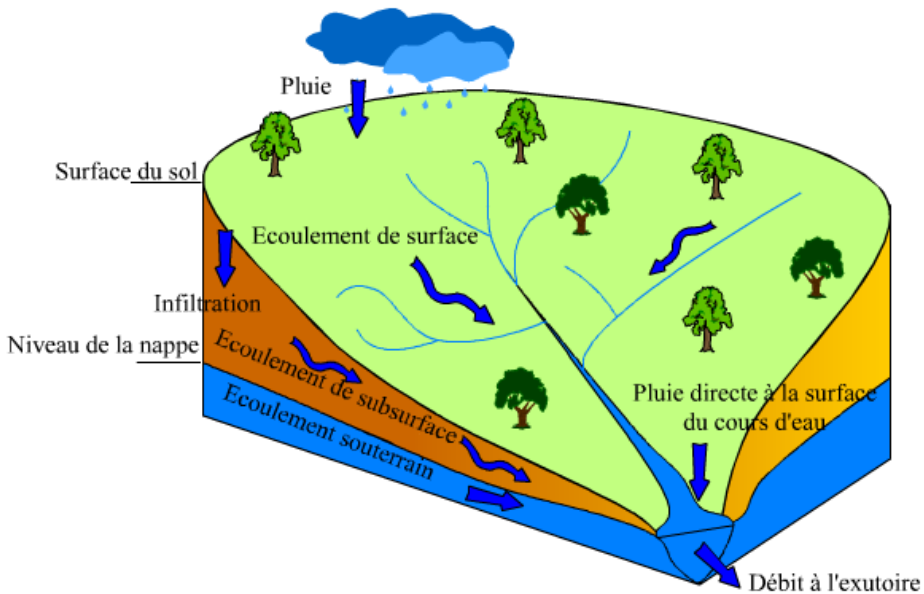


<https://www.geo.fr/environnement/hydrologie-la-science-du-cycle-de-l-eau-170036>

- **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



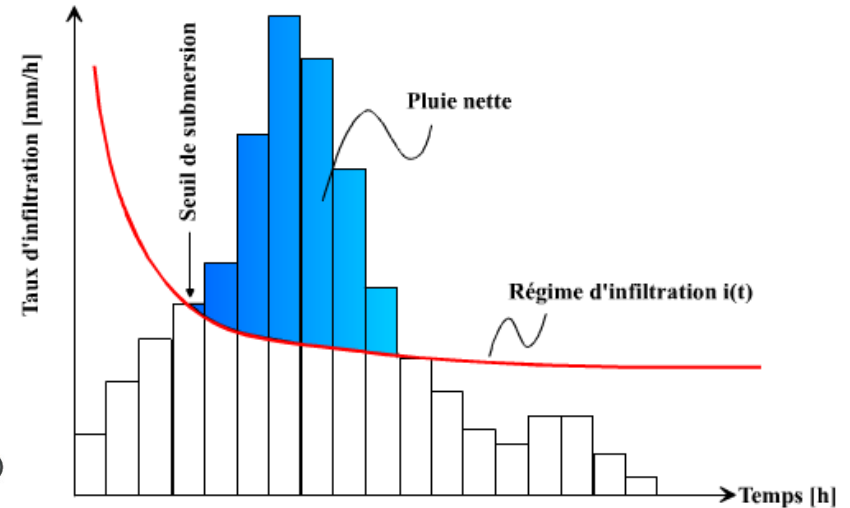
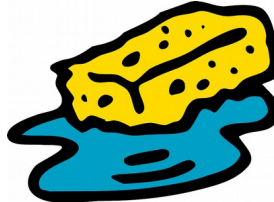
# La réponse hydrologique



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

# La pluie nette ou efficace

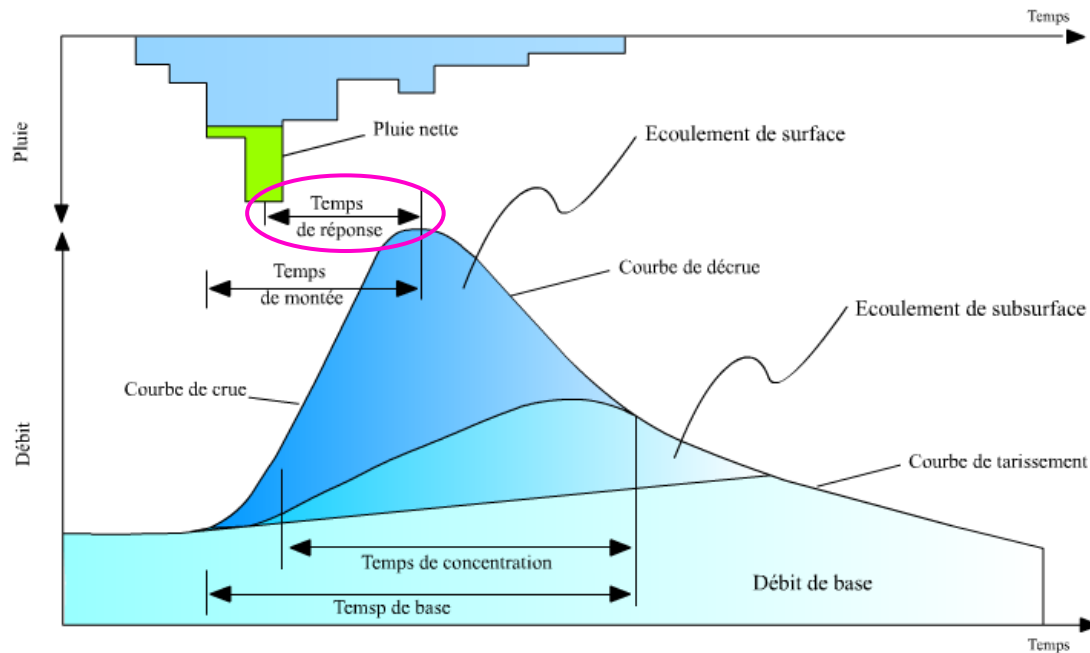
- La pluie nette :
  - partie de la pluie qui ruisselle
  - la plus rapide
  - différents processus de production
- Elle dépend de :
  - l'état initial de saturation
  - l'occupation des sols
  - la nature des sols
  - la topographie
- l'écoulement dépend aussi d'autres processus :  
interception, infiltration,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



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

# Le temps de réponse

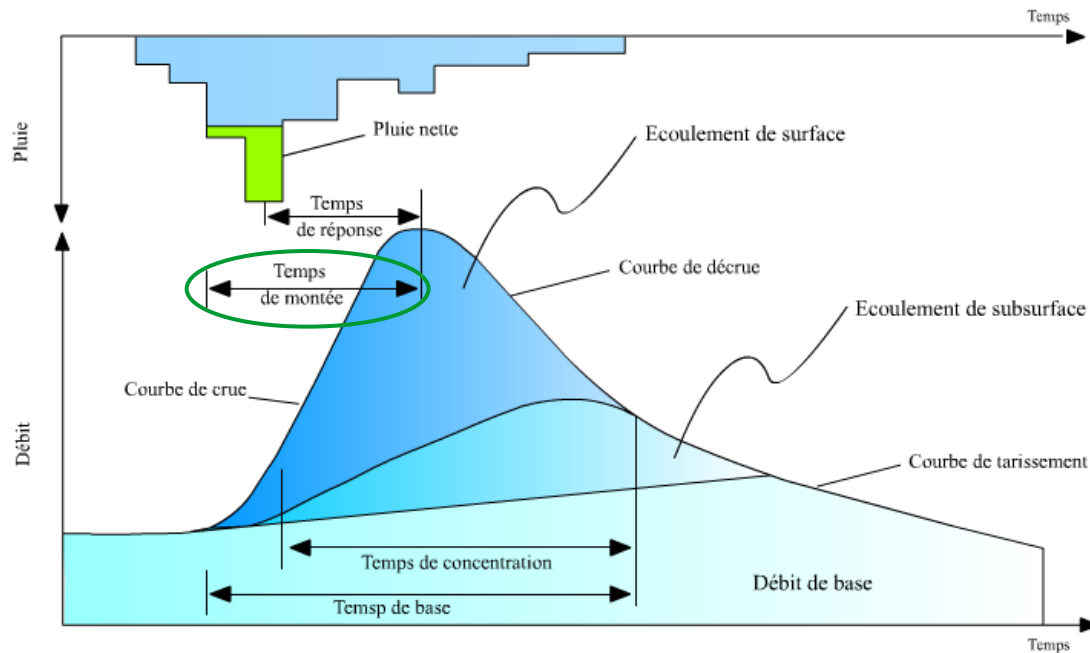
- **Temps de réponse** :  
temps moyen de réaction  
de la rivière à la pluie  
= *Temps de concentration / 2*
- Ce temps dépend du bassin :
  - de sa taille
  - de sa forme
  - des pentes



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



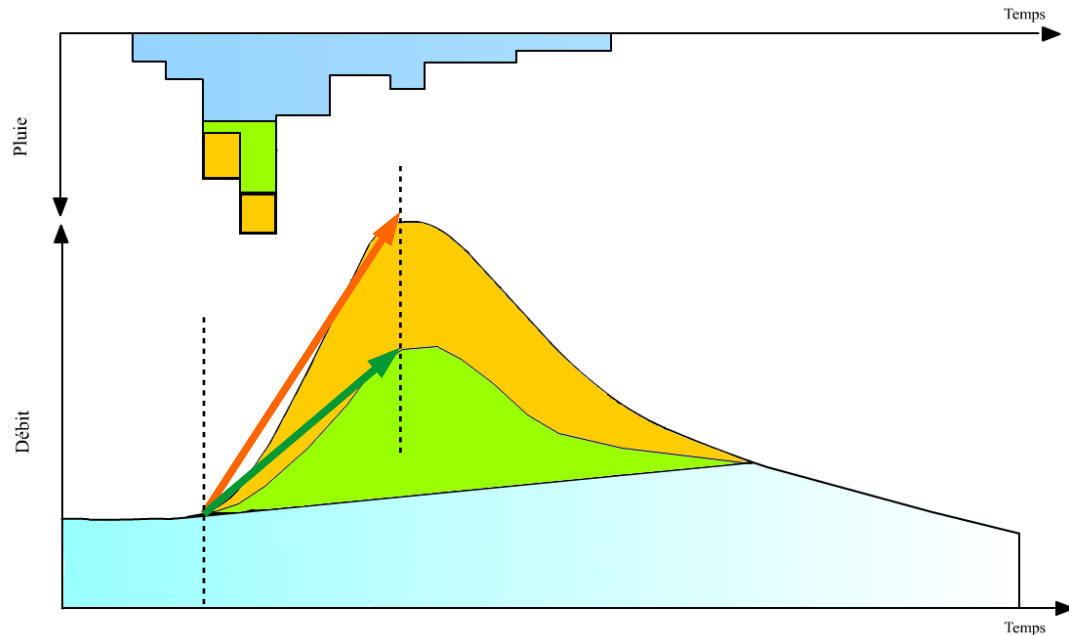
- **Temps de montée** : temps entre le début de ruissellement et le pic de crue
- Ce temps dépend :
  - du temps de réponse
  - de la durée de la pluie et des intensités
- En hydrologie opérationnelle, définition d'**un temps moyen caractéristique**



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

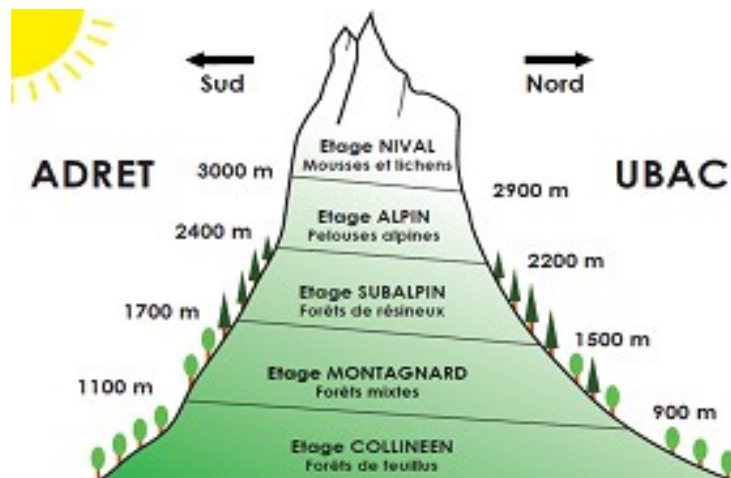


- En considérant un temps de montée caractéristique, la vitesse de montée est donc dépendante de l'intensité de l'évènement pluviométrique



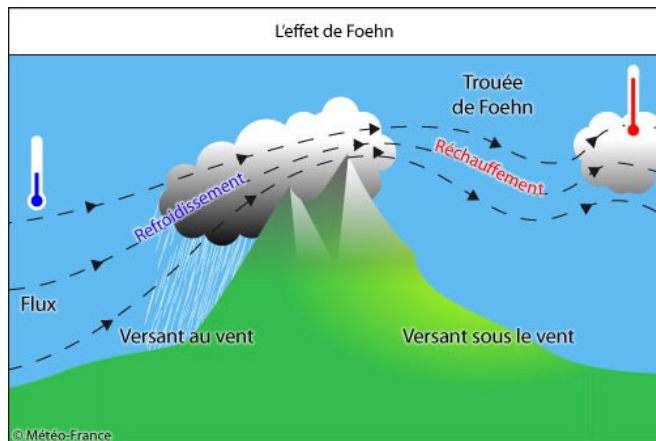
# L'hydrologie de montagne :

## bienvenue dans la 3ème dimension



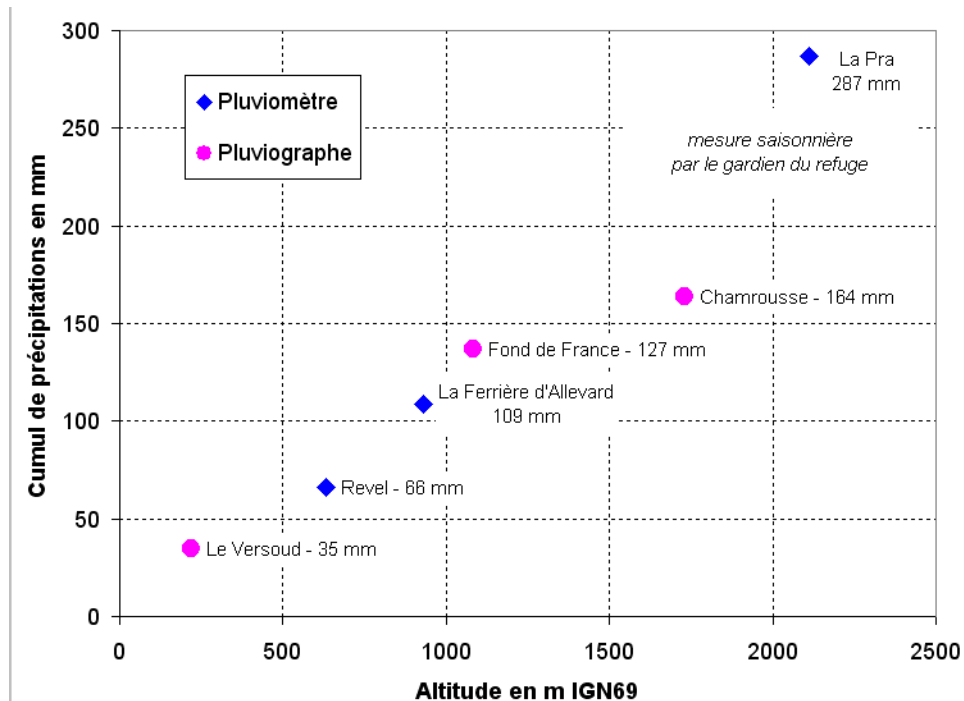
Étage de la végétation (SAJF)

- 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

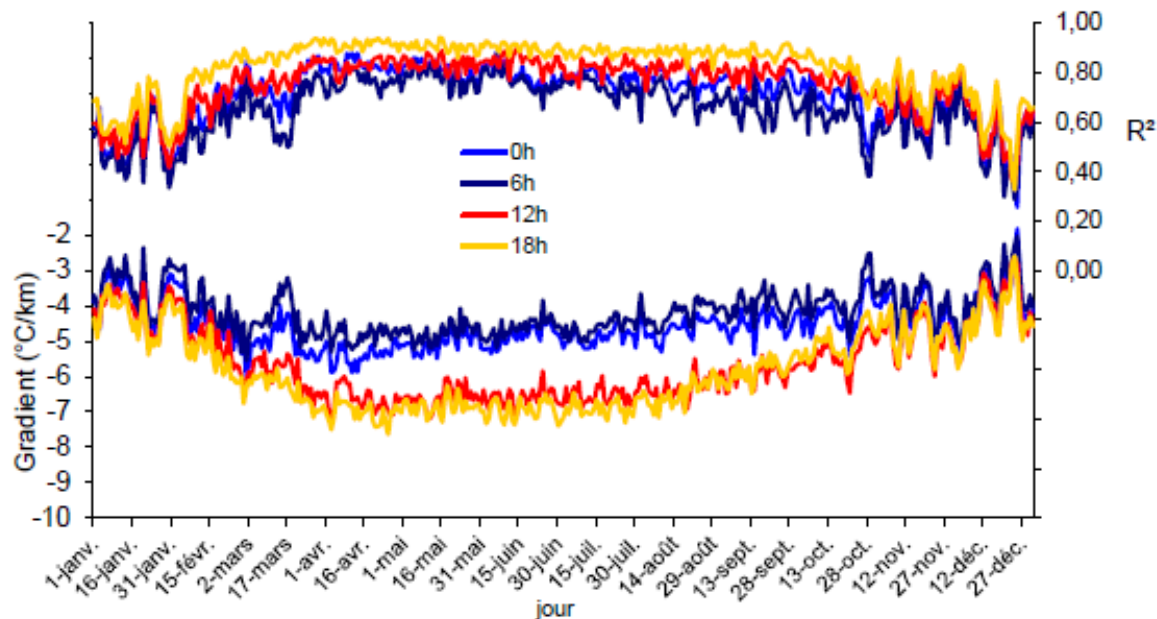
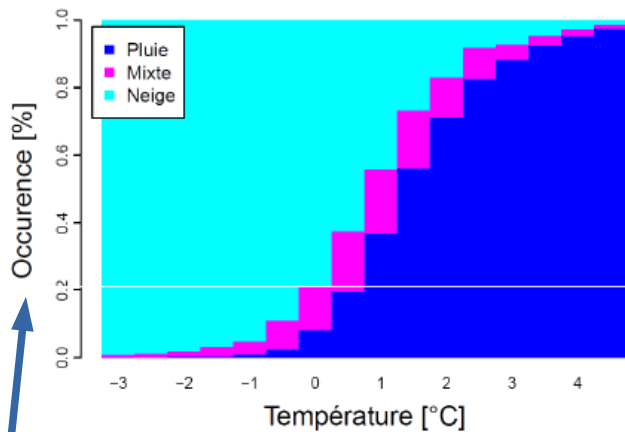


Figure 58- Gradients altimétriques horaires et  $R^2$  associés, moyennés sur 2000-2009 pour les 194 stations de la zone d'étude

E. Jabot (2012)

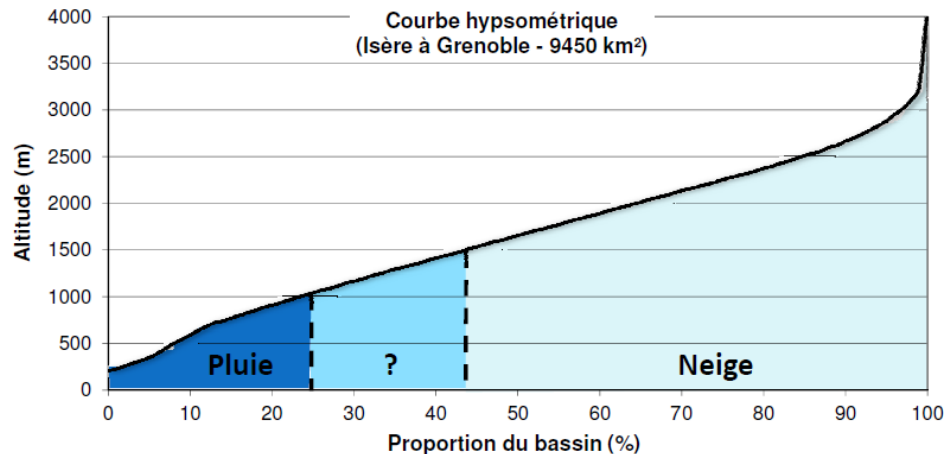
# Impact de la limite pluie neige

- 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)

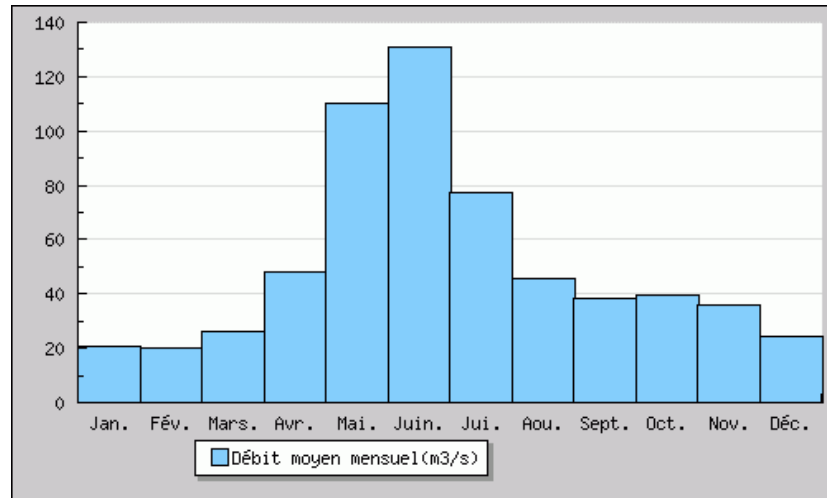
- Pas de mesure directe de la LPN
- Rôle important de l'humidité de l'air



S. Froidurot (2012)

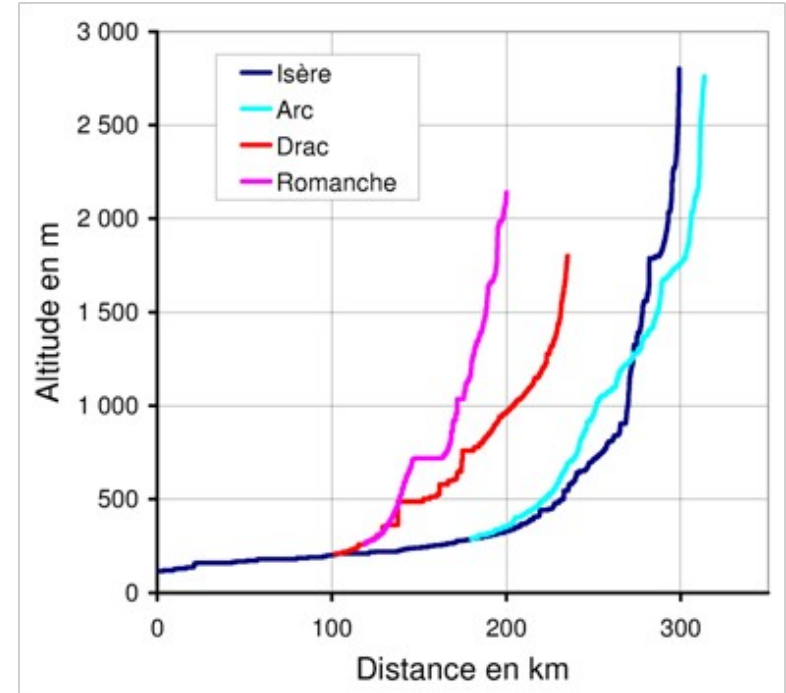
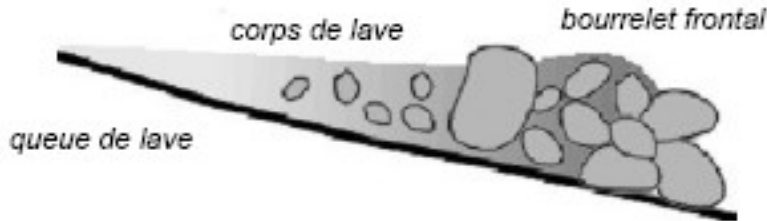
# Impact de la fonte de la neige

- Forte saisonnalité de la fonte liée à l'ensoleillement et aux températures
- Impact limité de la pluie sur la fonte de la neige
- 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



# Pentes et régimes d'écoulement

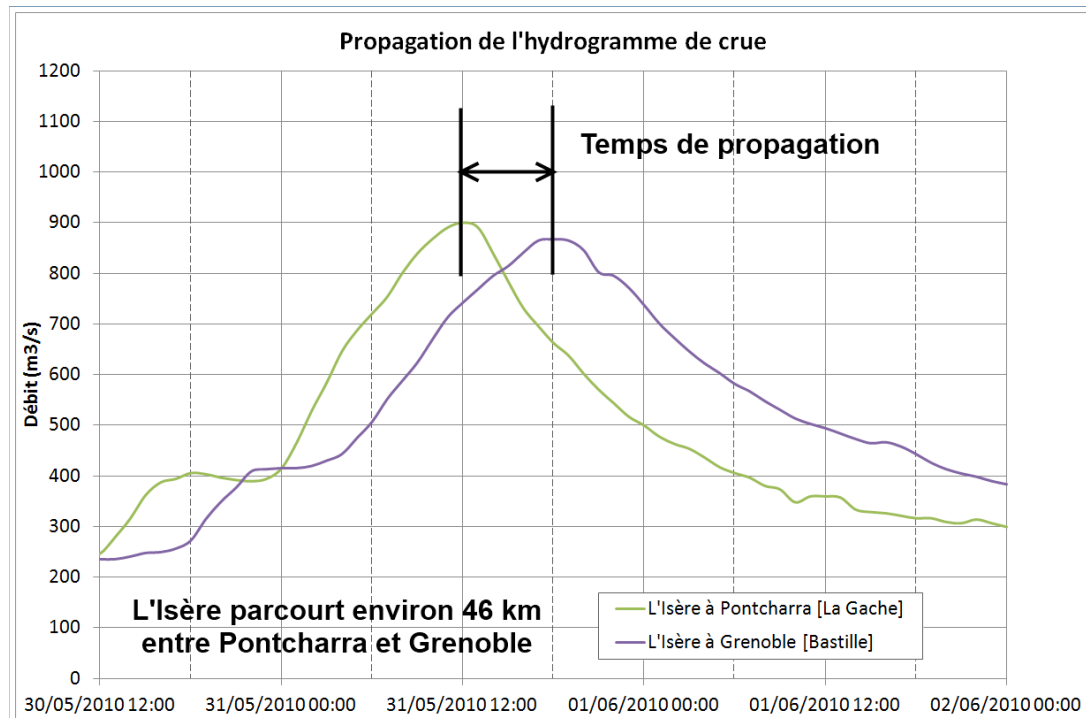
- **pente < à 1%**  
⇒ **régime fluvial**
- **pente entre 1 et 6 %**  
⇒ **régime torrentiel**
- **pente > à 6 %**  
⇒ **hydraulique torrentiel**



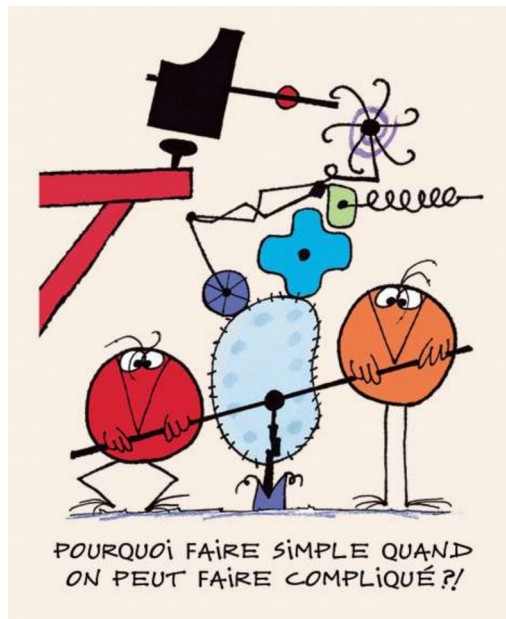
Profil en long de l'Isère et de ses affluents



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

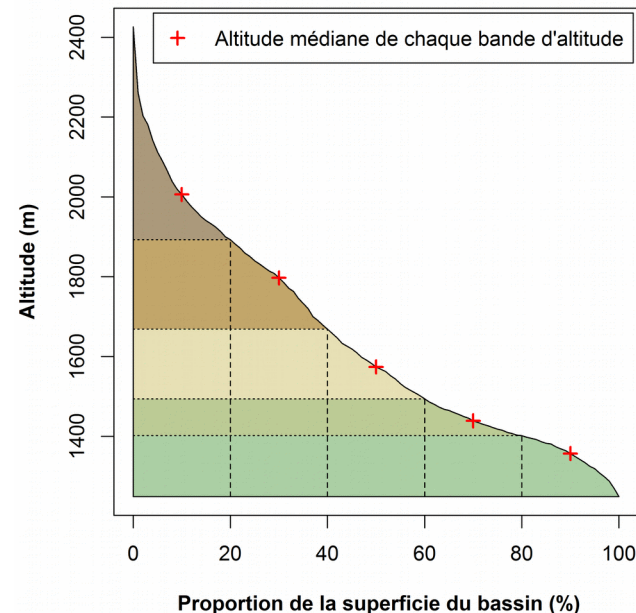


# Un petit focus sur les outils de modélisation



# Deux grands types de modèles

- Modèles pluie(-neige)-débit
- Distribués spatialement (grille)  
ou semi-distribués par bandes d'altitude
- Deux grands types :
  - à base physique
  - conceptuel



<https://webgr.inrae.fr/modeles/modele-de-neige/>

# Les modèles à base physique

- Modèles représentant un maximum de processus sous forme physique (résolution d'équations)
- Modèles nécessitant plus de données d'entrée (précipitations, températures, vents, rayonnements, ...)
- Pas de calage *a priori* mais très forte paramétrisation du modèle (occupation et nature des sols)
- La fonte de la neige est calculée à partir du bilan énergétique
- Temps de calcul important



## Le système SAFRAN - ISBA - MODCOU

### SAFRAN

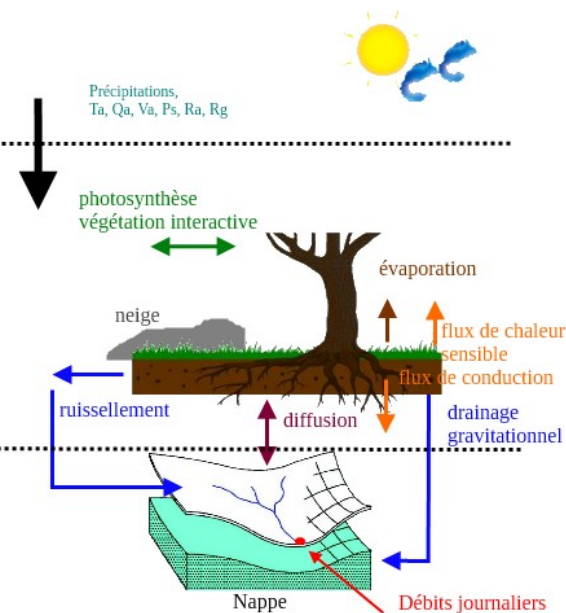
Forçage atmosphérique  
 $\Delta x = 8 \text{ km}$ ,  $\Delta t = 1 \text{ heure}$

### ISBA

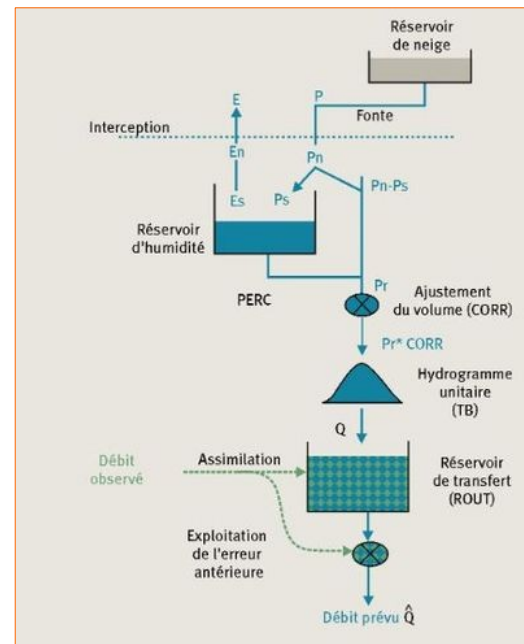
Schéma de surface  
 $\Delta x = 8 \text{ km}$ ,  $\Delta t = 5 \text{ min}$

### MODCOU

Modèle hydrologique  
 $\Delta x = 1 \text{ à } 8 \text{ km}$ ,  $\Delta t = 1 \text{ jour}$



- Modèles représentant les principaux processus sous forme simplifiée (réservoirs)
- Modèles nécessitant peu de données d'entrée (précipitations, températures)
- Estimation des paramètres :
  - calage à partir d'un historique de débits
  - ou par une méthode de régionalisation
- La fonte de la neige est indexée à la température de l'air (méthode degré-jour)
- Très utilisés en prévision hydrologique opérationnelle car faible temps de calcul



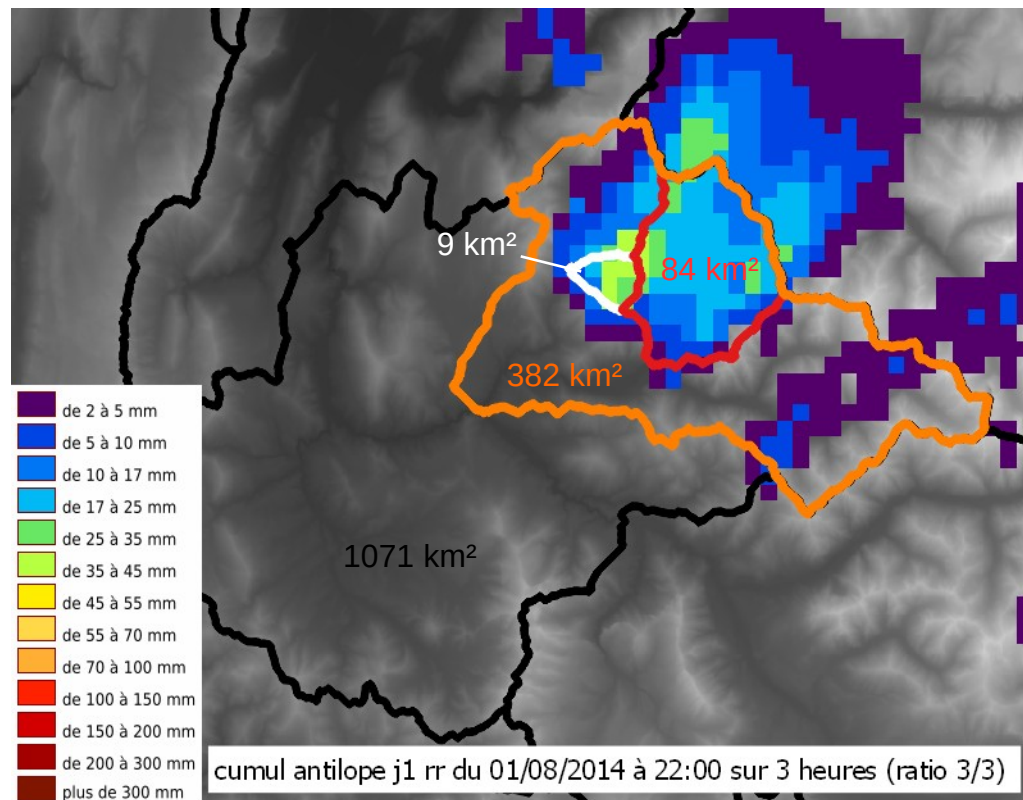
<https://webgr.inrae.fr/logiciels/grp/>

- Amélioration significative des modèles météo
- Les précipitations restent une variable délicate à prévoir
- 

Résolution modèle

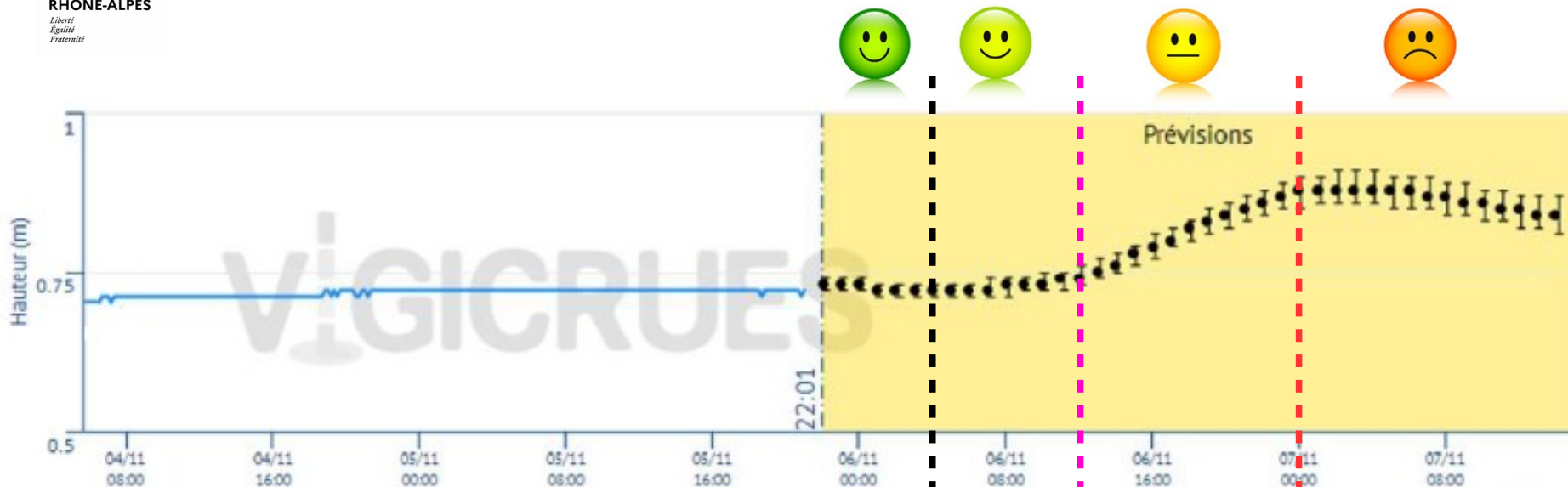
- Pb échelle

- 





# Anticipation et incertitudes



Temps de propagation (observations de débit)

Temps de réponse (observations de pluie)

**Incertitudes très fortes**  
**délaï fonction de la taille du bassin**

# La réglementation et les différents acteurs



## Code l'environnement Chapitre IV : Prévision des crues



L564-1 :

**L'organisation** de la surveillance, de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues **est assurée par l'Etat.**

L564-2 :

I. - **Un schéma directeur de prévision des crues est arrêté pour chaque bassin par le préfet coordonnateur de bassin en vue d'assurer la cohérence des dispositifs que peuvent mettre en place**, sous leur responsabilité et pour leurs besoins propres, **les collectivités territoriales ou leurs groupements** afin de surveiller les crues de certains cours d'eau ou zones estuariennes, **avec les dispositifs de l'Etat et de ses établissements publics.**

II. - **Les collectivités territoriales ou leurs groupements peuvent accéder gratuitement**, pour les besoins du fonctionnement de leurs systèmes de surveillance, **aux données recueillies et aux prévisions élaborées grâce aux dispositifs de surveillance mis en place par l'Etat, ses établissements publics et les exploitants d'ouvrages hydrauliques.**

III. - **Les informations recueillies et les prévisions élaborées** grâce aux dispositifs de surveillance mis en place **par les collectivités territoriales ou leurs groupements sont transmises aux autorités détentrices d'un pouvoir de police.** Les responsables des équipements ou exploitations susceptibles d'être intéressés par ces informations peuvent y accéder gratuitement.



## Code l'environnement Chapitre IV : Prévision des crues

L564-3 :

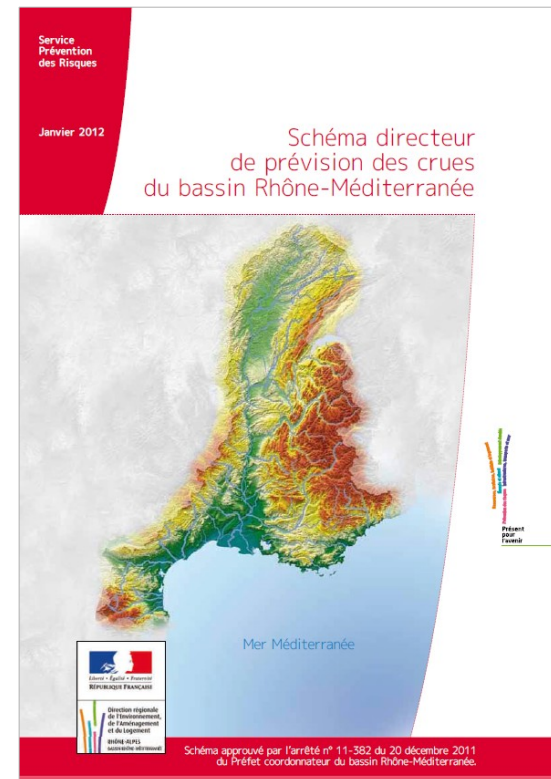
I. - **L'organisation de la surveillance, de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues par l'Etat, ses établissements publics et, le cas échéant, les collectivités territoriales ou leurs groupements fait l'objet de règlements arrêtés par le préfet.**

II. - Un décret en Conseil d'Etat précise les modalités de mise en oeuvre du présent chapitre.

Décret n° 2005-28 du 12 janvier 2005

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

- Il 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



[http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/sdpc\\_rmed.pdf](http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/sdpc_rmed.pdf)

- Règlement de Surveillance, de Prédiction et de Transmission de l'Information sur les Crues (RIC)
- 3 SPC sur le massif des Alpes :
  - Alpes du Nord (DREAL ARA)
  - Grand Delta (DREAL ARA)
  - Méditerranée Est (Météo-France)
- 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)

Les RIC sont disponibles sur le site Vigicrues: <https://www.vigicrues.gouv.fr/>



- 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
- Mais document mis à jour tous les 10 ans et très forte progression des demandes avec la mise en place de la GEMAPI



- Les dépositaires de l'autorité de police :
  - Le préfet
  - Les maires
- Les gestionnaires d'ouvrages
  - Les exploitants hydro-électriques
  - Les GEMAPIENS
- Les acteurs de la gestion de crise
  - SDIS
  - RTM
  - DDT (RDI)
  - ....

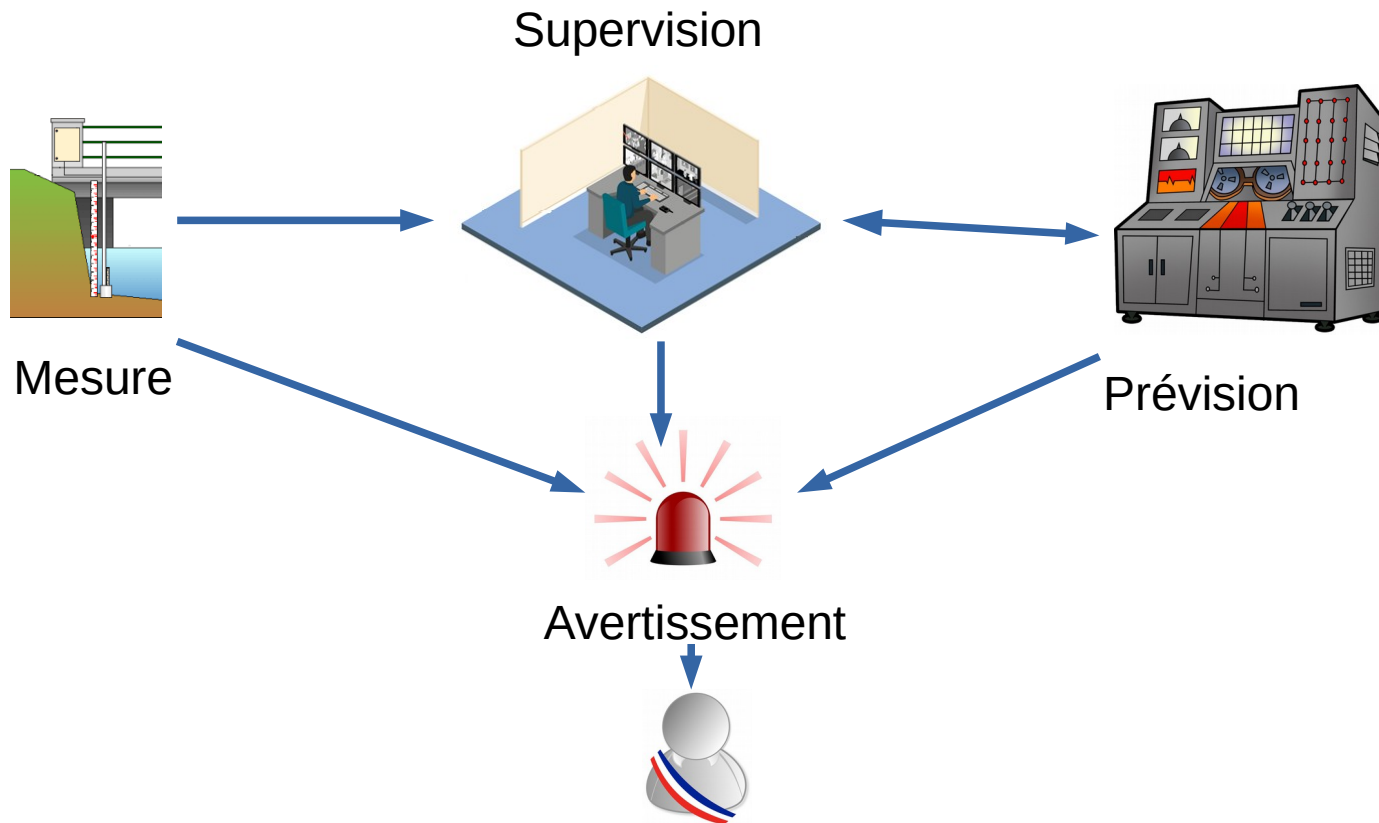
# Les différents acteurs



<https://www.facebook.com/courrierdeleure/>



# Les « briques » d'un SDAL

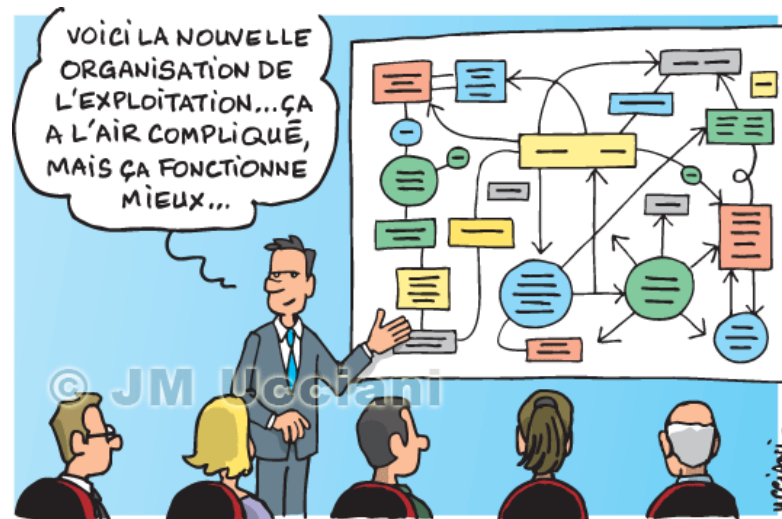


- Le SDAL peut être composé que de certaines briques
- Importance des liaisons entre briques (ie robustesse des transmissions)
- Assurer la continuité d'activité (alimentation électrique, maintenance ...)
- Sous-traitance d'une partie ou de la totalité du système

Contacteur + sirène

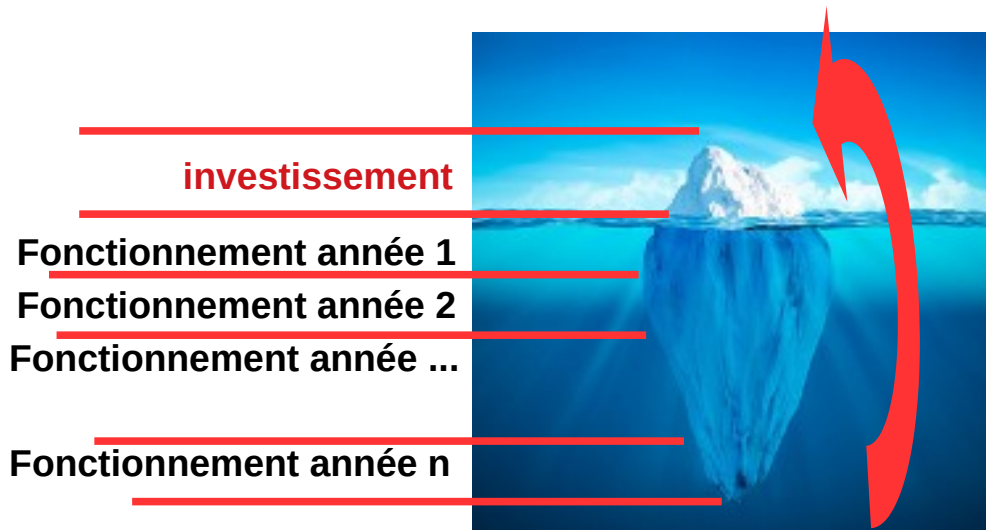
# Une organisation à mettre en place

- Assurer la continuité de service :
  - organisation sous forme d'astreinte (d'urgence ?)
  - renforcement en gestion de crise
- Former et assurer le maintien des compétences
- Définir des procédures claires



<https://www.ucciani-dessins.com/nouvelle-organisation-entreprise/>

- Les coûts d'investissement dépendent :
  - de la taille du réseau
  - des « briques » du système
  - du niveau de service  
*par ex : doublement des capteurs*
- Les coûts de fonctionnement sont liés aux investissements et aux niveaux de service:  
de qq k€ à  
plusieurs 100 k€ par an
- Nécessité de réinvestir régulièrement (développement applicatif, évolutions technologiques, renouvellement matériel, ...)




- Subvention de l'État dans le cadre des PAPI ou des STEPRIM
- Axe 2 - Surveillance et prévision des risques : Équipements de surveillance et de prévision (investissement : acquisition et installation de stations...)
- Taux maximum de subvention (FPRNM) :
  - 50 % (PPRN approuvé)
  - 40 % (PPRN prescrit)

Direction générale  
 de la prévention  
 des risques  
 Service des risques  
 naturels et  
 hydrologiques  
 Bureau des risques  
 naturels et/ou  
 hydrauliques

**Appel à projets STePRIM**  
 « Stratégie territoriale pour la prévention  
 des risques en montagne »

**Cahier des charges 2019**


2019




Programmes d'actions de prévention  
 des inondations (PAPI)  
 Cahier des charges « PAPI 3 » - Guide méthodologique

**De l'intention à la labellisation :  
 Constituer mon dossier PAPI**

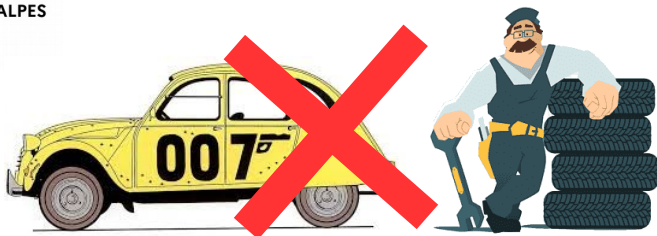
Octobre 2017



  
 MINISTÈRE  
 DE LA TRANSITION  
 ÉCOLOGIQUE  
 ET SOLIDAIRE  
 Ministère de la transition écologique et solidaire  
<https://www.ecologie.gouv.fr>



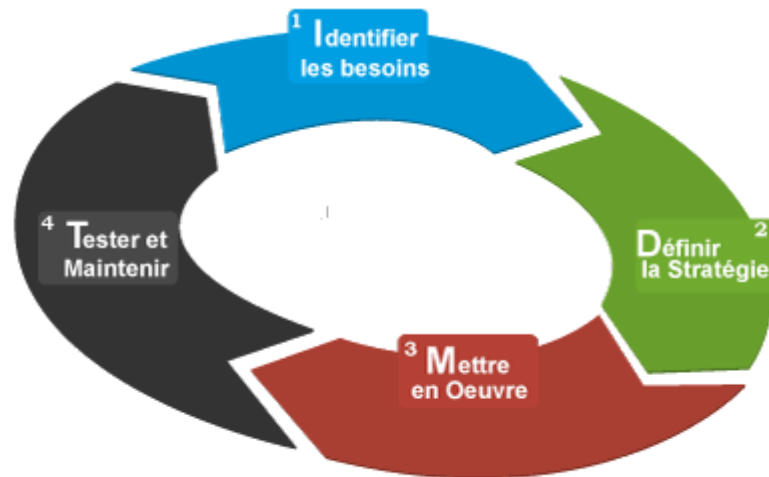




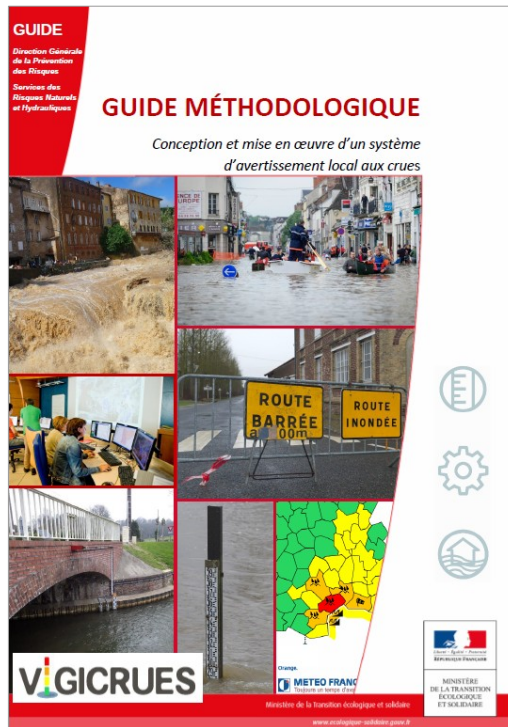
- Choisir le système adapté à son contexte et à ses moyens
- **Nécessité d'une étude de faisabilité :**
  - Enjeux
  - Anticipation nécessaire
  - Réponse hydrologique
  - Moyens possibles

# Une démarche progressive

- Un système qui s'améliorera au fur et à mesure de la connaissance acquise
- Viser simple et robuste au départ



- Un guide nationale plutôt orienté « métrologie »
- Distinction entre trois grands types :
  - Détection de seuil
  - Mesure de hauteur
  - Mesure de hauteur + débit
- Proposition d'une démarche d'élaboration



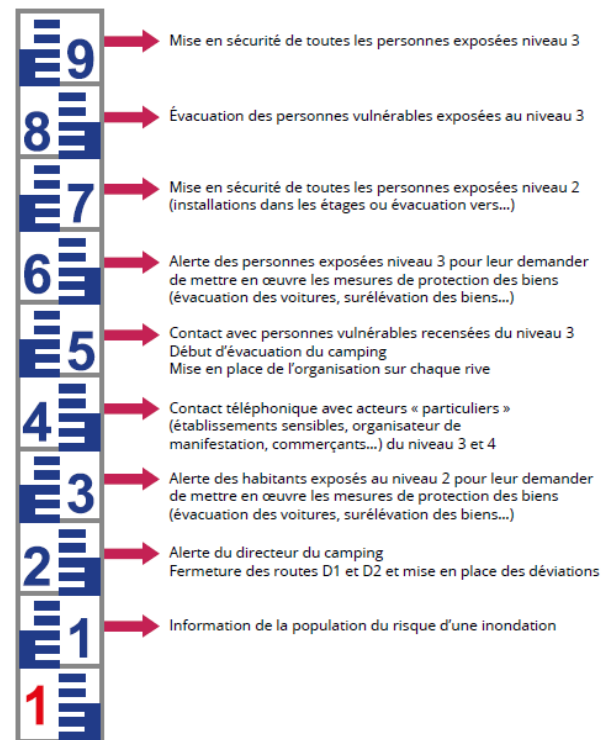
<http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/conception-et-mise-en-oeuvre-d-un-systeme-d-a16315.html>

# En lien avec l'alerte et la gestion de crise

cf. Guide pratique d'élaboration du volet inondation du plan communal de sauvegarde

[http://www.irma-grenoble.com/06publications/01publications\\_afficher.php?id\\_rubdoc=38](http://www.irma-grenoble.com/06publications/01publications_afficher.php?id_rubdoc=38)

EXEMPLE DE PLAN D'INTERVENTION « GRADUÉ »  
EN FONCTION DE LA STRATÉGIE RETENUE \*



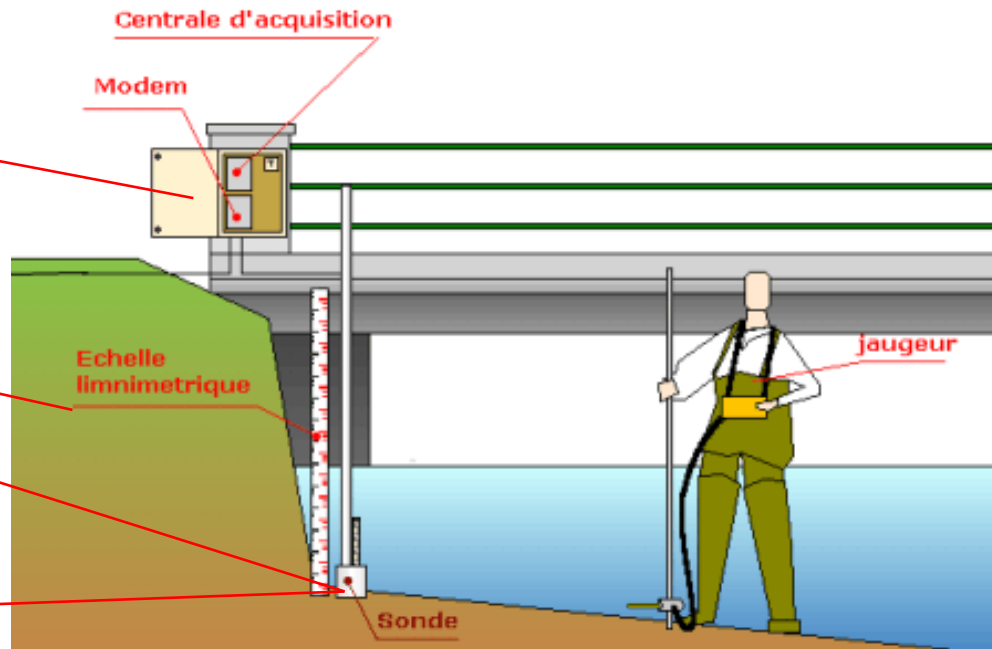
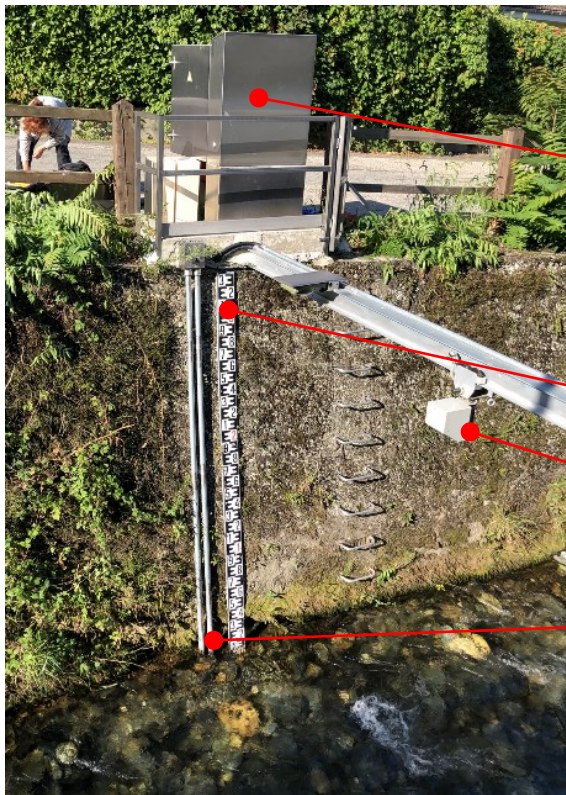
# Un petit focus sur les réseaux de mesure



+ neige



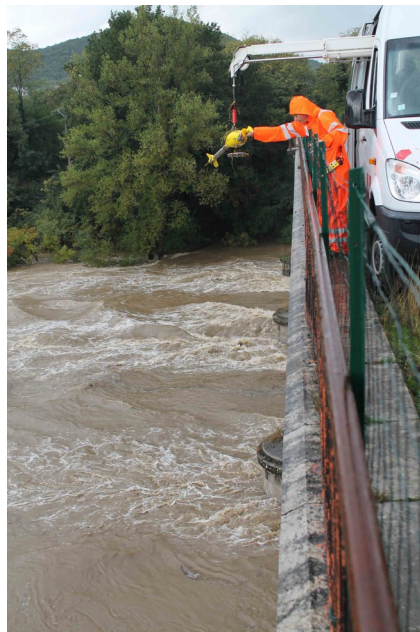
# Les stations hydrométriques



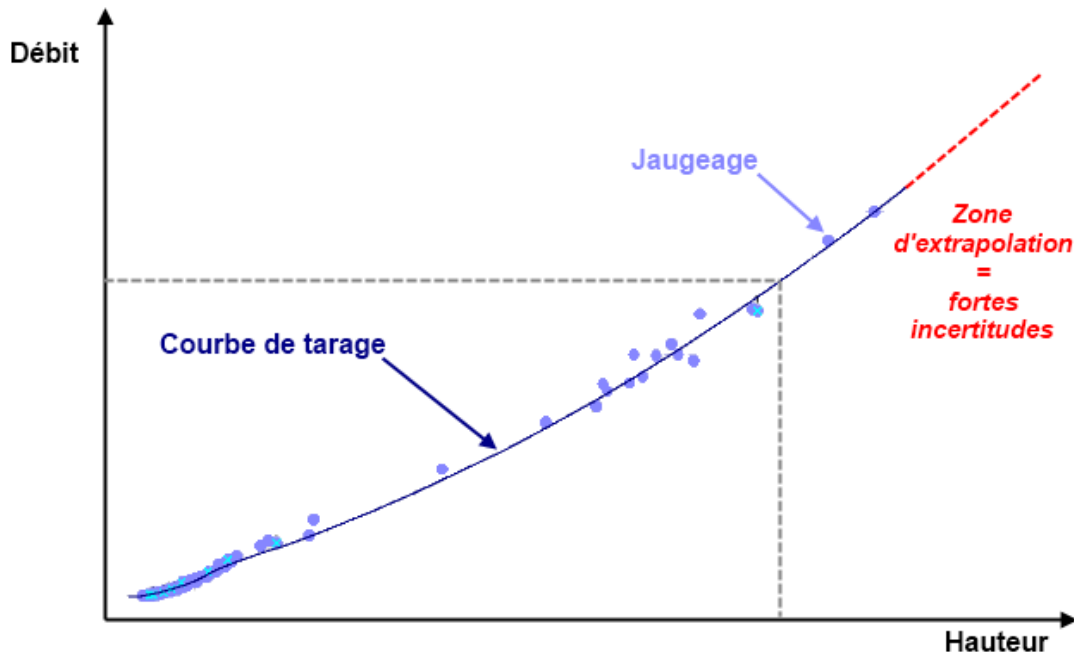
La station enregistre la hauteur d'eau en continu.  
Le jaugeur mesure un débit ponctuellement.



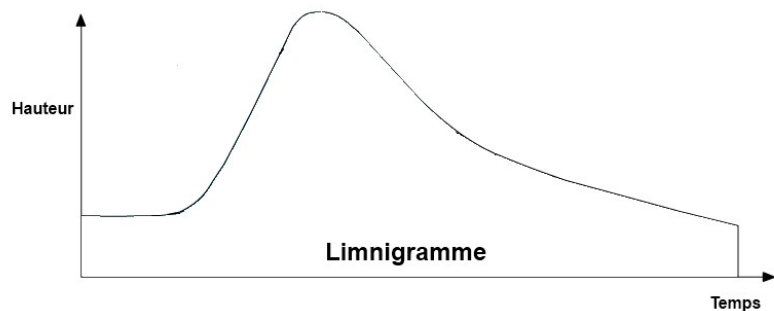
- Un **jaugeage** est une mesure ponctuelle de débit réalisée par une équipe spécialisée en mesurant les vitesses
- Ils permettent l'élaboration d'une abaque de correspondance entre la hauteur à l'échelle et le débit appelée **courbe de tarage**
- Les jaugeages en crue sont difficiles :
  - peu fréquents
  - temps d'accès
  - limites du matériel
  - sécurité des agents



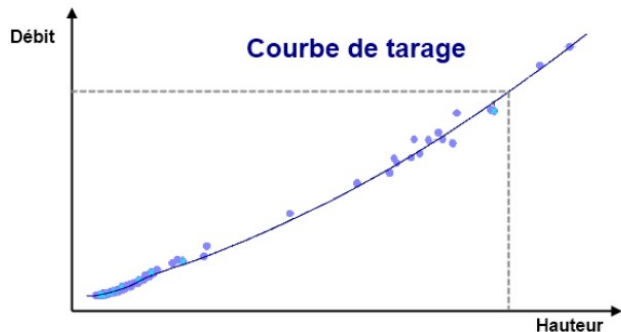
- **Les courbes de tarage** sont régulièrement mises à jour pour tenir compte des évolutions de la rivière
- Les mises à jour peuvent entraîner un nouveau calcul des débits dans le passé
- Il y a de **fortes incertitudes** après le jaugeage le plus fort
- Il est souvent nécessaire d'utiliser de « vieux » jaugeages pour les crues



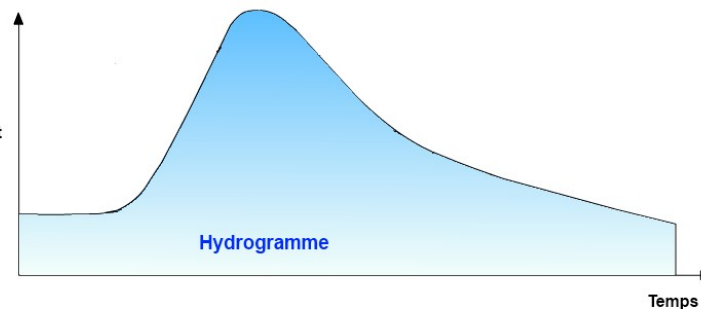
# Le calcul des débits



+

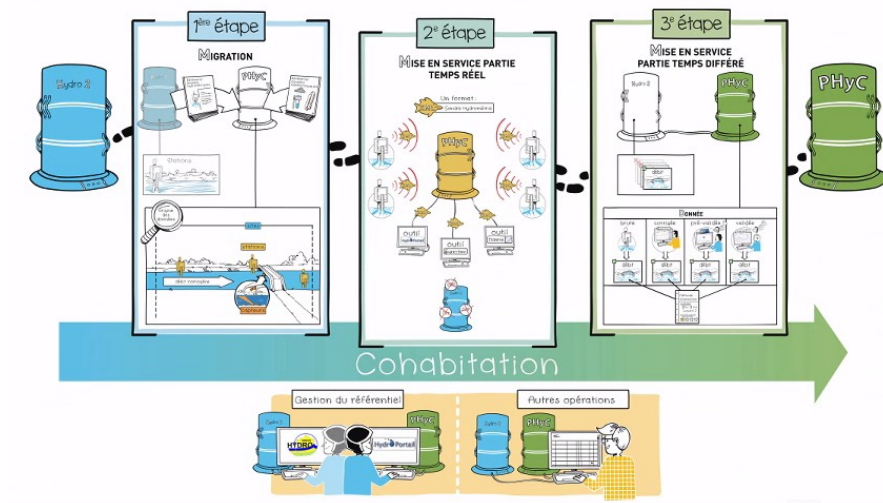


= Débit



cf. Charte qualité de l'hydrométrie  
<https://www.eaufrance.fr/>

- Métier technique à forte expertise
- Environ 1 ETP pour 10 à 15 stations
- Investissement important en matériel de jaugeage
- Un travail indispensable de critique et de bancarisation des données (Banque Hydro 2 et bientôt Hydro3)



- Mesure de vitesse de surface (radar, vidéo, ...)

- Un territoire où les réseaux de mesure sont mis à rude épreuve

L'Arly à Ugine [Moulin-Ravier]



Janvier 2004 (DDT73)



Mai 2015 (CG73)

# Les dispositifs opérés par le réseau VIGICRUES





## Vigilance crues

### CIBLE :

Cours d'eau réglementaires :  
en général, bassins avec enjeux dont les  
temps de réponse souvent > 6 h

### MISE A JOUR :

au minimum 2 fois par jour  
(à 10 h et à 16 h)

**ECHÉANCES COUVERTES :** 24 h

### CIRCUITS D'INFORMATION :

Push vers les préfectures –  
les préfectures avertissent ensuite tous les  
maires concernés

### VISUALISATION :

VIGICRUES pour le grand public  
ET les gestionnaires de crise

### PRODUCTION :

expérimetée par les SPC  
et validée par le SCHAPI

## Avertissements Vigicrues Flash

### CIBLE :

cours d'eau non couverts par la vigilance  
bassins avec temps de réponse supérieur à **1h30**

### DECLenchement :

Avertissements envoyés uniquement  
**si dépassements de seuils envisagés**  
(quelle que soit l'heure)

**ECHÉANCES COUVERTES :**

quelques heures

### CIRCUITS D'INFORMATION :

Push **direct** vers maires **abonnés** (gratuit)  
et autres acteurs de crise

### VISUALISATION :

**Uniquement** pour les gestionnaires de crise

### PRODUCTION :

automatique par le SCHAPI



- Une seule source d'information :  
**<https://www.vigicrues.gouv.fr/>**
- Deux niveaux géographiques :
  - national
  - par territoire de SPC
- Trois types d'information :
  - la vigilance « crues »
  - les prévisions
  - les données temps-réel
- Des évolutions programmées en 2021 :  
smartphone, abonnement, ...



Service d'information sur le risque de crues  
des principaux cours d'eau en France



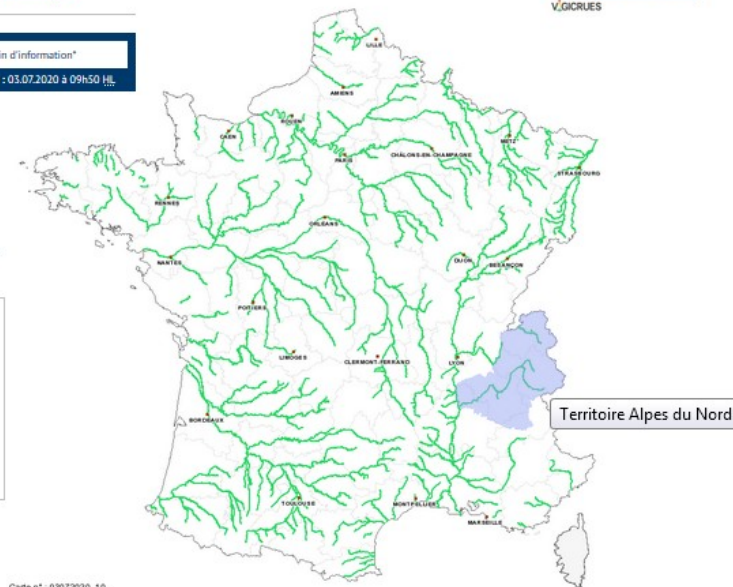
⚠ Pas de vigilance particulière requise

Afficher les informations de  
mon territoire

Se géolocaliser



Cliquez sur une zone de la carte  
pour afficher les informations  
locales



Carte n° : 03072020\_10

- Le dispositif est opéré par le Ministère de la Transition écologique depuis 2006
- Il couvre les principaux cours d'eau métropolitains
- Il s'appuie sur :
  - un service central à Toulouse (SCHAPI)
  - 19 services de prévision des crues (SPC) :  
*18 en DREAL et 1 à Météo-France*
- Les services sont organisés sous forme d'astreinte pour assurer la continuité du dispositif avec mise en place de permanence en crise



- Une seule source d'information :  
**<https://www.vigicrues.gouv.fr/>**
- Deux niveaux géographiques :
  - national
  - par territoire de SPC
- Trois types d'information :
  - la vigilance « crues »
  - les prévisions
  - les données temps-réel
- Des évolutions programmées en 2021 :  
smartphone, abonnement, ...
- Des évolutions à plus long terme sur une vigilance  
sur l'ensemble du territoire



Service d'information sur le risque de crues  
des principaux cours d'eau en France



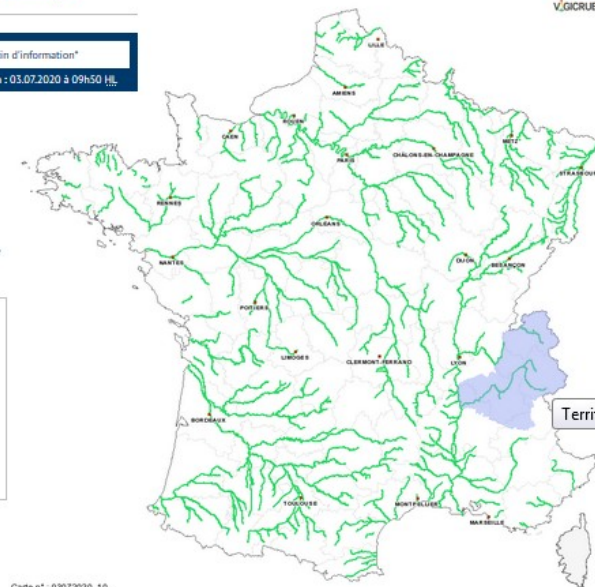
Afficher les informations de  
mon territoire

Se géolocaliser

VIGICRUES

Accéder au bulletin d'information\*  
\*Production de l'information : 03.07.2020 à 09h50

Cliquez sur une zone de la carte  
pour afficher les informations  
locales



Carte n° : 03072020\_10

- Les informations liées à la vigilance crues sont accessibles à tous via le site Internet
- Les informations liées à la vigilance crues sont systématiquement envoyées par courriel :
  - aux préfetures
  - aux DDT (mission RDI)
  - aux pompiers
  - aux gestionnaires d'ouvrages hydrauliques
- **L'alerte relève des prérogatives du préfet**

# Vigilance et alerte

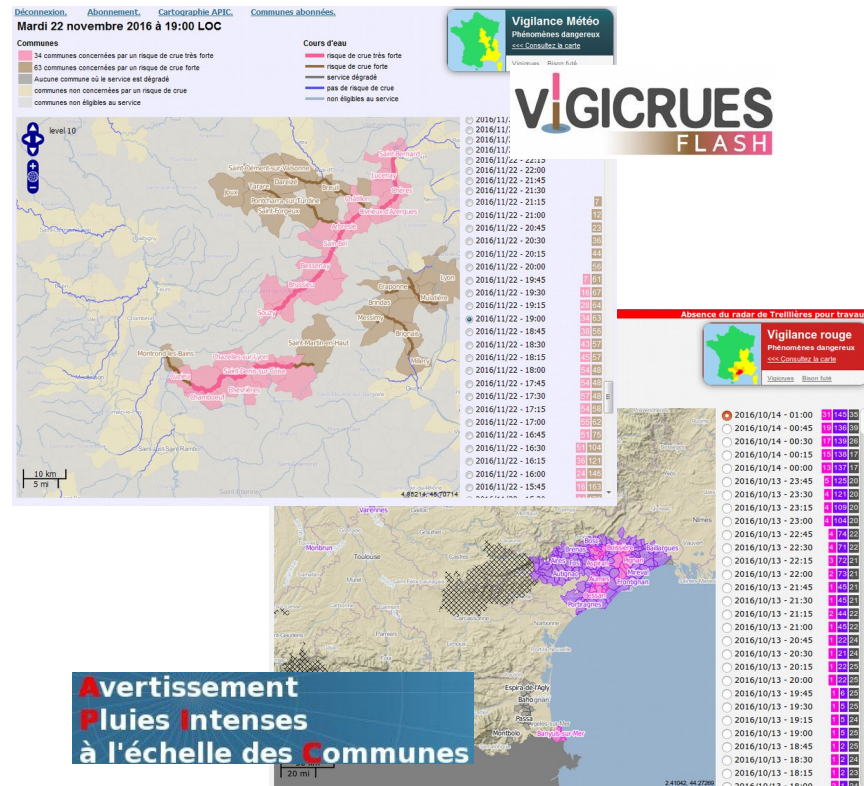




<https://apic.meteo.fr/>



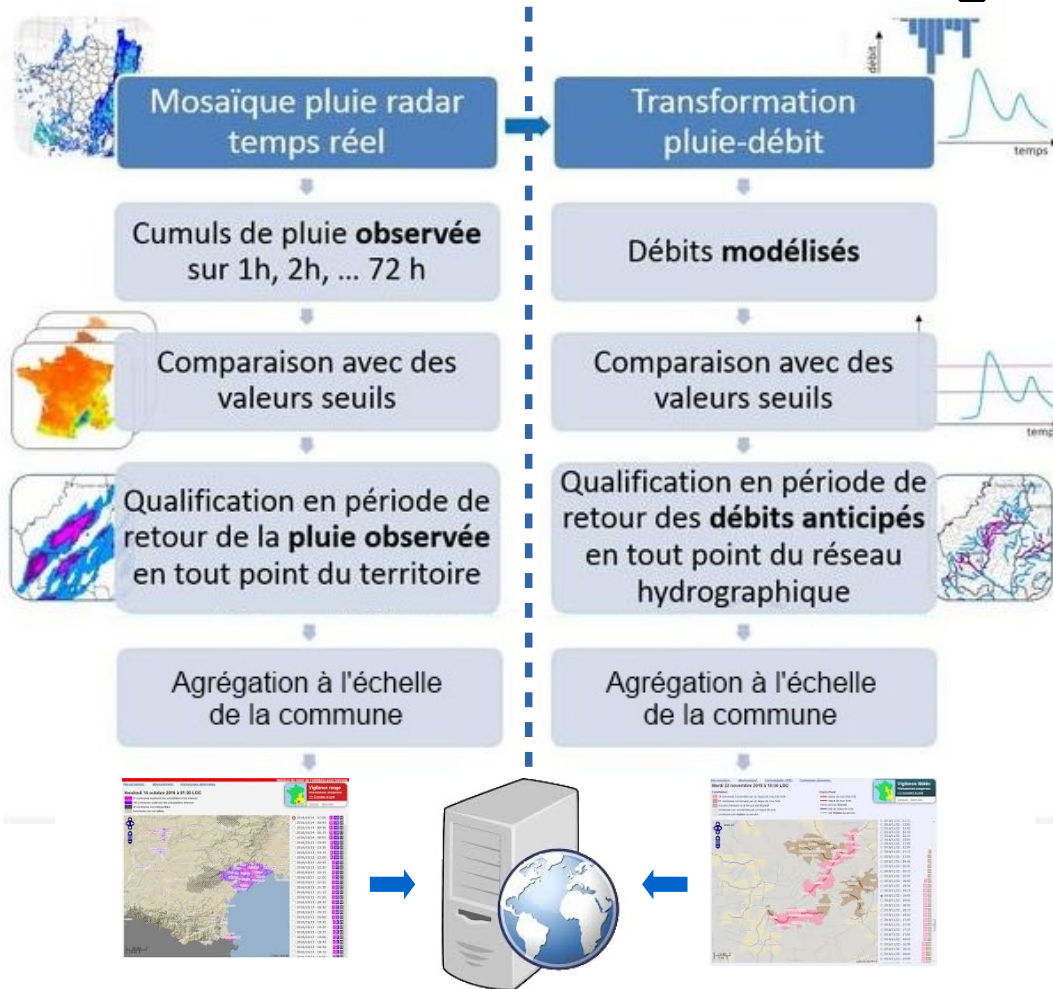
- Une plate-forme commune opérée par MF, mais deux services distincts (bien qu'imbriqués)
- **Un système automatique d'avertissement** par courriel, sms et appel téléphonique
- **L'accès aux services nécessite un abonnement**
- Le système par abonnement est actuellement réservé aux communes et aux préfetures mais sera élargi aux grands opérateurs et aux EPCI en 2021
- Le système sera aussi ouvert à tous en consultation en 2021



[https://apic.meteo.fr/ressources/doc/doc\\_mairie.pdf](https://apic.meteo.fr/ressources/doc/doc_mairie.pdf)

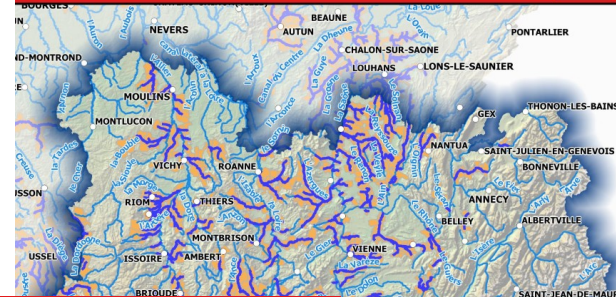


**Avertissement**  
**Pluies Intenses**  
 à l'échelle des **Communes**

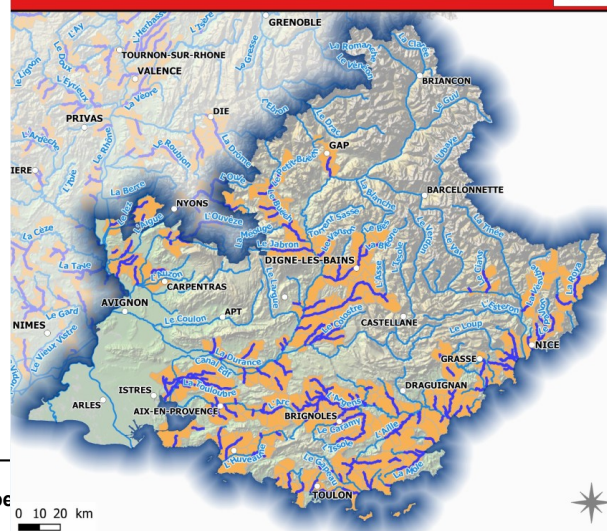


- Le système couvre les bassins ayant un temps de réponse entre 2 à 6 heures
- Le système est dépendant :
  - × de la qualité de la couverture radar
  - × de la capacité du modèle à représenter les processus hydrologiques du territoire
- La couverture est lacunaire sur les Alpes car le modèle ne prend pas en compte la neige (travaux INRAE en cours)
- L'éligibilité des territoires est expertisée par le SPC

VIGICRUES FLASH  
Couverture du service Vigicrues Flash  
Octobre 2019  
AUVERGNE RHONE ALPES

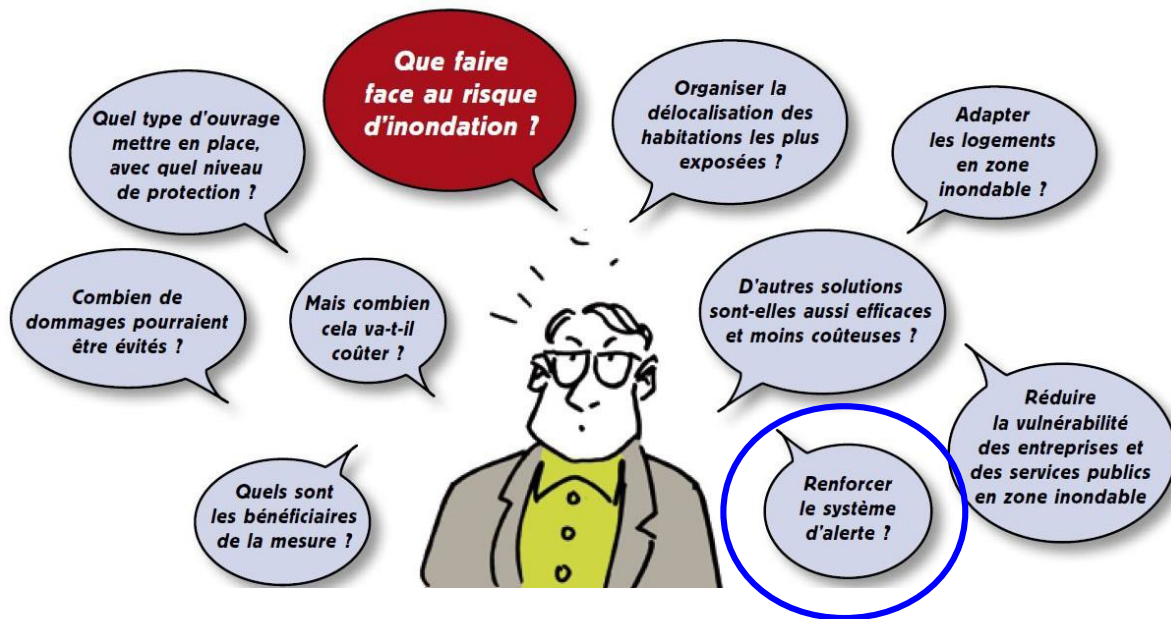


VIGICRUES FLASH  
Couverture du service Vigicrues Flash  
Octobre 2019  
PROVENCE ALPES COTE D AZUR





# Conclusions



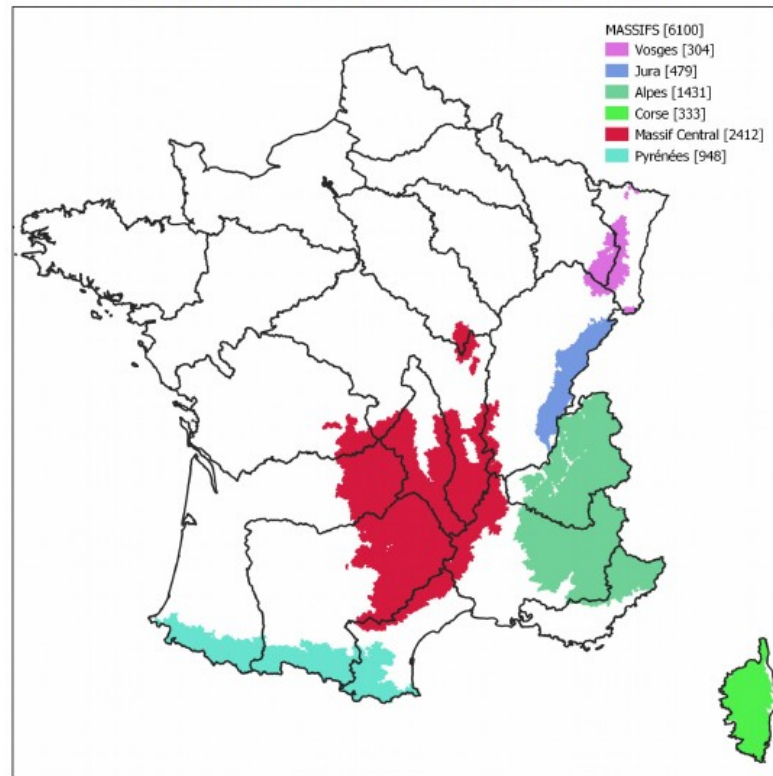
<https://www.cepri.net/>

- **Les SDAL sont fortement conditionnés au temps de réponse des bassins mais aussi à la nature des écoulements en montagne**
- Un enjeu très fort d'amélioration de l'instrumentation sur les petits bassins versants
- Une amélioration indispensable de la connaissance :
  - des précipitations sur l'Est des Alpes
  - de la phase des précipitations
- Le besoin d'assimiler des données sur la neige dans les modèles hydrologiques



- Un cadre administratif existant (SDPC+RIC) mais à rendre plus réactif
- Assurer une meilleure articulation SPC/RTM
- 17 % des communes classées « montagne » et 7 % du territoire français > à 1000 m :
  - un concentré de difficultés sur une petite surface
  - **Besoin de fédérer tous les acteurs publics concernés par cette problématique**

Répartition des communes par massifs (ANCT – 2019)



**Direction régionale de l'environnement,  
de l'aménagement et du logement  
Auvergne-Rhône-Alpes**

Service Prévention des Risques Naturels et Hydrauliques

Pôle Hydrométrie et Prévision des Crues Alpes du Nord  
17 boulevard Joseph Vallier  
38030 Grenoble cedex 2  
[www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr](http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr)



# Merci de votre attention