



# Journées techniques Prévision des crues en montagne

---

**DREAL ARA / SPRNH / PHPCAN  
Grenoble – 23/01/2020**

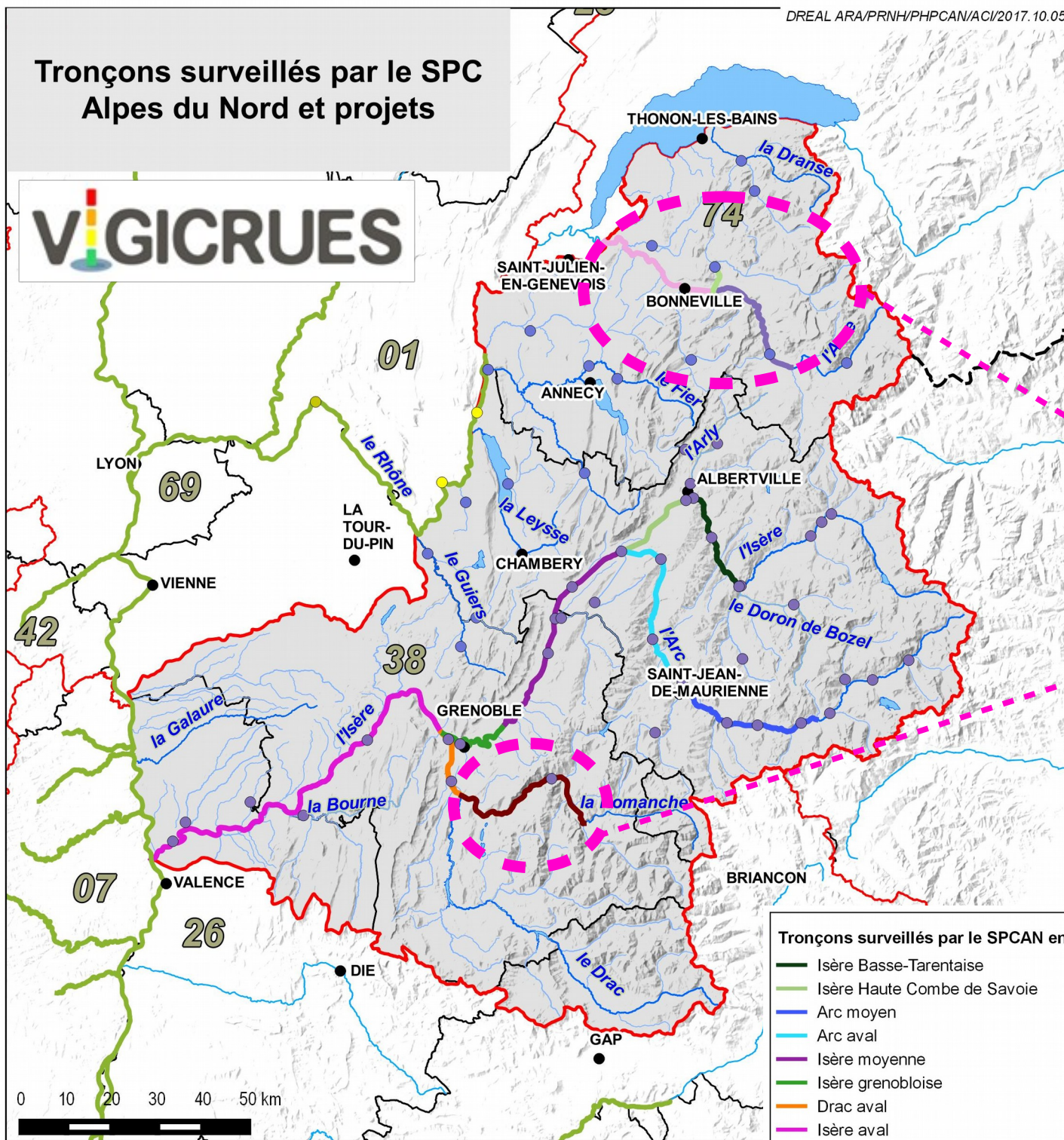


PRÉFET  
DE LA RÉGION  
AUVERGNE-  
RHÔNE-ALPES

# Tronçons surveillés par le SPC Alpes du Nord et projets

## VIGICRUES

- 2 tronçons en 2013
- 12 tronçons fin 2020



Arve  
3 tronçons  
PAPI Arve

Romanche  
1 tronçon  
SLGRI Grenoble

0 10 20 30 40 50 km

# Un territoire spécifique

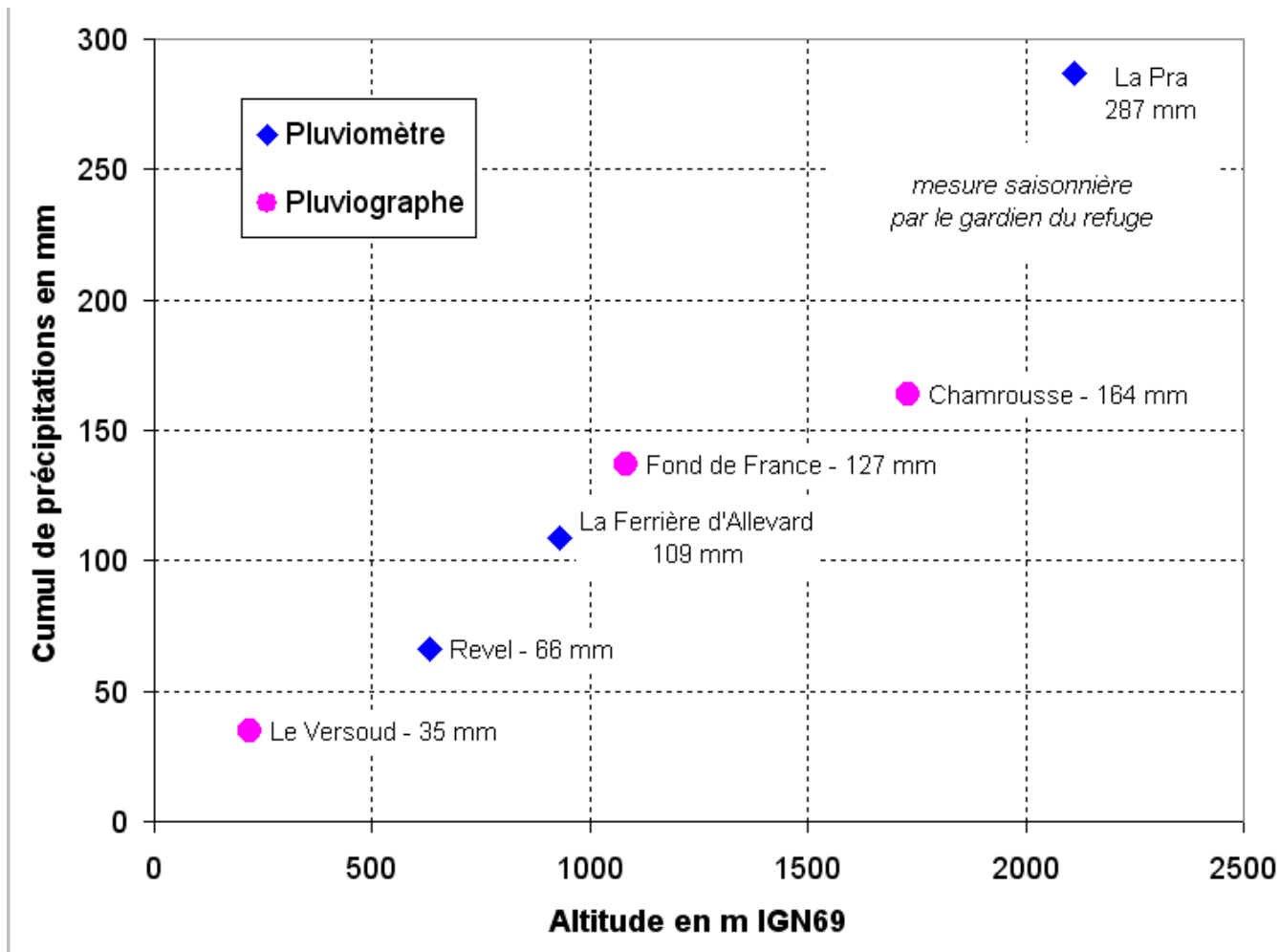




- 20 000 km<sup>2</sup>  
La moitié au dessus de 1 000 m
- Des bassins avec de très forts dénivelés :

l'Arve à Sallanches  
567 km<sup>2</sup>  
Zmin : 535 m  
Zmax : 4 810 m

# Variabilité des précipitations



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

# Encore des glaciers ...

- Un peu plus de 200 km<sup>2</sup>

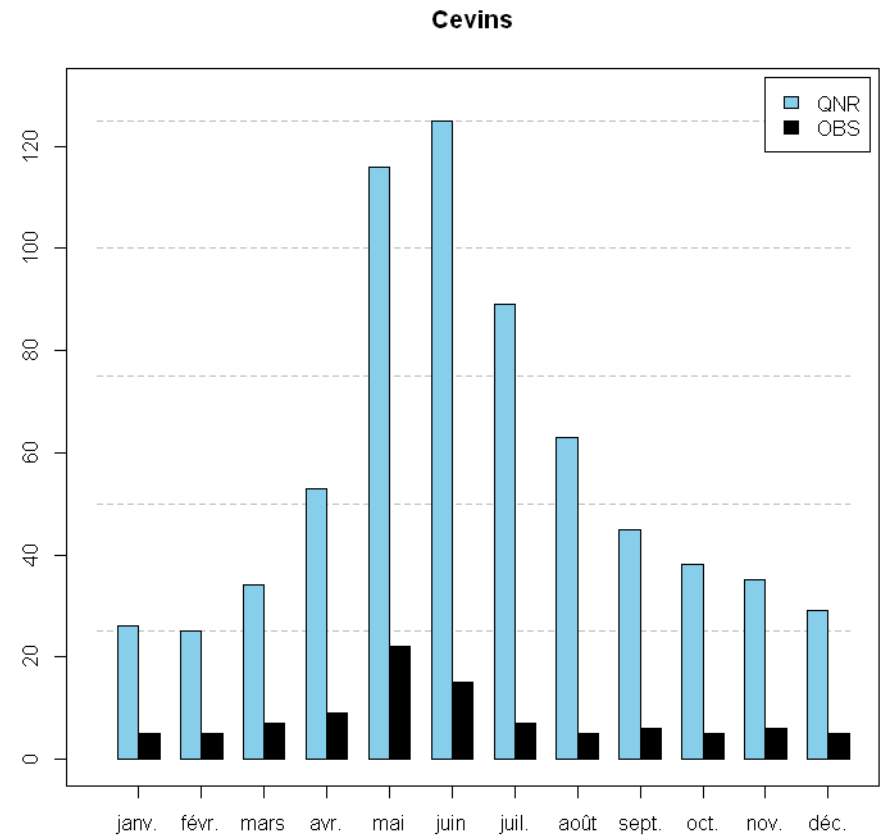
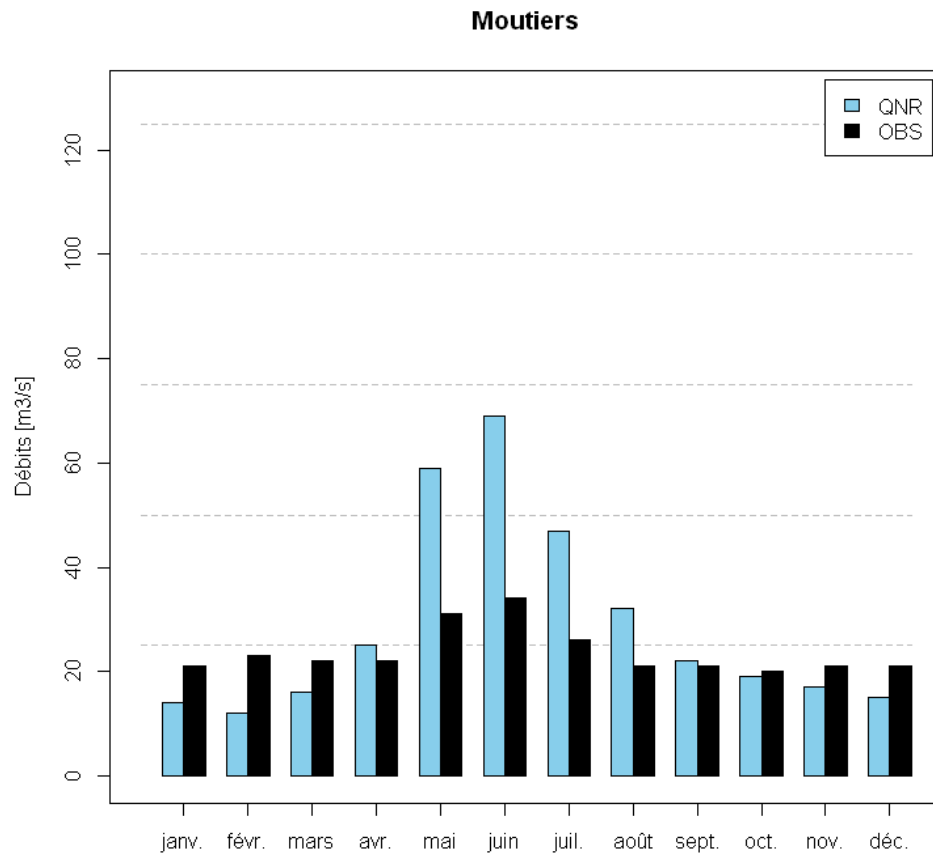


# EDF UP Alpes



- 1/3 de la production hydroélectrique française
- 8 barrages de plus de 50 Mm<sup>3</sup>
- 2 grandes dérivations
- 32 usines de plus de 30 m<sup>3</sup>/s (dont 20 avec une hauteur de chute > à 50 m)

# Régime hydrologique



- Grande variété de régimes, mais à dominante « pluvio-nival »
- Régimes fortement influencés



# Des réseaux à rude épreuve



Janvier 2004 (DDT73)

L'Arly à Ugine [Moulin-Ravier]



Mai 2015 (CG73)

# Enfin le plan !!!

Présentation des travaux réalisés :

- Sur les réseaux météorologiques (en lien avec MF)
- ~~Sur les réseaux hydrométriques~~
- Sur la modélisation des ouvrages hydro-électriques (en lien avec EDF et IGE)
- Sur la modélisation de la neige et les glaciers (en lien avec IGE et INRAE)
- Sur les études autour de la neige



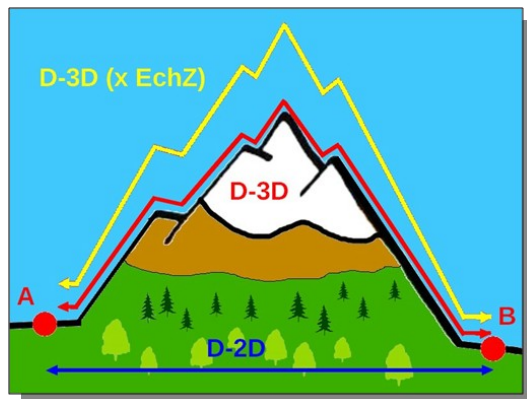
# Réseau obs meteo



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET  
DE LA RÉGION  
AUVERGNE-  
RHÔNE-ALPES

# Etude de 2014 : réseau cible



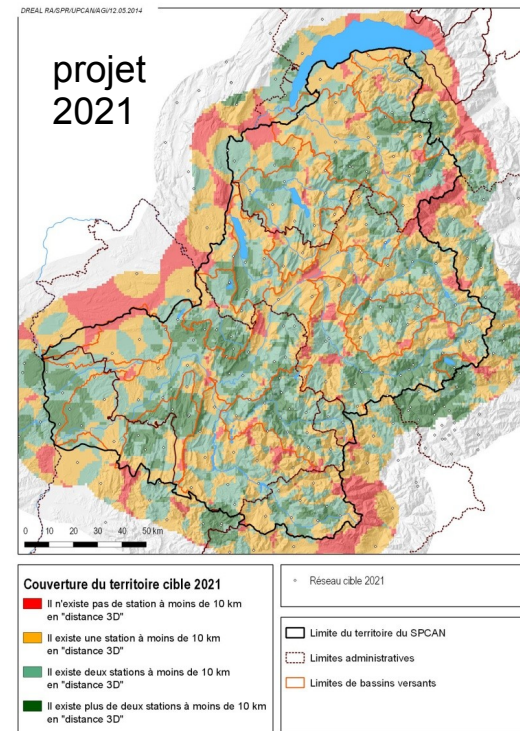
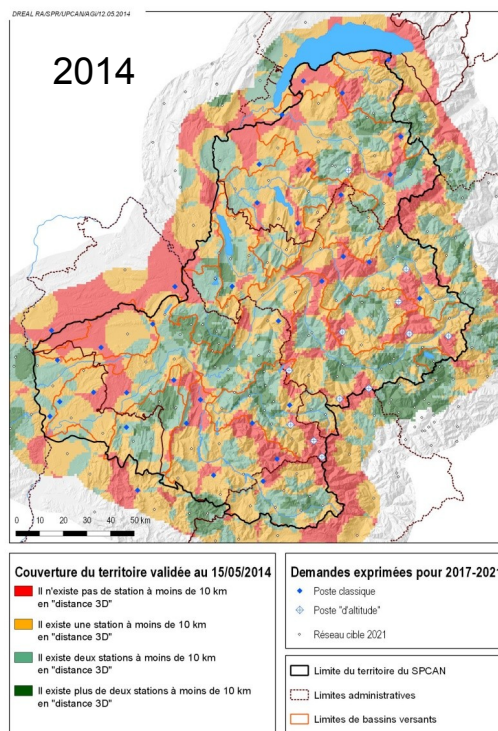
Prise en compte des trois dimensions pour évaluer les besoins.

Utilisation des travaux de Frédéric Gottardi et de Charles Obled (LTHE) pour calculer la distance souhaitable entre les points de mesures.

Calibration des radars : les mesures au sol sont indispensables.

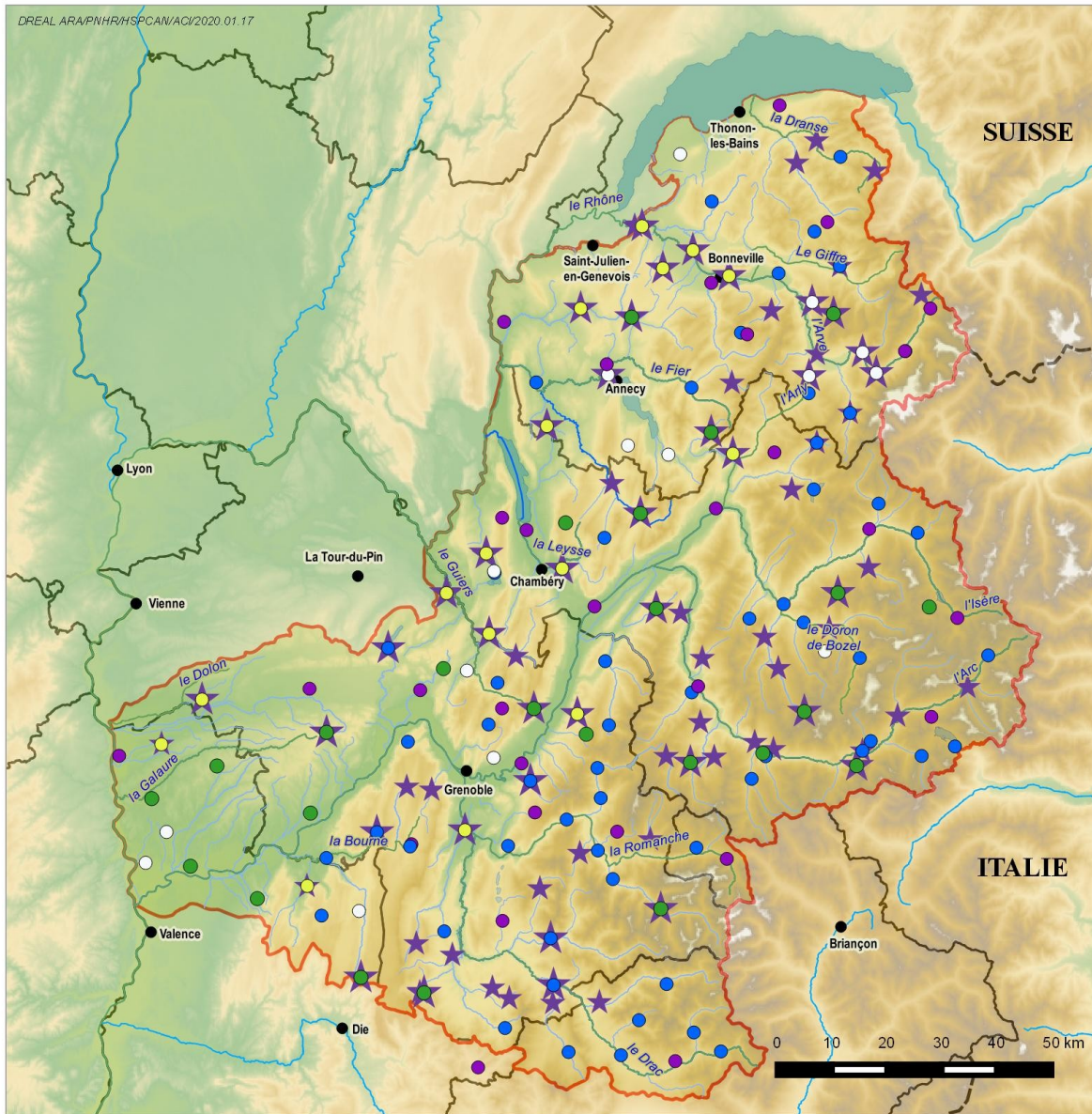
Utilisation des travaux de Frédéric Gottardi et de Charles Obled (LTHE) pour calculer la distance souhaitable entre les points de mesures de 10km.

En rouge, les zones sans stations à moins de 10km en distance 3D.



# Réseau de mesures

Évolution du réseau des pluviomètres et thermomètres entre 2014 et 2019



2014 : 98 postes dont 56 postes EDF.

2019 : 141 postes dont 43 pérennisés et 57 postes EDF.

Avec RCE automatisé vers 2022 : 177 postes disponibles en temps réel.

## Pluviomètres

- METEO-FRANCE/RADOME-RESOME
- METEO-FRANCE/RCE automatisé
- METEO-FRANCE/DGPR
- EDF-DTG
- AUTRES
- ★ Pluviomètres installés depuis 2014
- ★ METEO-FRANCE RCE futures\_stations\_automatisees

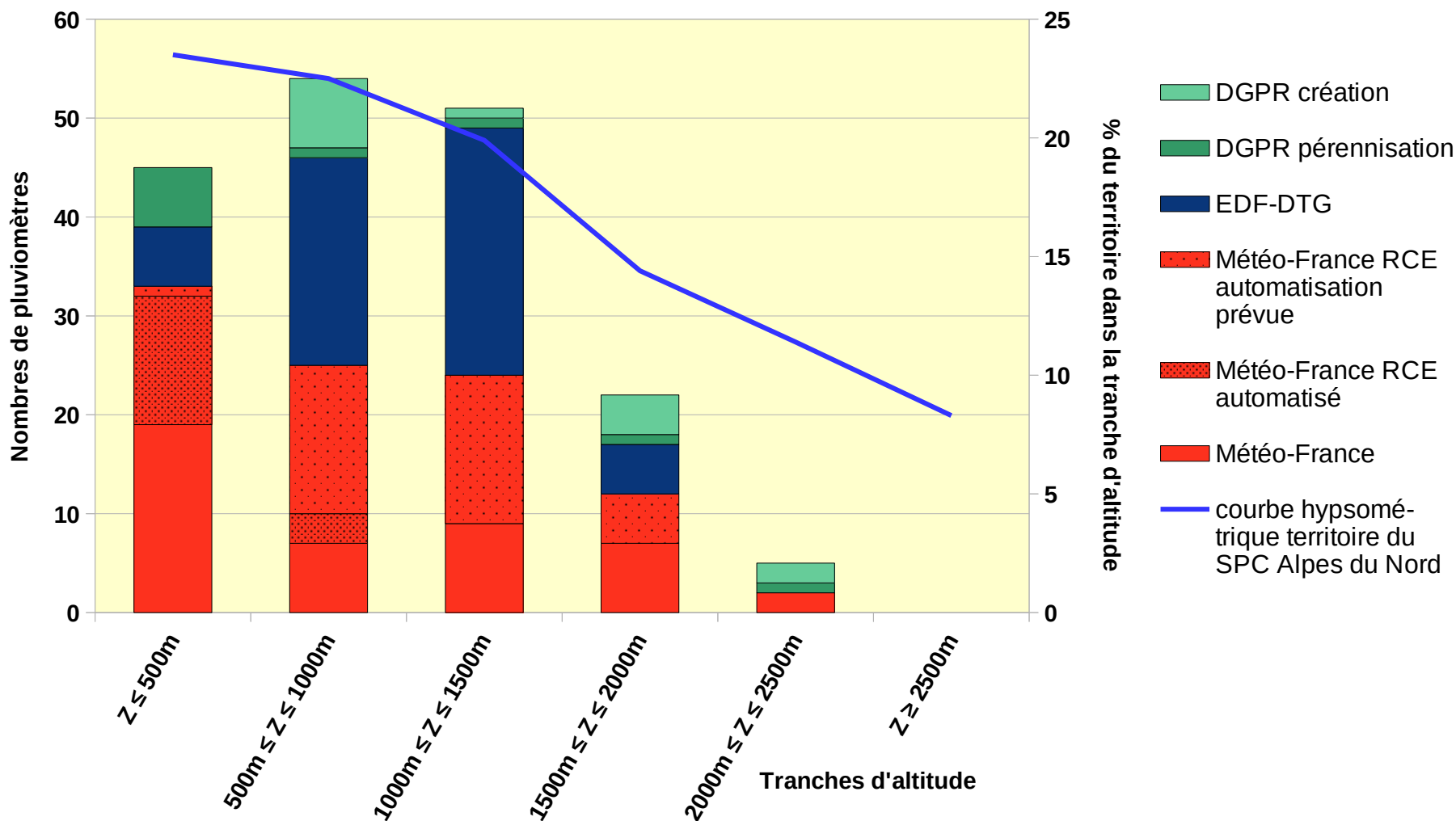
▭ Limite du SPCAN

▭ Limite départementale

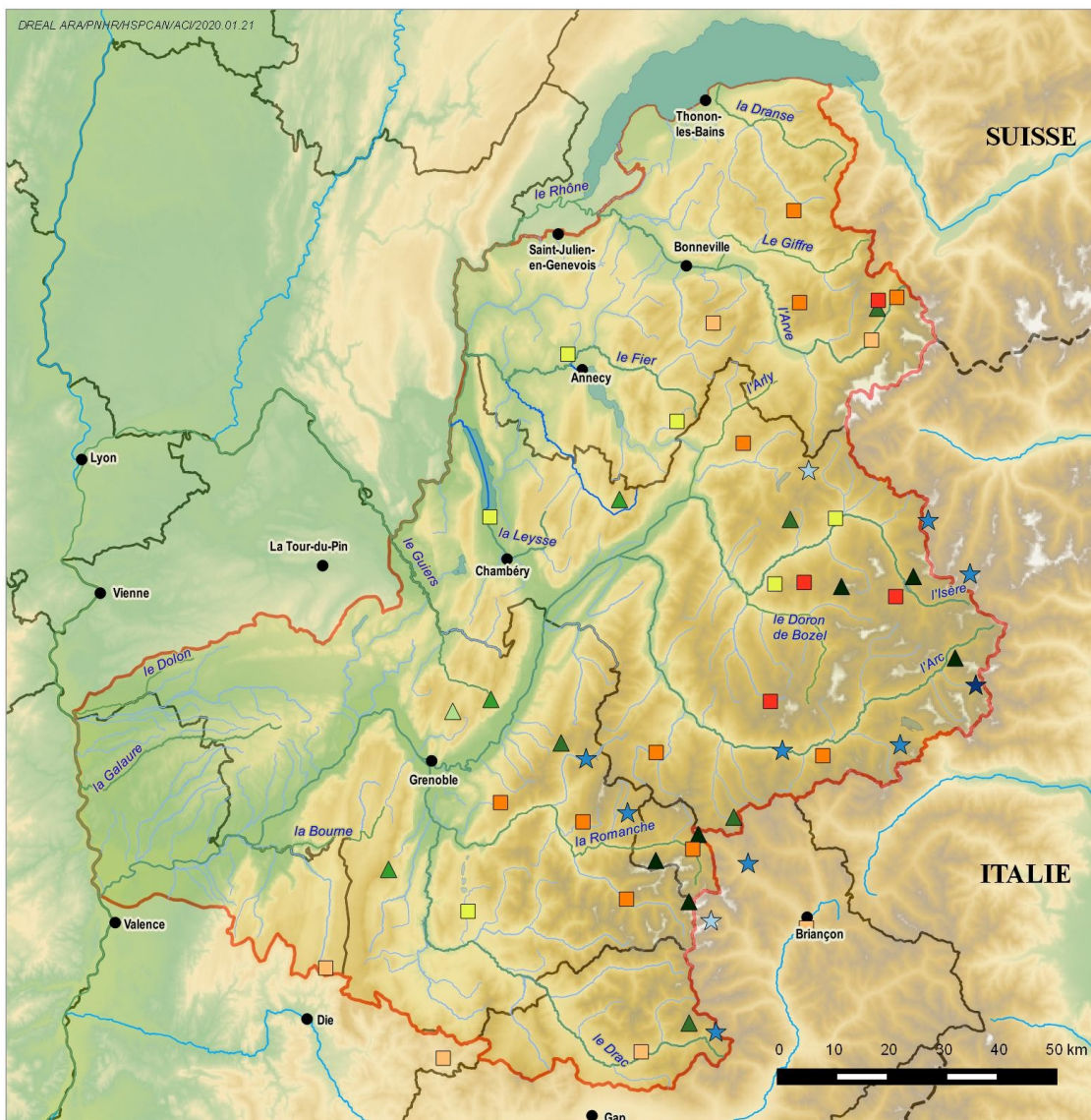
# Répartition selon l'altitude en 2022

## Pluviomètres temps réel sur le territoire du SPC Alpes du Nord

Répartition des pluviomètres en fonction de l'altitude



# Réseau de mesure de neige répartition géographique



54 postes de mesures de la hauteur totale de neige

## Mesure de hauteur de neige

- ★ 1500m < Z < 2000m
- ★ 2000m < Z < 2500m
- ★ Z > 2500m
- Z < 1000m
- 1000m < Z < 1500m
- 1500m < Z < 2000m
- 2000m < Z < 2500m
- ▲ 1000m < Z < 1500m
- ▲ 1500m < Z < 2000m
- ▲ 2000m < Z < 2500m
- ▲ > 2500m

EDF

M-F

y compris MF/DGPR

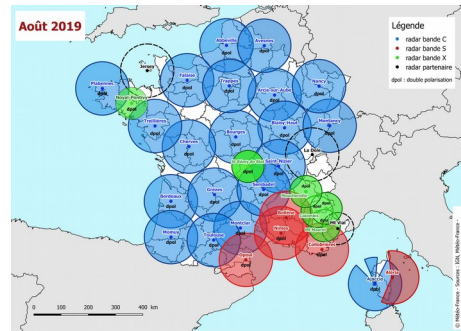
nivôse

- ▭ Limite du SPCAN
- ▭ Limite départementale



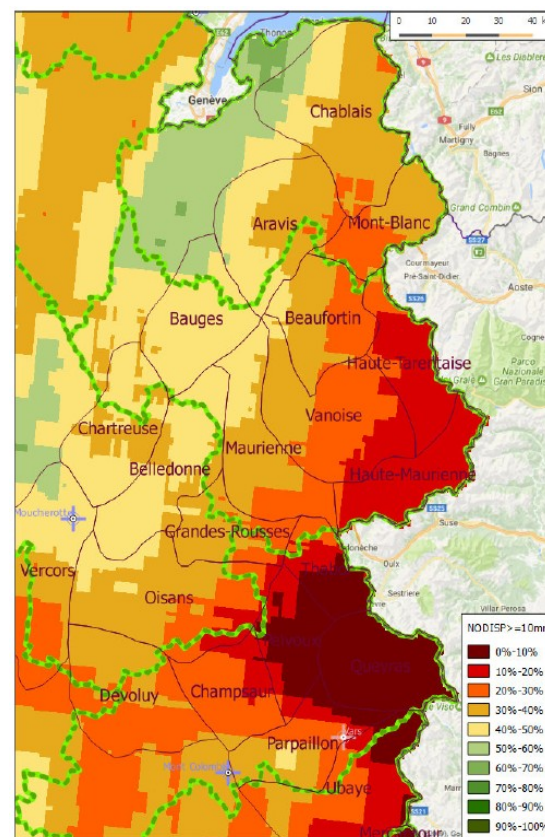
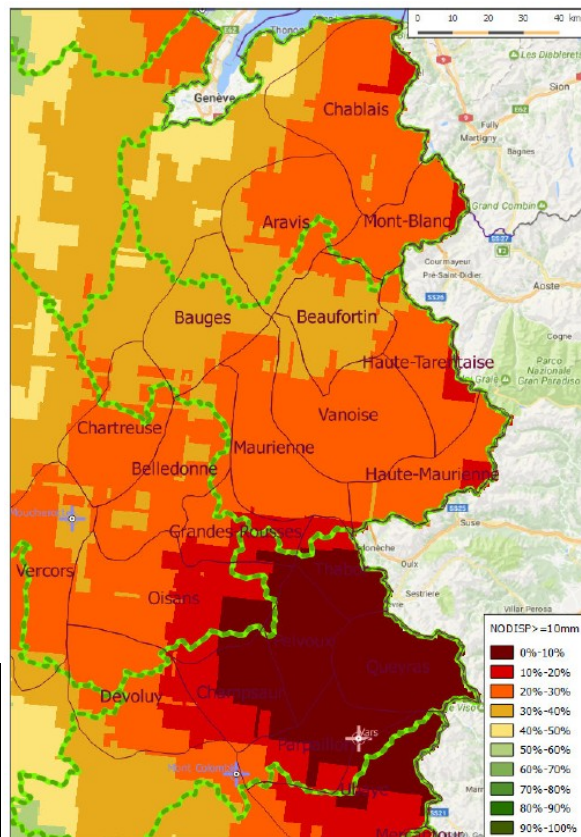


# Couverture radar



Source : lemoucherotte.free.fr

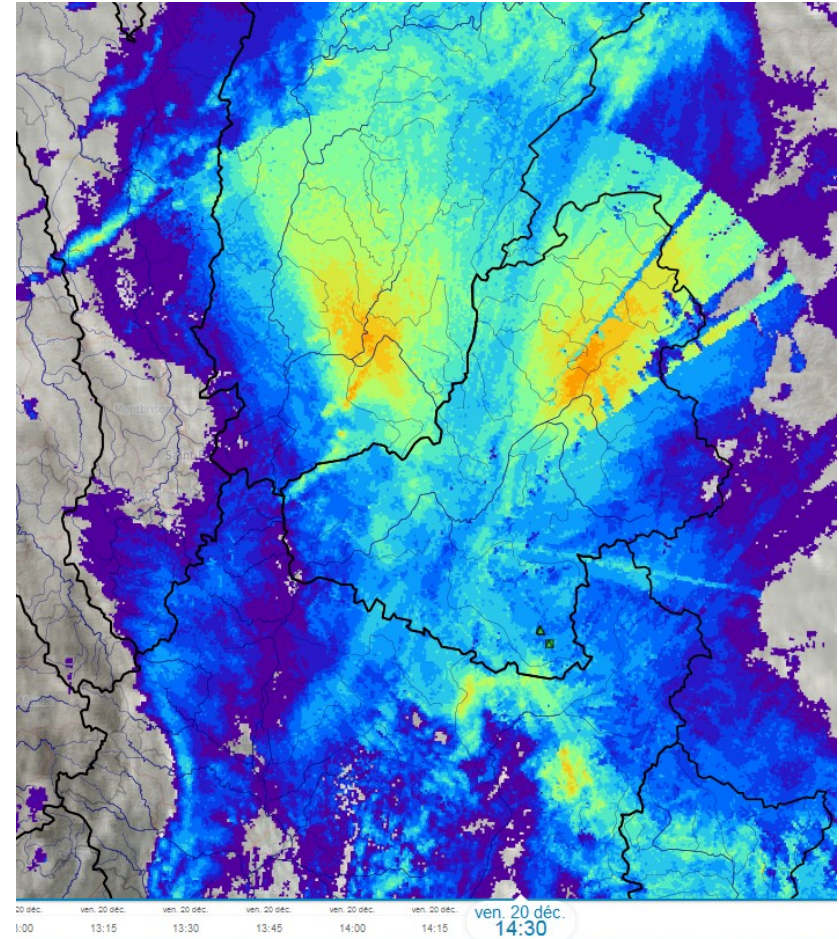
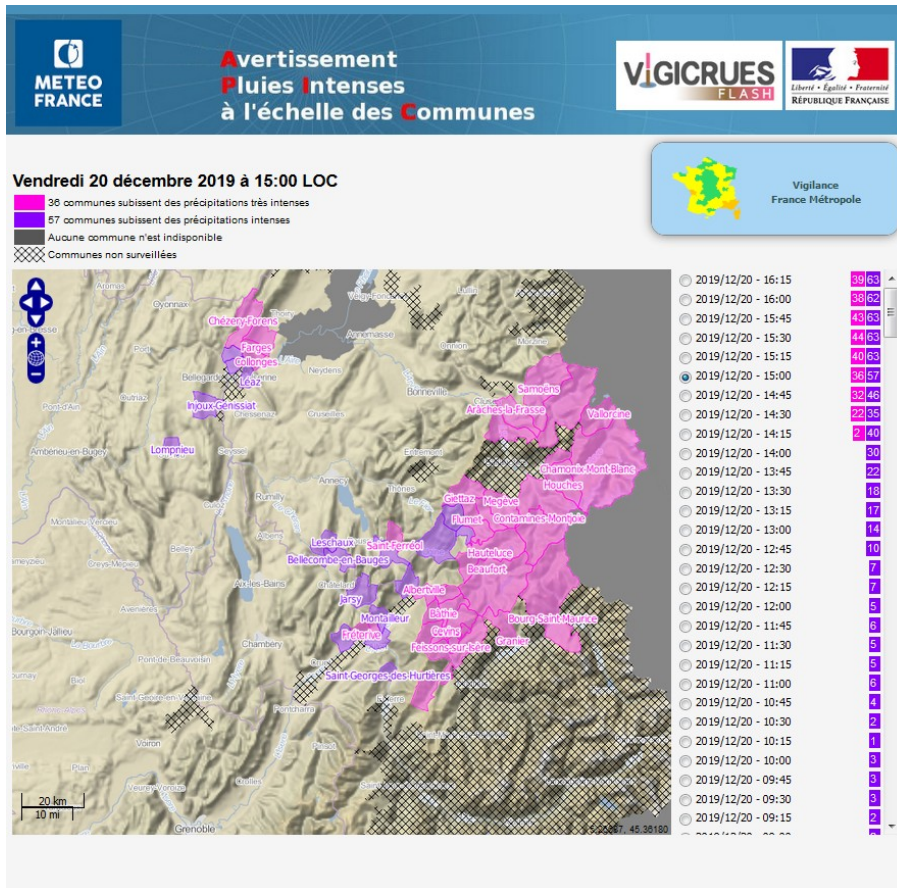
## Le Moucherotte



Pourcentage de rapports radar/pluio compris à l'intérieur d'un intervalle [0.8 ; 1.25]

- Cumuls pluviométriques à partir de 10 mm quotidiens

# APIC, radar et zones de montagne



Nombreux APIC émis dans les Alpes.  
Cumuls mesurés par les pluviomètres  
en 1h : 0 à 8 mm.

20 mm en 24 heures au maxi

# Equivalent en eau du manteau neigeux

Depuis 2018, le SPC Alpes du Nord fait des mesures d'équivalent en eau du manteau neigeux de mars à mai. Trois prélèvements ont été faits sur chaque site toutes les trois à quatre semaines environ.

Une fréquence de 2 semaines serait souhaitable pour un meilleur suivi car la fonte est parfois rapide en moyenne montagne en avril.



Le 29 mars 2018, à Tignes, à 2120m d'altitude, nous avons mesuré jusqu'à 1100mm d'équivalent en eau pour 2m55 de hauteur de neige et une masse volumique de  $433 \text{ kg/m}^3$ . Des comparaisons ont été faites au Col de Porte avec le système de mesure du Centre d'Etudes de la Neige de Météo-France.

# Modélisation hydrologique



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
AUVERGNE-  
RHÔNE-ALPES

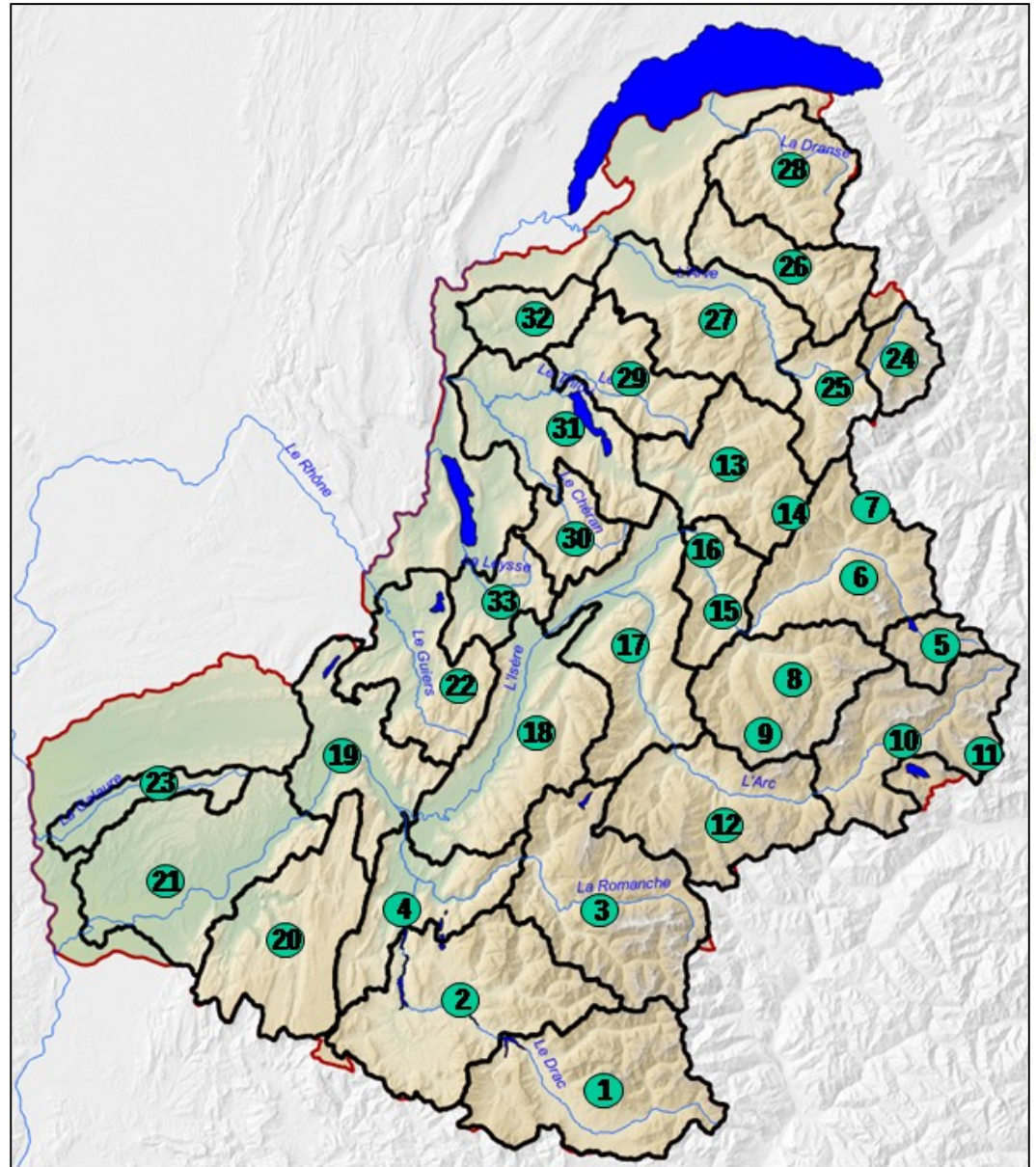
# I. Rappel de Modhaan

## Objectifs

- **Avoir une estimation de la vigilance**
  - pour les 24h à 72h à venir
  - en plusieurs points du territoire
  - avec une analyse détaillée des résultats
  
- **Prévisions de précipitations** (+ températures)
  
- **Accumulation et fonte de la neige**
  
- **Effets des aménagements EDF**

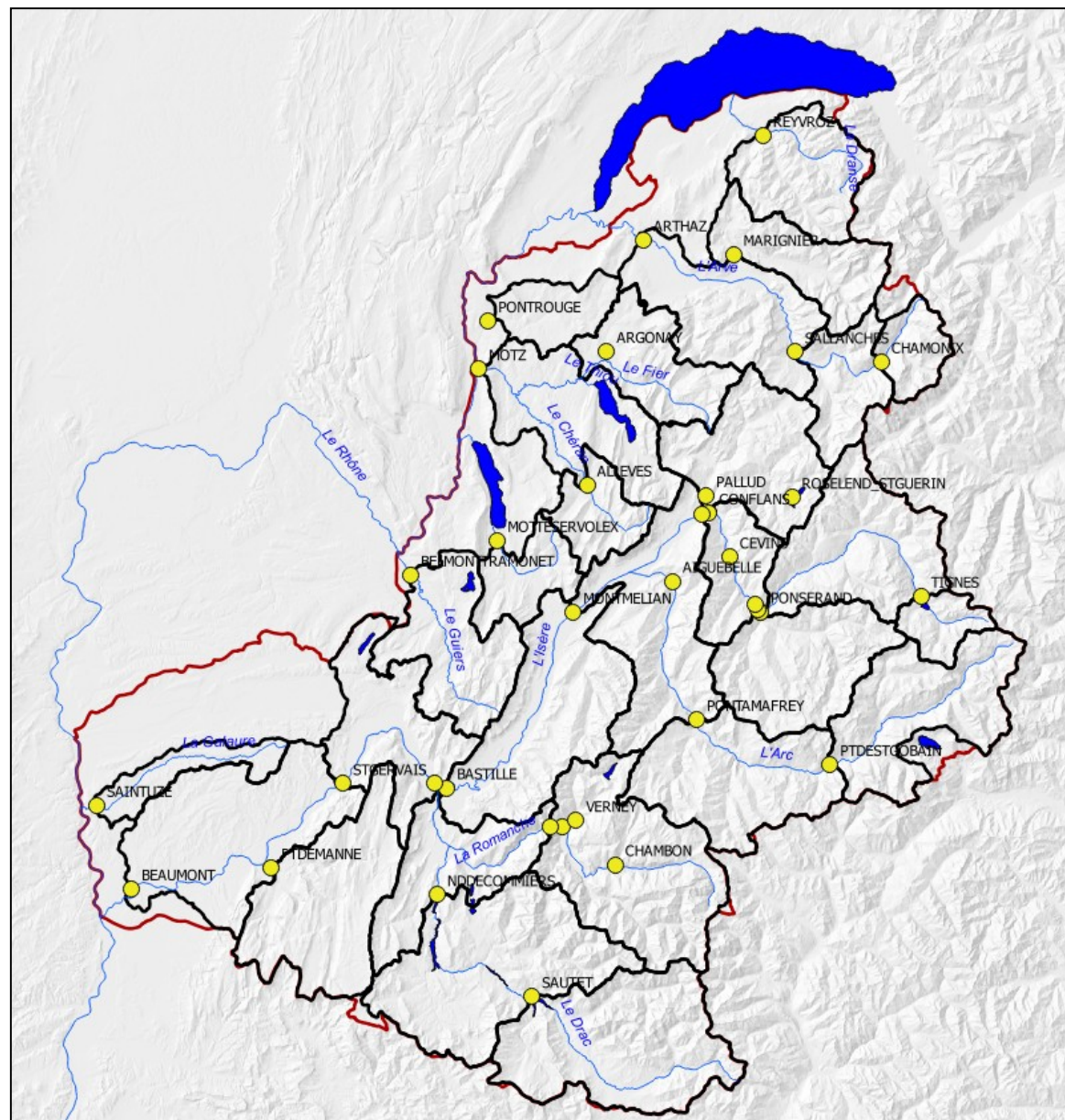
# I. Rappel de Modhaan

## Les 33 SBV



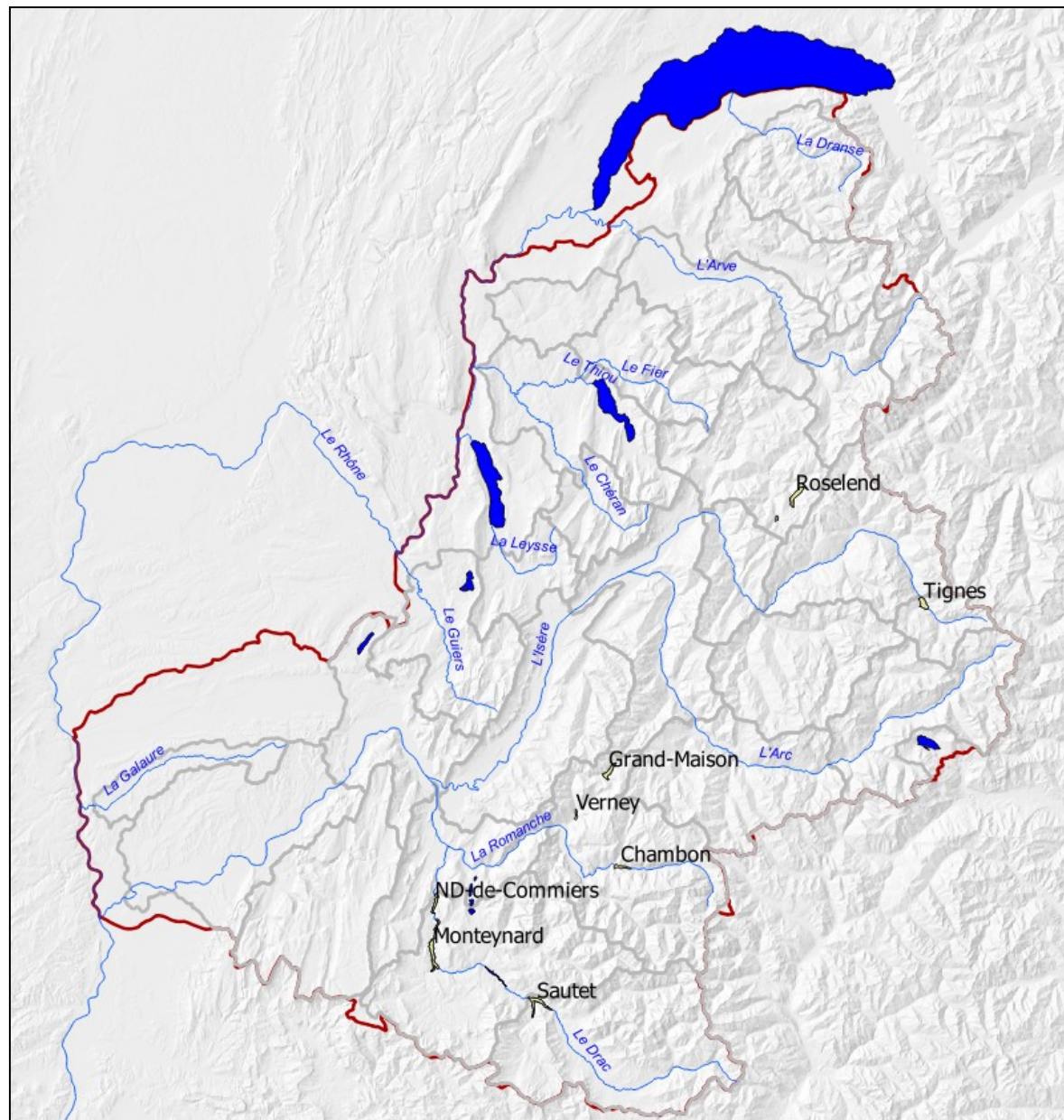
# I. Rappel de Modhaan

## Les 37 points de prévision



# I. Rappel de Modhaan

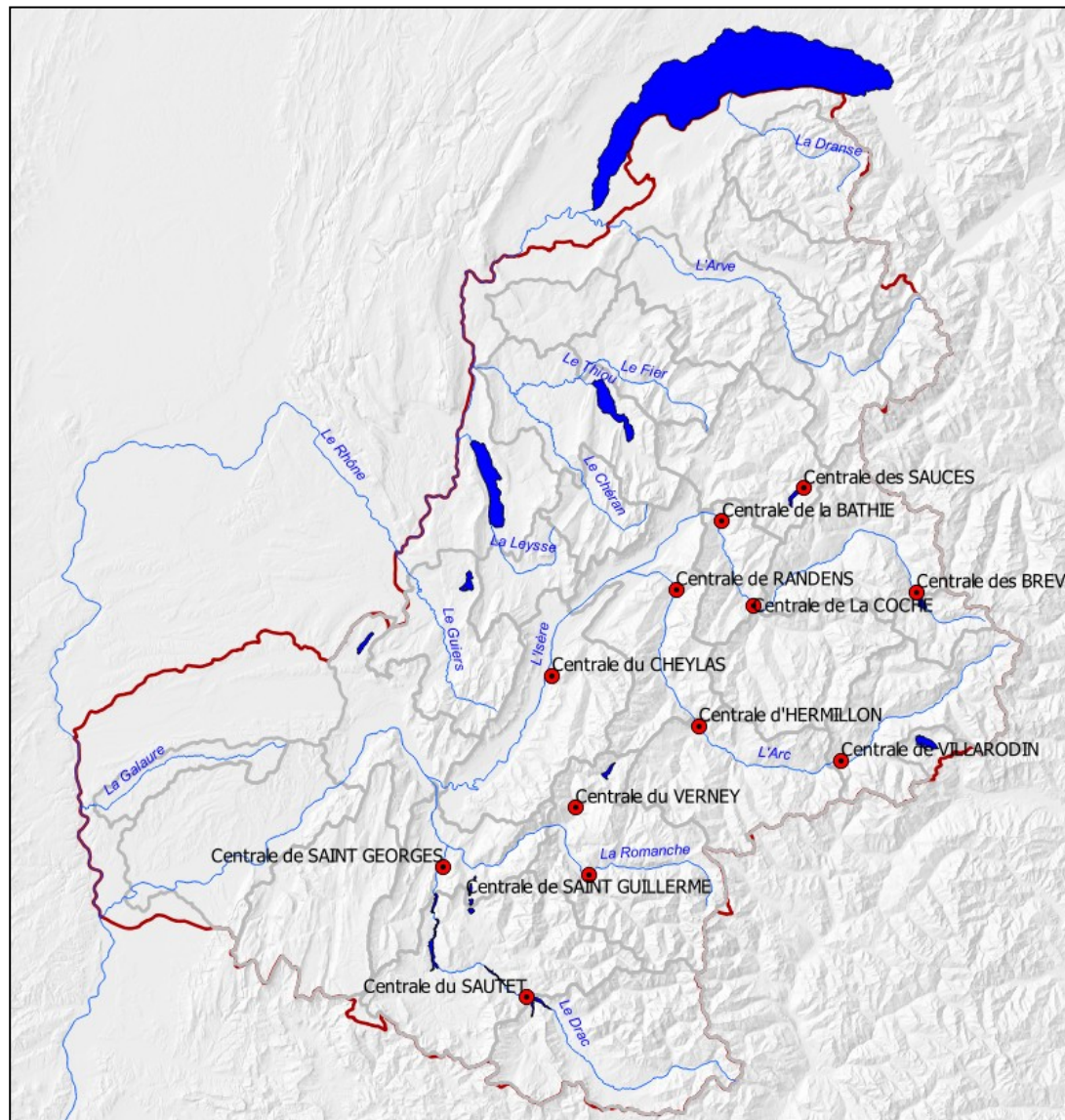
## Les 8 retenues





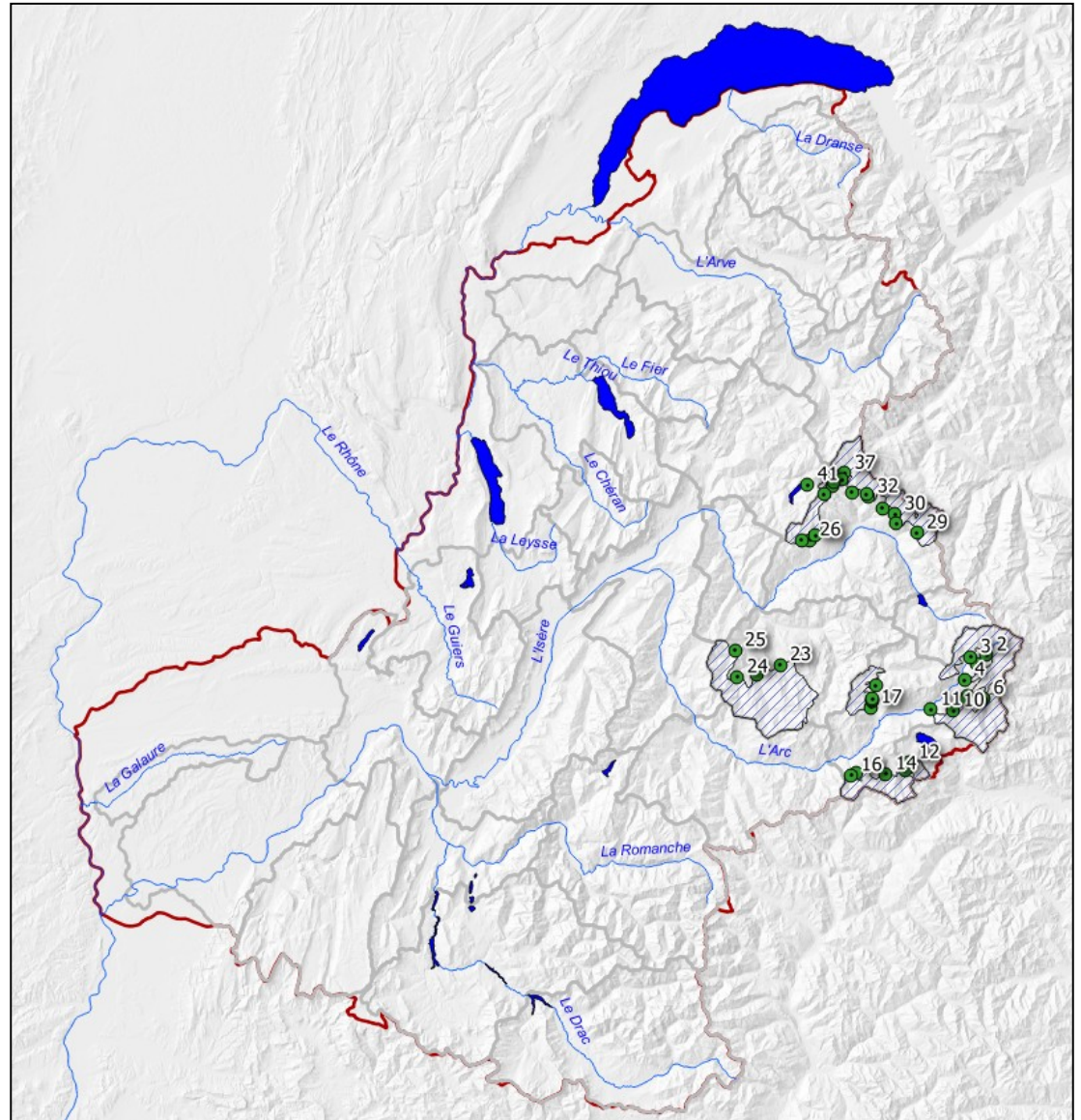
# I. Rappel de Modhaan

## Les 12 centrales



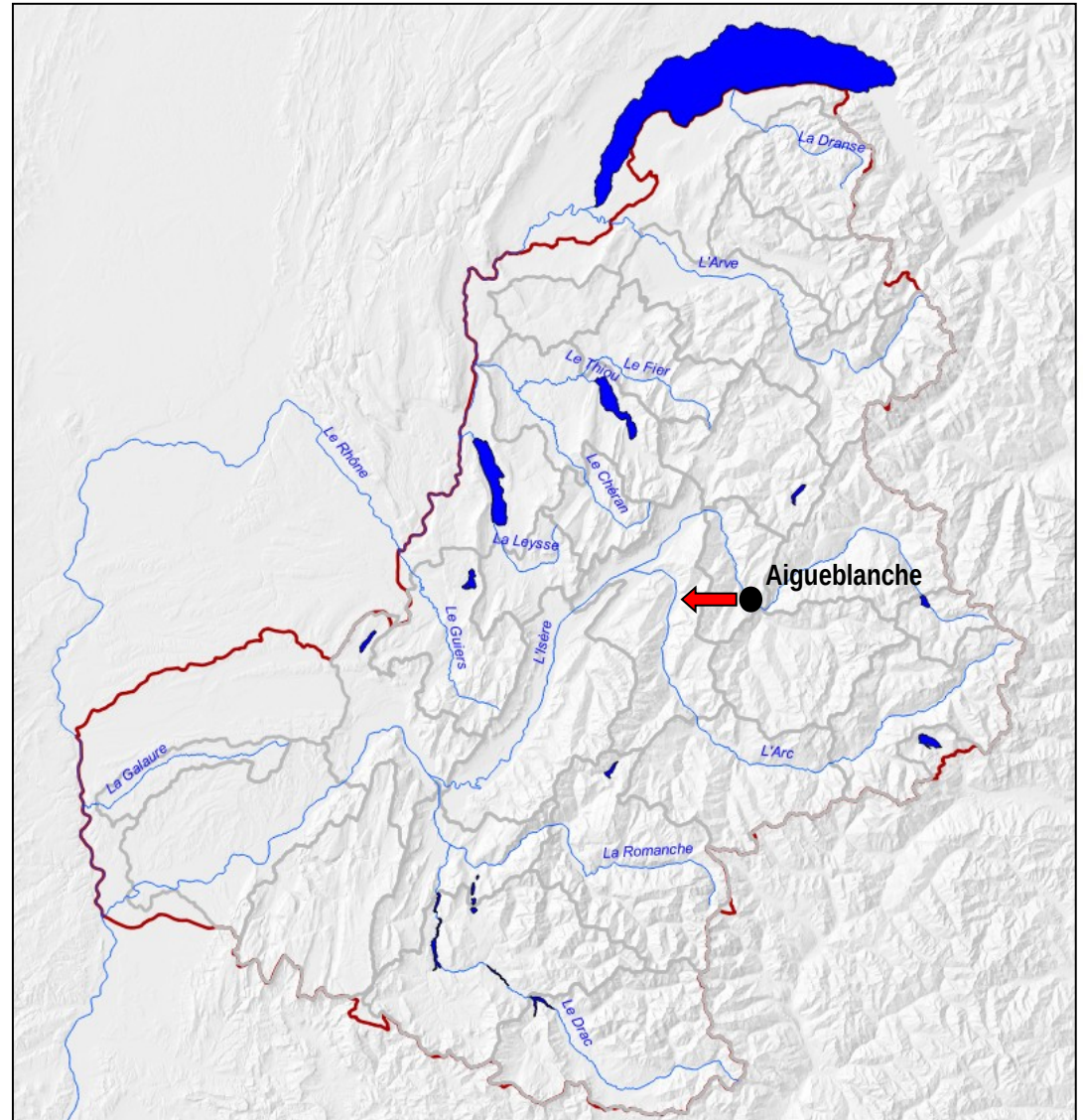
# I. Rappel de Modhaan

## Les 41 prises d'eau



# I. Rappel de Modhaan

## Le bassin de dérivation

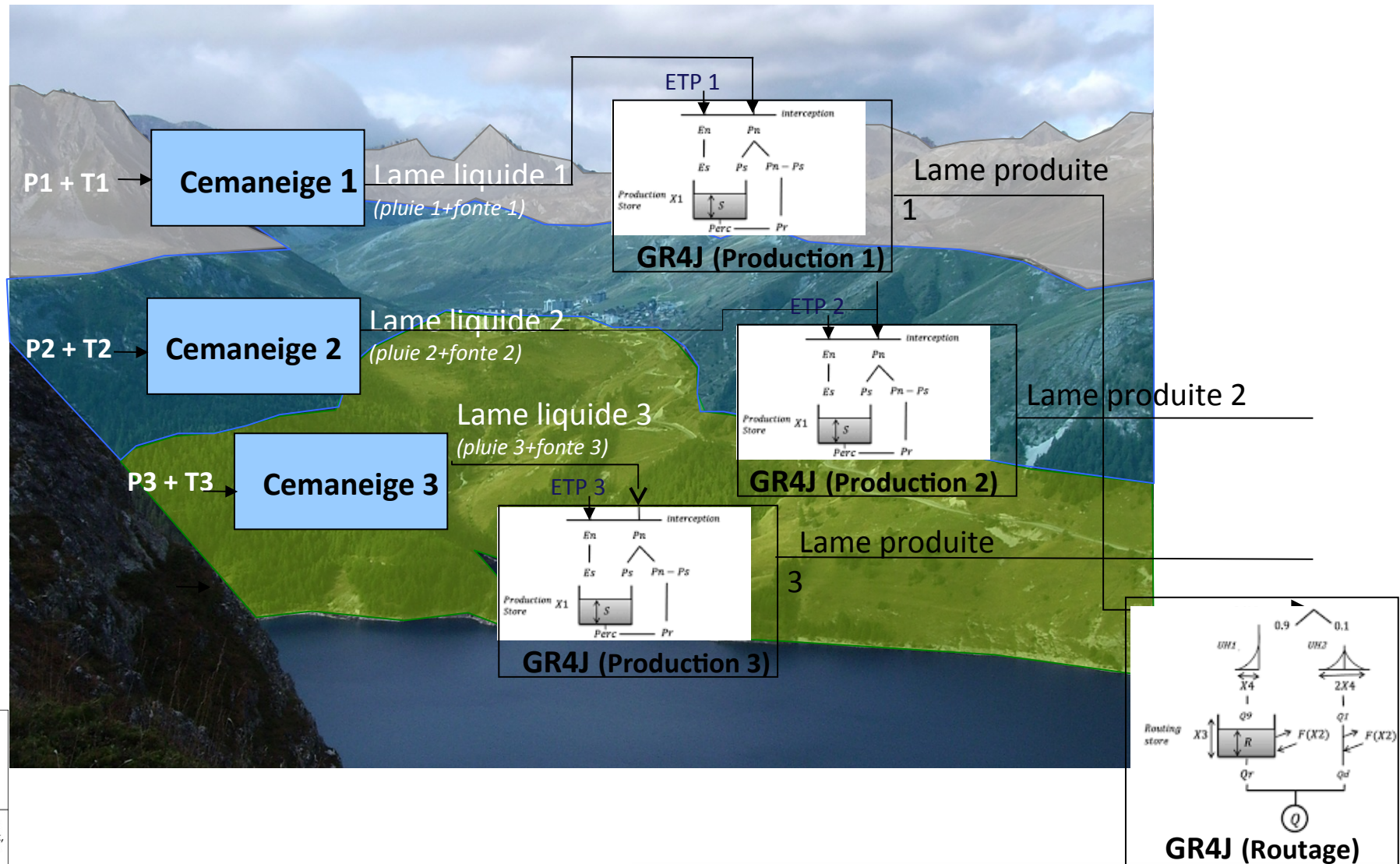


# III. Prévision hydrologique (step 1)

Découpage du bassin en bandes d'altitude:

*ex: sous-bassin de la retenue de Tignes*

(3 bandes pluvio-nivales)



# III. Prévision hydrologique (step 1)

- Antilope 1H
- Observation T2m
  
- Prévision sympo RR
- Prévision sympo T (au pixel des stations)

# III. Prévision hydrologique (step 1)

## Modèle hydro GR4J version horaire

(cf GRP; Berthet 2010)

- Phase des précipitations
  - > une seule température de séparation pluie/neige ( $T_{sep}=0.8^{\circ}\text{C}$ ; Froidurot, 2012)
- Estimation T2m
  - calcul des gradients toutes les heures
- Correction des précipitations
  - correction du biais (environ 20%)
  - correction des précipitations solides

# III. Prévision hydrologique (step 1)

## Modèle hydro GR4J version horaire

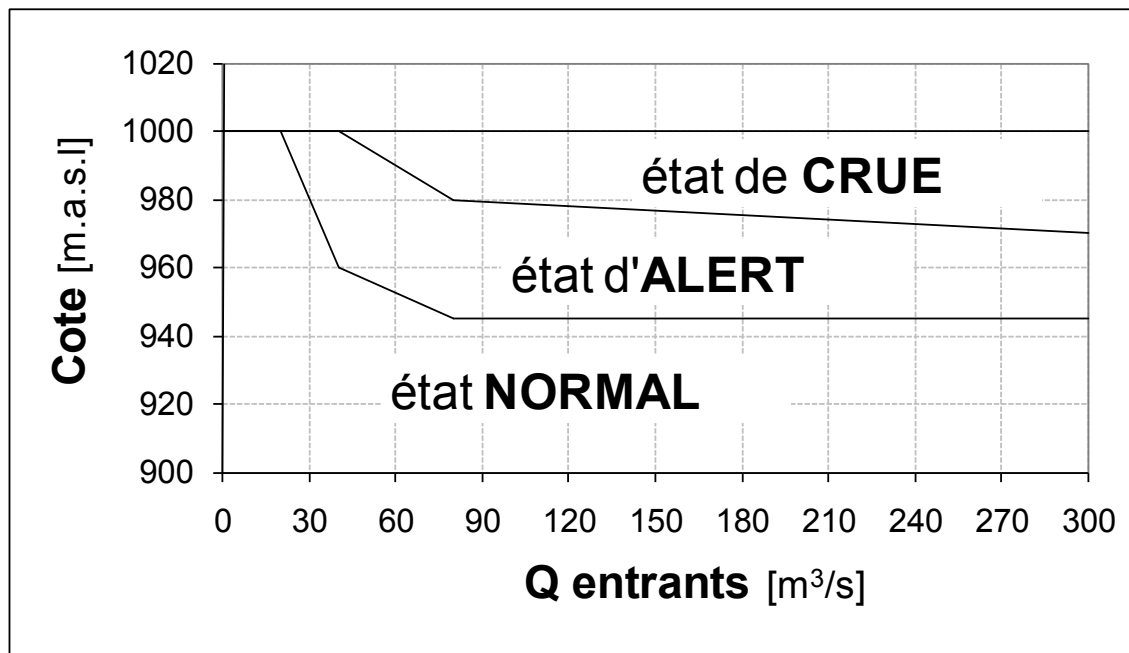
→ Mise en œuvre d'1 méthode empirique pour calibrer les nouvelles valeurs de paramètres:

- Avec 7 SBV « témoins naturels »
- Calibration au pas de temps journalier en plusieurs étapes d'abord l'hydrologie puis la neige
- Calibration au pas de temps horaire
- Formulation  $K_h = f(K_j, \text{caract. SBV})$
- Application des formules aux para. de Modhaan
- Ajustement

# IV. Nouveau module « Réservoir »



- Les règles de gestion dépendent de l'état de la retenue
- Cet état dépend du débit entrant et de la cote



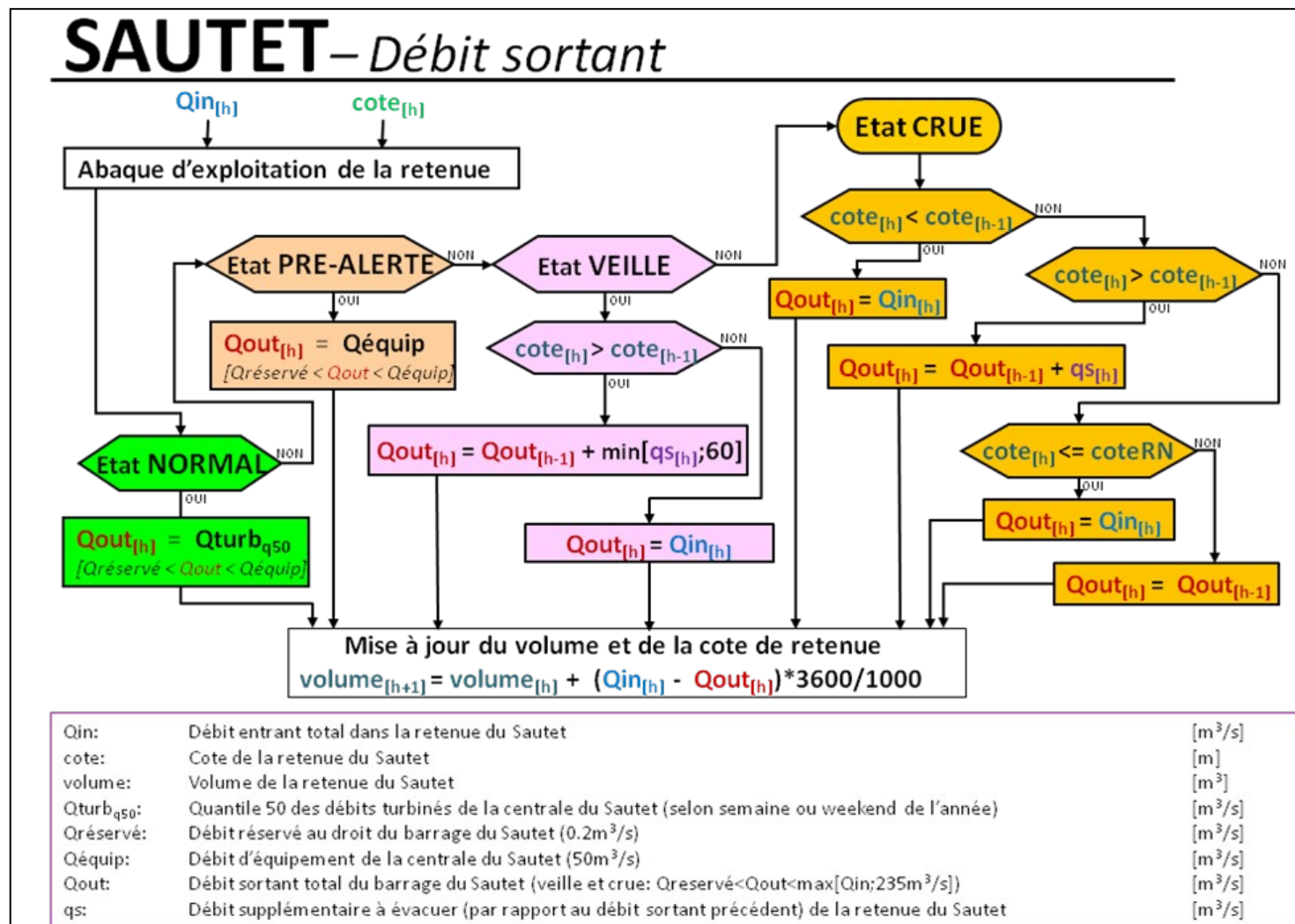
Exemple d'abaque  
d'exploitation  
d'une retenue

- Etat normal: turbinage (approchr statistique)
- Etat d'alerte et de crue: stabiliser ou abaisser la cote



# IV. Nouveau module « Réservoir »

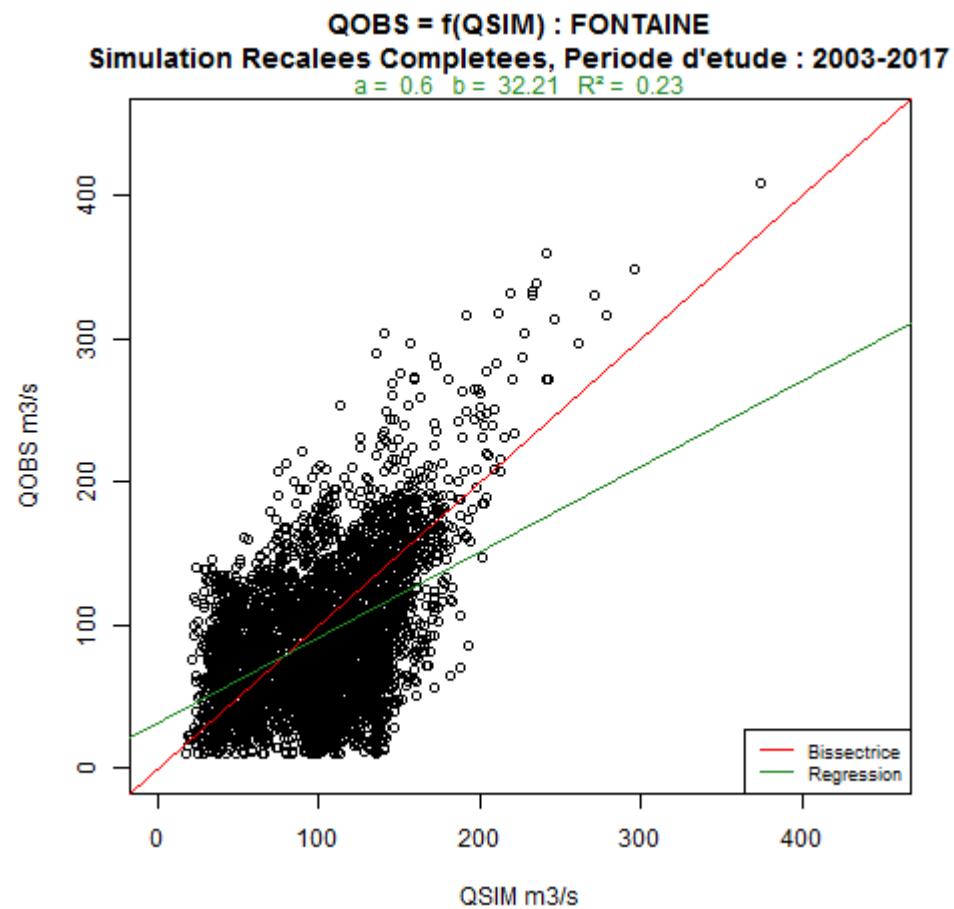
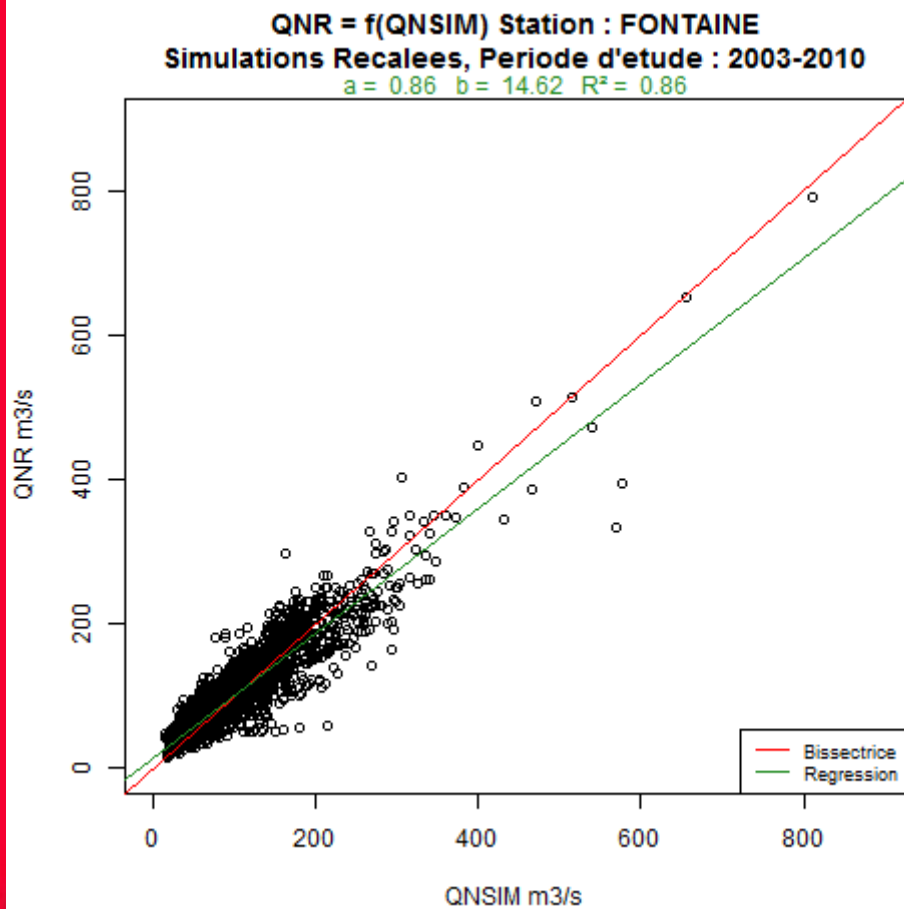
- Logigramme de la consigne de crue du Sautet programmé dans Modhaan horaire



# V. Nouveau module de propagation Q

- **Au pas de temps horaire:**
  - > Nécessaire de considérer le temps de propagation des débits en rivière (~ 1h à 7h)
- **Méthode choisie: Muskingum-Cunge**
  - Considération de la géométrie de chaque rivière (*longueur, largeur, pente*)
  - Calcul par bief
  - Célérité fixée à 5m/s (vitesse en crue)

# V. Encore des progrès



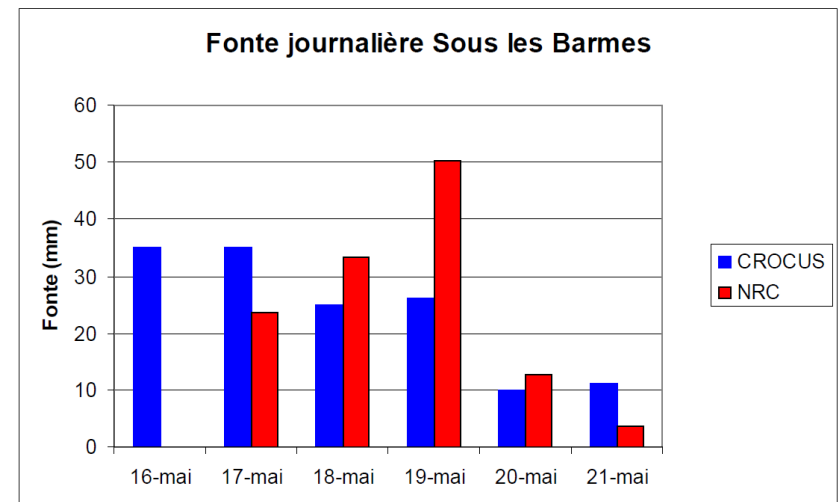
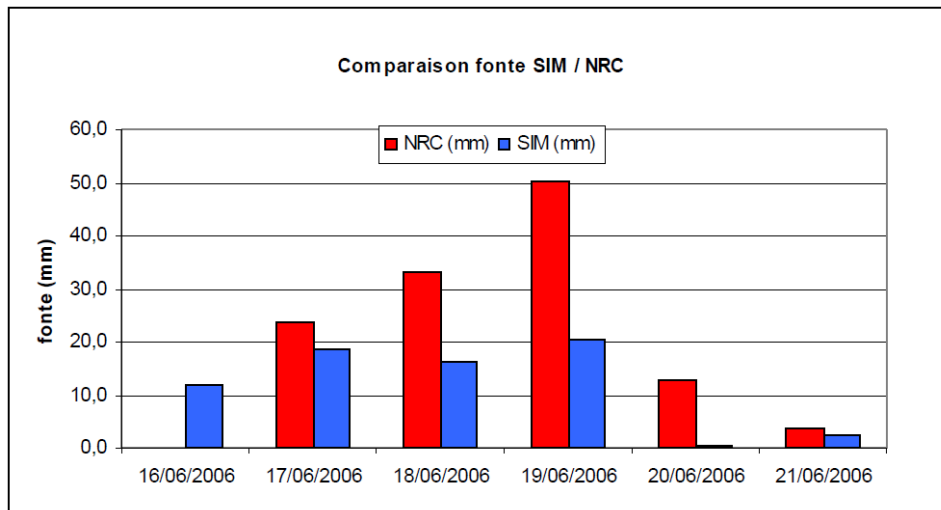
Priorités données aux aménagements EDF  
notamment l'assimilation de données

# Les études



# Intercomparaison

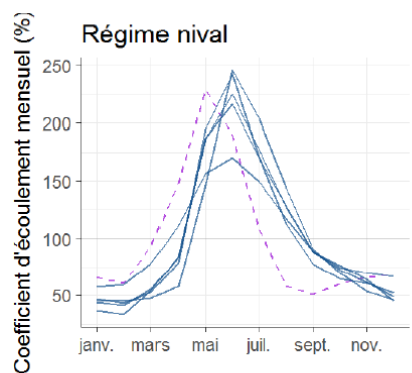
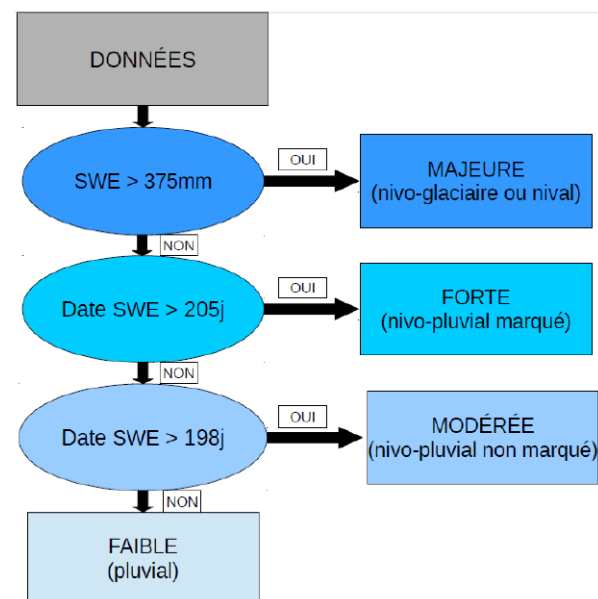
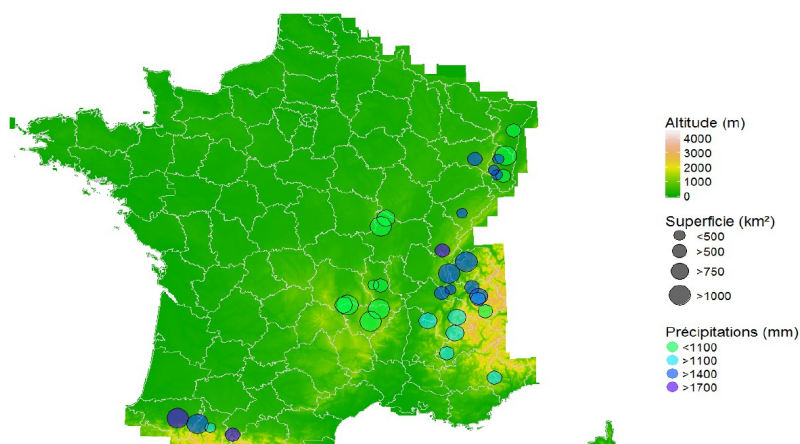
- mesures ponctuelles (hauteur, NRC)
- Satellites (MODIS, SPOT)
- modèles (SIM, CROCUS)
- REX mai 2006, stage C. Barachet



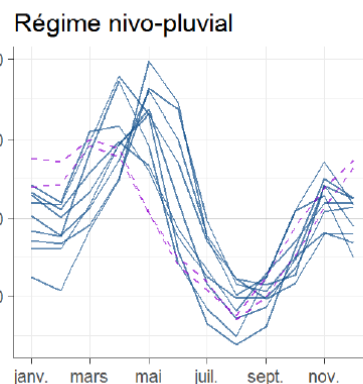
La neige, c'est compliqué .... pas de produit miracle.  
Ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier !!!

# Analyse hydro-climato

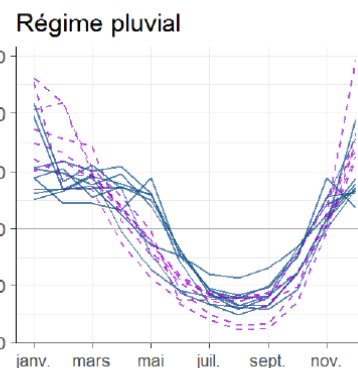
- stage Alix Reverdy : classification des régimes des bassins  
=> in fine application aux bassins VF ?



Influence nivale : — majeure et glaciaire — majeure



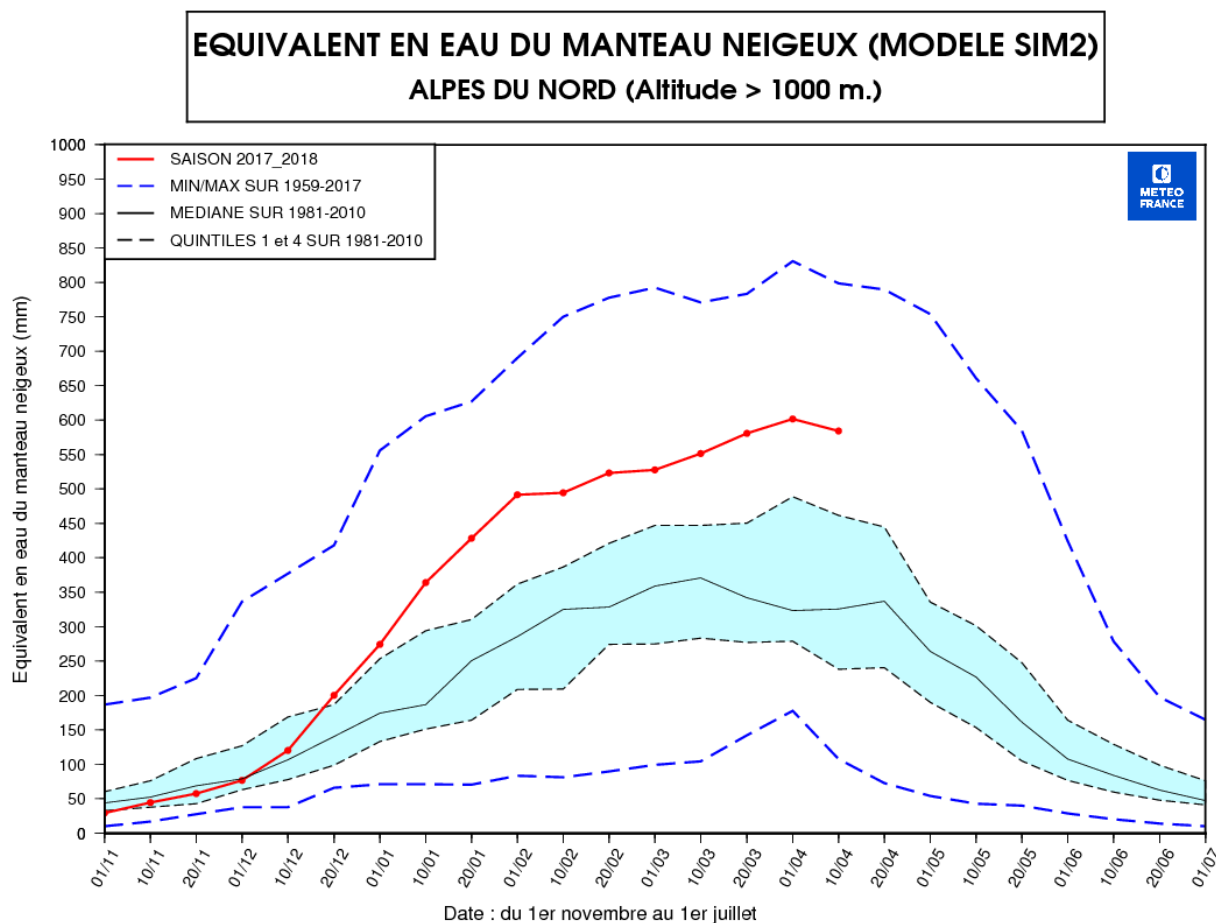
— forte — modérée



— faible — faible et imperceptible

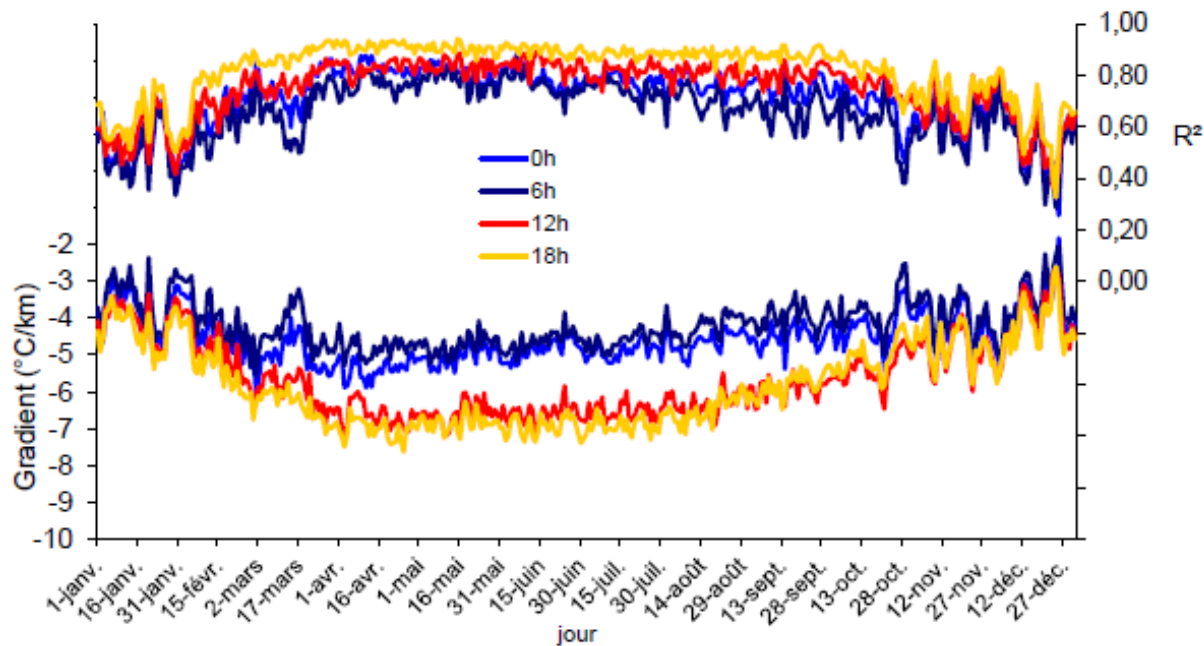
# Analyse hydro-climato

- Stage Antoine Marchand : analyse climato des fontes par zone AP
- Suivi de l'enneigement à l'échelle de grands bassins



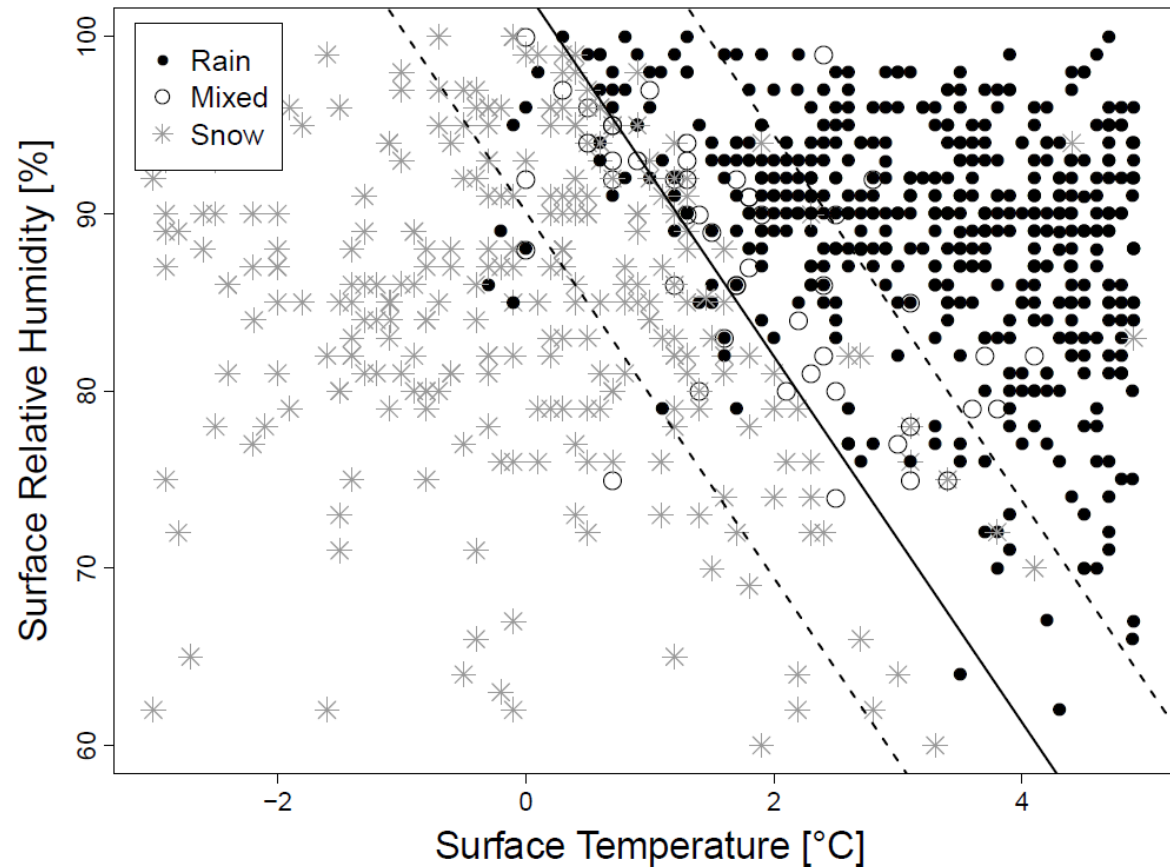
# T°air et gradient alti

- Thèse E. Jabot :  
forte variabilité des gradients en hiver  
difficultés d'estimation de la LPN
- Recherche de classification des situations :  
difficulté de dé-saisonnaliser les séries  
pour détecter les anomalies





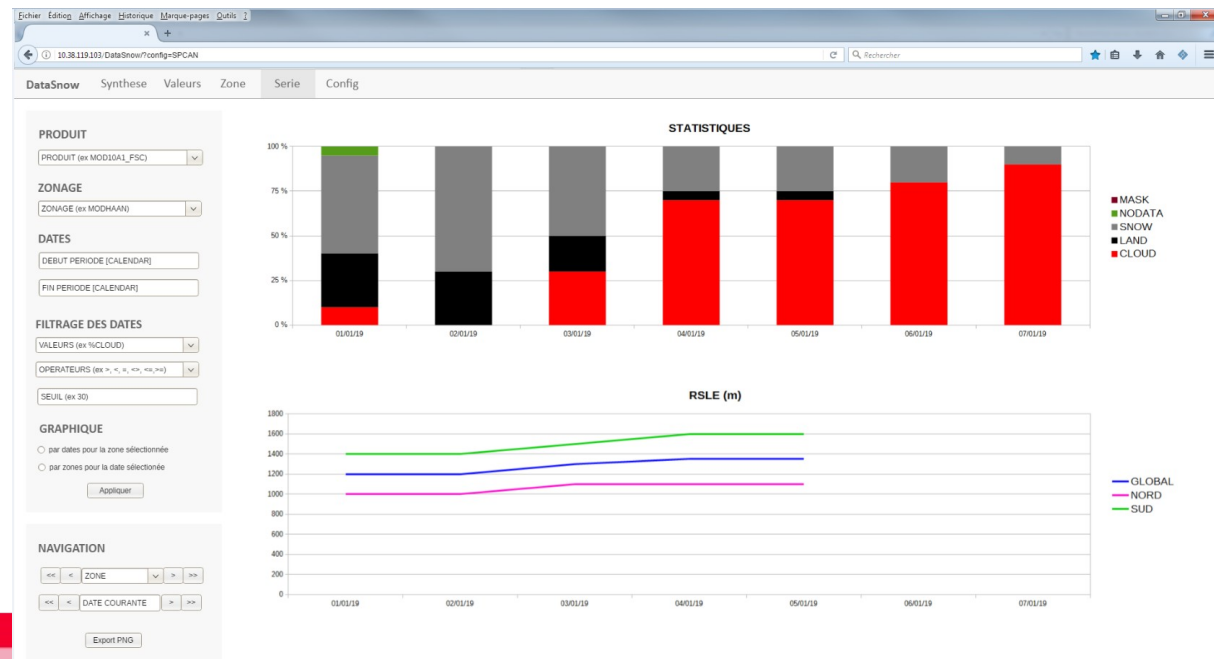
# Phase des précipitations



Sensitivity of precipitation phase over the Swiss Alps to different meteorological variables  
S Froidurot, I Zin, B Hingray, A Gautheron  
Journal of Hydrometeorology 15 (2), 685-696

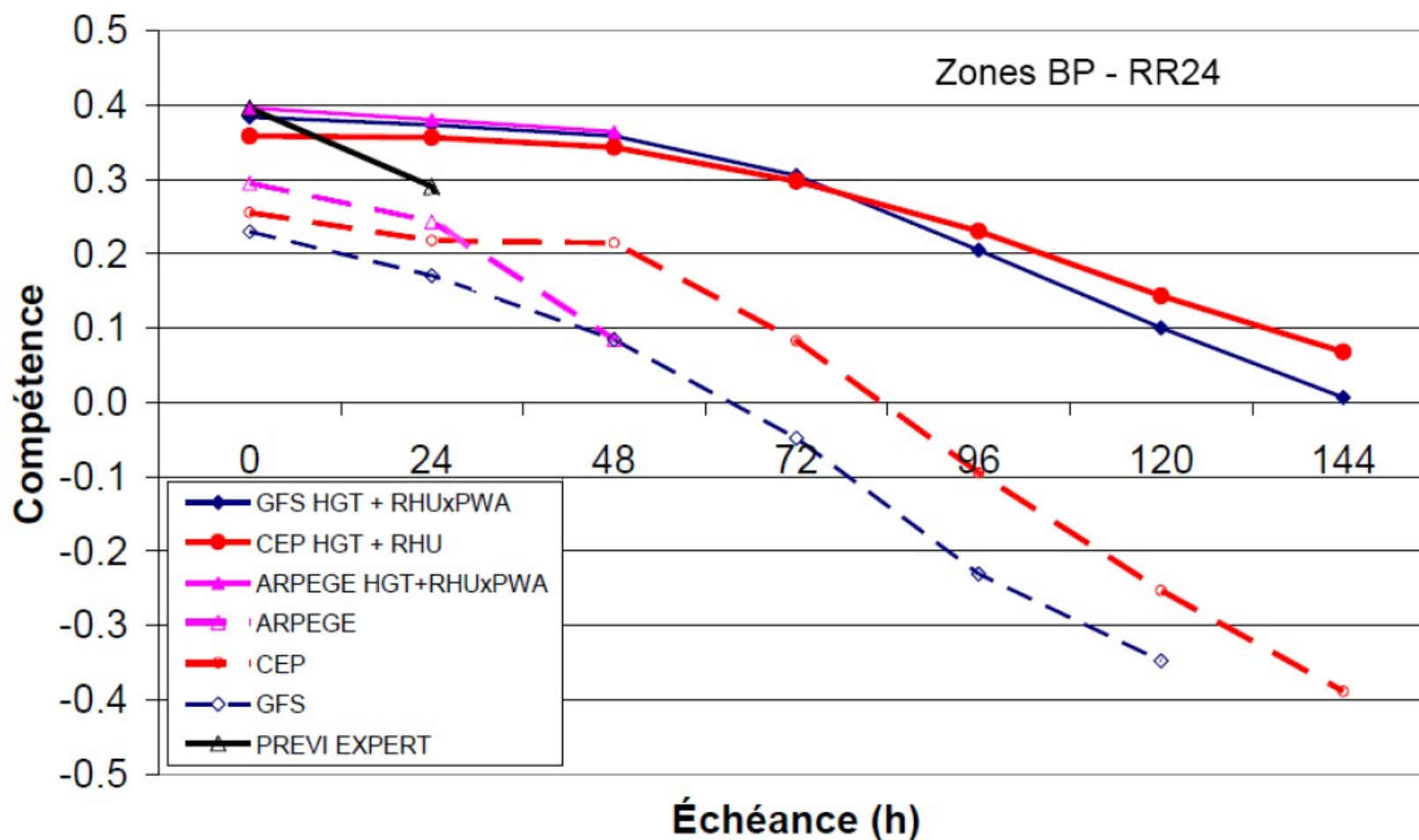
# Satellites

- Stage C. Barachet : comparaison SPOT/MODIS (JP Dedieu)  
=> pb de la couverture nuageuse MODIS
- Mise à disposition en « temps réel » des données MOD10A dans BD Image depuis 2013 :  
bilan décevant car peu ou pas utilisées
- Maquette d'un calcul d'une limite d'enneigement par bassin (Krajci et al) plutôt encourageant pour une correction du SWE par bande



# Les prévisions RR

- Opale (CNR/Kisters) : prévision par la méthode des analogue cf présentation journées prévision d'ensemble



# Reconstitution 1859

- La Houille Blanche, N°1-2011, pp. 44-50 :  
Reconstitution hydrométéorologique de la crue de l'Isère de 1859
- Colloque PGRN



## *COLLOQUE SCIENTIFIQUE*

Organisé par le Pôle Grenoblois des Risques naturels

## **ISÈRE 1859 - 2009**

**150<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE DE LA CRUE DE RÉFÉRENCE**



Grenoble - 2 novembre 1859

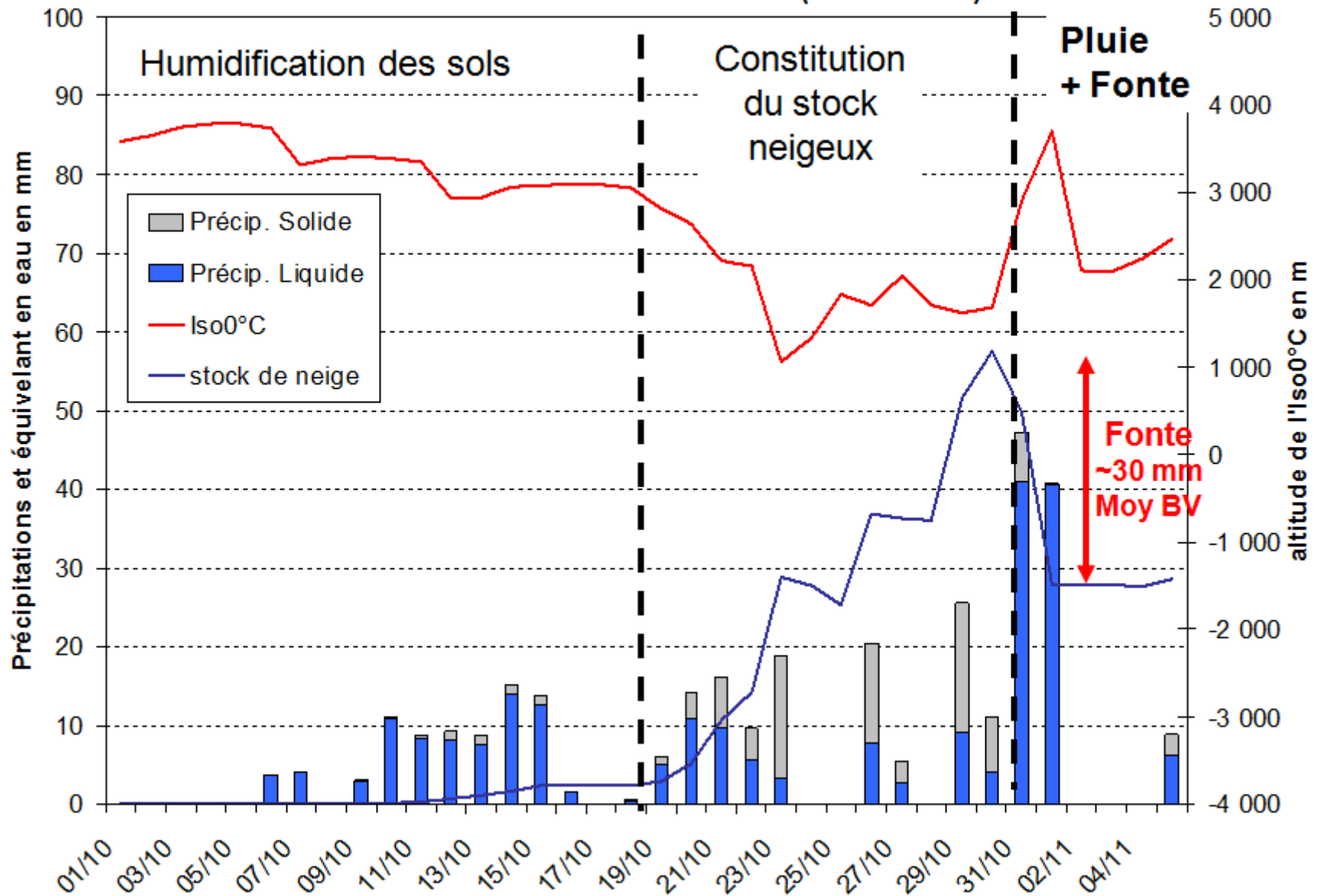
**Judi 5 Novembre 2009**

**Campus Universitaire de Grenoble  
ENSE3 site Ampère - Amphi 0A22 Louis Neel**



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
AUVERGNE-  
RHÔNE-ALPES

### Novembre 1859 - Scénario 2 bis (Iso0°C max)



# Les besoins

- Tester Hydre
- Un produit observation spatialisé T2m
- Un estimation SWE max vers fin mars/début avril  
=> évocation d'une mesure de SWE dans le réseau nivo-météo de la PRA lors des travaux CCROM en 2009
- Des scénarios de prévision météo RR et T°
- De données EDF sur les aménagements

# Des questionnements

- Observation T2m en présence de neige
- Apport d'une information rayonnement direct (Pelliciotti)

L'ISÈRE-INONDATIONS - JUIN 1948

VUE GÉNÉRALE DE LA PLAINE  
DE MOIRANS.

Merci de votre attention

