



## Séminaire transversal Science-Décision-Action Risque torrentiel en montagne

Mercredi 9 Décembre



# Adéquation des services à disposition avec les besoins locaux

-----  
Yann Quefféléan, ONF-RTM



Direction Forêts et Risques Naturels  
Département Risques Naturels  
Pôle RTM



Organisation :



Soutiens et partenaires :



# TYPE DE COURS D'EAU

- 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<sup>2</sup> -  $S_0 = 0,2-0,7 \%$

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<sup>2</sup> -  $S_0 = 2-4 \%$

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

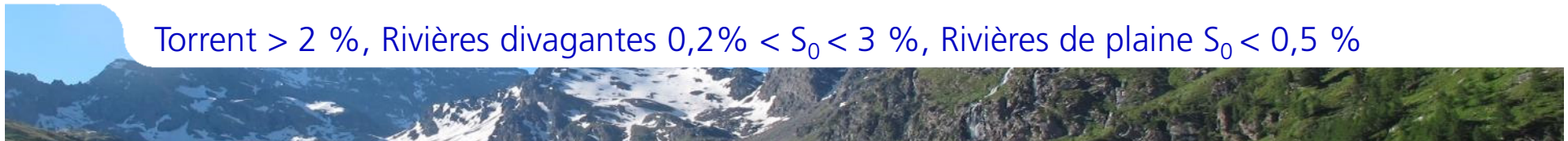


St Antoine en crue le 24 août 1987 – Modane (73)  
© ONF-RTM 73

$V_{\text{lave}} = 80\,000 \text{ m}^3$   
BV 5,5 km<sup>2</sup> -  $S_{\text{cône}} = 9 \%$

- Autre typologie (Source : P. Belleudy) :

Torrent  $> 2 \%$ , Rivières divagantes  $0,2\% < S_0 < 3 \%$ , Rivières de plaine  $S_0 < 0,5 \%$

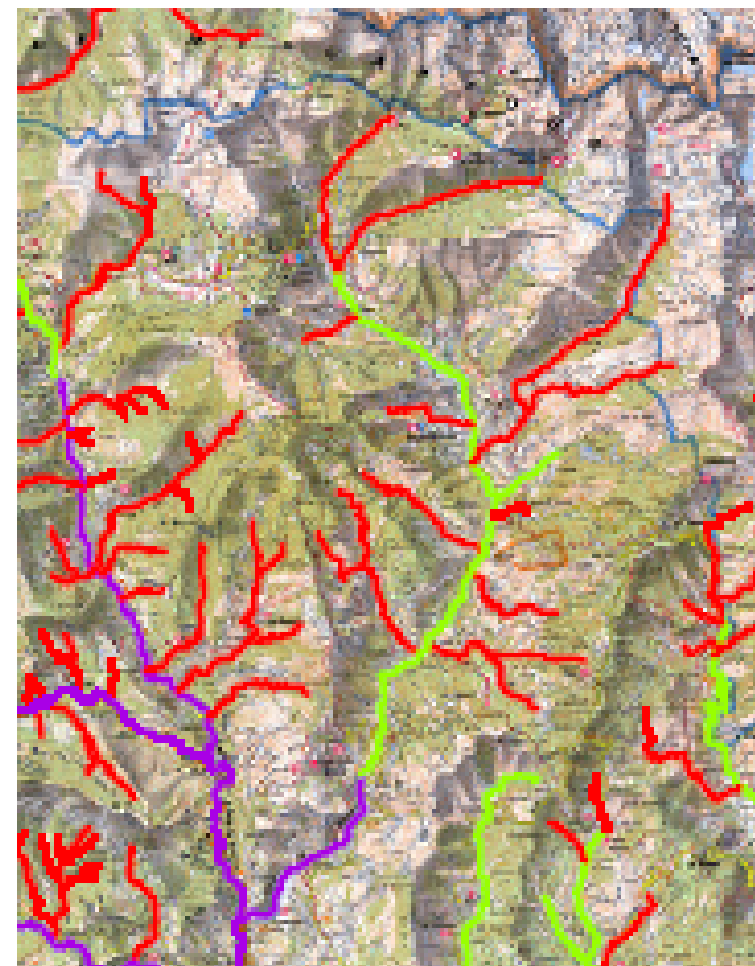
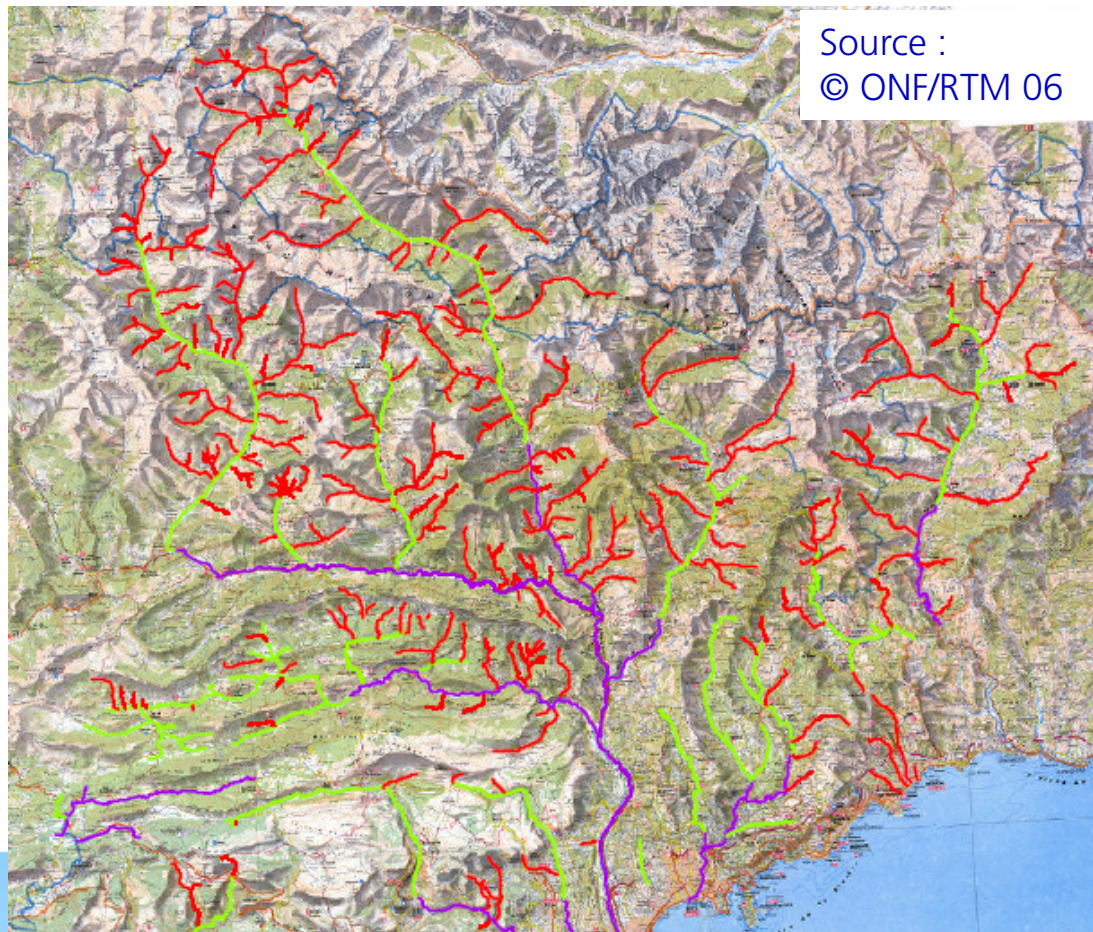




# TYPE DE COURS D'EAU

- Cartographie des différents cours d'eau selon le seul paramètre de la pente de A. Surell (limite de 1,5 % et non 1% prise en compte)

## Exemple sur les Alpes-Maritimes



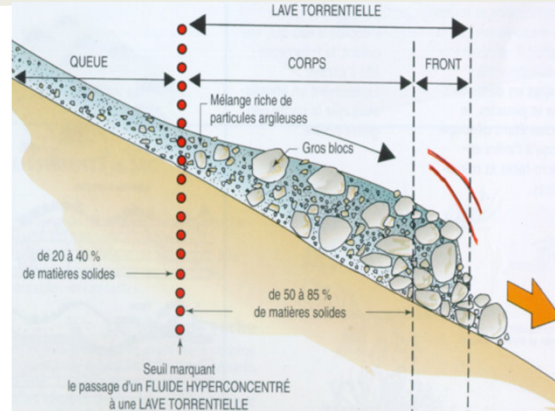
La Vésubie



# TYPE DE PHÉNOMÈNES

## ➤ Laves torrentielles

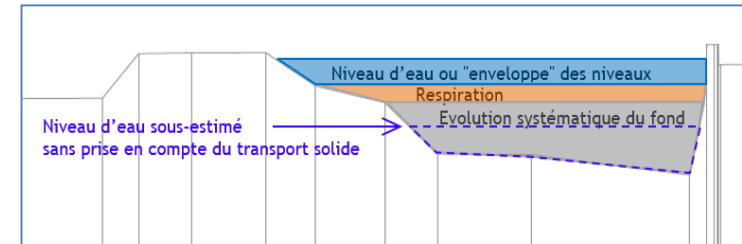
Croquis extrait de « La vie de la Montagne », Bernard Fischesser, 1998



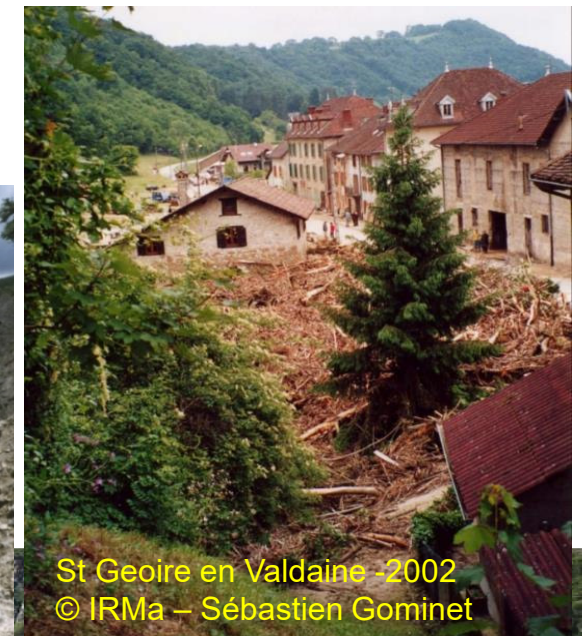
Illgraben (Suisse)  
© P. Zufferey



## ➤ Charriage



## ➤ Facteurs aggravants : gros blocs – flottants





# LAVE TORRENTIELLE

Lave sur l'Illgraben, La Souste - Valais - Suisse - 29 mai 2017





# LAVE TORRENTIELLE

- Des laves qui vont plus ou moins vite : usuellement en France entre 1 m/s (voir parfois moins) et 10 m/s ;

Août 2017 – Bondo (Suisse)

Bondo (Suisse) – Août 2017  
© R. & B. Salis

tm





# DIFFICULTÉS D'ANTICIPATION DES CRUES EN CONTEXTE TORRENTIEL

- Taille réduite des BV : parfois  $< 1 \text{ km}^2$  ; BV à laves  $< 10\text{-}20 \text{ km}^2$  ; BV torrent  $< 50\text{-}100 \text{ km}^2$  ; BV rivières torrentielles  $< 500\text{-}1000 \text{ km}^2$  ;
- Fortes pentes ;
- Fortes, voire très fortes précipitations : effet orographique, phénomènes convectifs (encore difficilement prévisibles), stationnarité des certaines cellules... ; Impact de la neige (notamment de la fonte rapide) ;
  - Crues soudaines et violentes ;
  - Montées des eaux potentiellement très rapides :
    - Dizaine de minutes à quelques heures (voire moins avec les laves torrentielles) ;
    - Hausse rapide du niveau d'écoulement atteignant parfois un à plusieurs mètres en moins d'une heure ;
- Réseaux de mesure encore lacunaires (selon les secteurs, surtout pour les petits BV) :
  - Faible densité des réseaux de suivi pluviométriques et hydrologiques notamment en altitude (constat fait sans intégrer le réseau de mesure EDF) ;
  - Fiabilité des stations hydrométriques en crue : risques de destruction, impact des flottants et du transport solide ;





## Le torrent du Saint-Antoine – Bourg d'Oisans (38)

**BV < 1 km<sup>2</sup>**

BV trop petit pour mettre en place une procédure fiable d'alerte et d'évacuation (sauf à surveiller la falaise), nécessité de mettre en place des ouvrages de protection conséquents

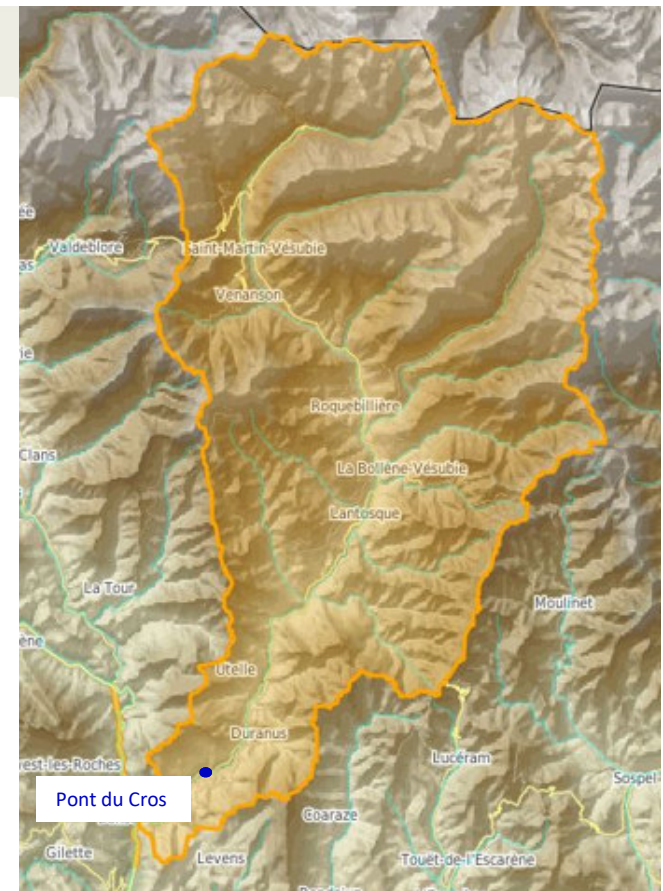




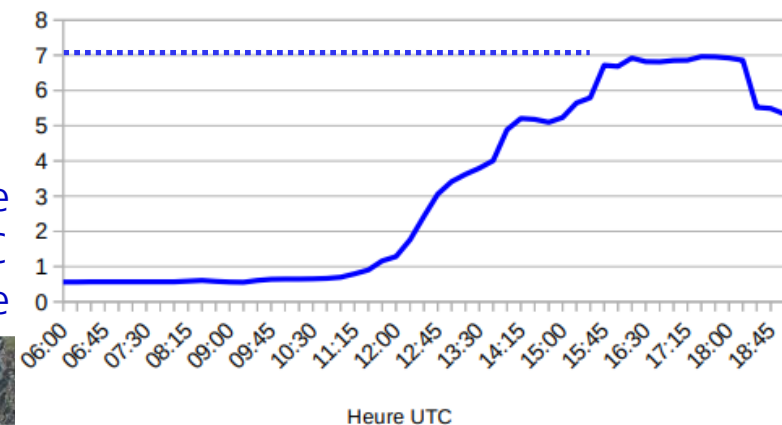
# DIFFICULTÉS D'ANTICIPATION DES CRUES EN CONTEXTE TORRENTIEL

1 seule station hydrométrique sur la Vésubie au Pont du Cros – Cros d'Utelle (06) - BV=382 km<sup>2</sup>

- ✓ Lit engravé sur près de 3 m de hauteur au niveau de l'échelle ;
- ✓ Atteinte (dépassement ?) du niveau maxi du capteur



Evolution de la hauteur mesurée le 02/10/2020



Hauteur d'eau relevée  
Source : © SPC  
Document provisoire

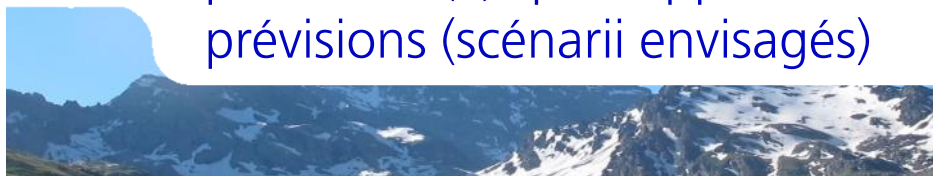


# DIFFICULTÉS D'ANTICIPATION DES CRUES EN CONTEXTE TORRENTIEL

- Difficultés liées aux spécificités des écoulements torrentiels et aux facteurs aggravants :
  - Divagations, cheminements aléatoires des écoulements, changement brusque de lit, débordement amont ;
  - Evolutions morphologiques majeures : fortes érosions des berges, modifications importantes des sections, engravement ou incision du lit ;
  - Affouillements / Défaillances des ouvrages de protection ;
  - Formations d'embâcles : amas de flottants de grande taille, déviation des écoulements, risques de débâcles ;
  - Concomitance avec d'autres phénomènes : glissement de terrain, écoulement, dépôt de lave dans la zone de confluence, rupture de poche glaciaire...

## Conséquences :

Débordements / érosions potentiellement brusques et prématuré(e)s par rapport aux prévisions (scénarii envisagés)



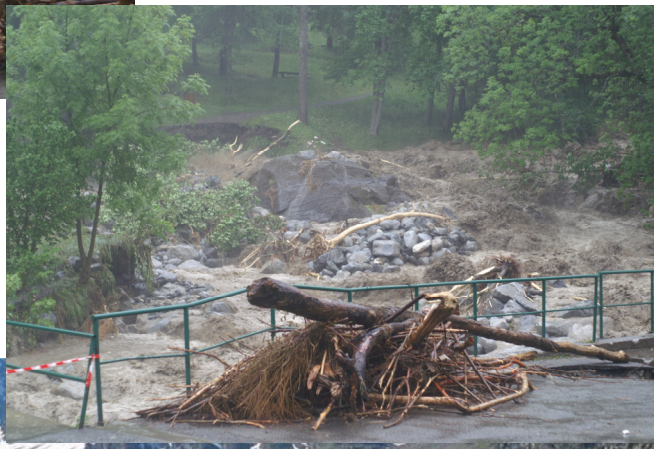




## Le Bastan à Barèges (65) 18-19 juin 2013



Source : Photos de riverains





# OUTILS D'ANTICIPATION

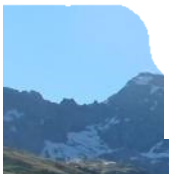


- Inondations/Crues torrentielles à cinétique rapide :
  - Carte de vigilance météo pour les phénomènes « orages » et « pluie inondation » : à l'échelle du département (MF) multi-paramètres échéance 24h
  - Dispositif APIC (Avertissement Pluies Intenses à l'échelle des Communes) : caractère exceptionnel des précipitations qui concernent la commune (MF) ;
  - Plateforme RHYTMME (MF – INRAE Région PACA) ; Données ANTILOPE (MF) ;
  - Météorage (<https://www.meteorage.com/fr>) ;
  - Carte de vigilance Vigicrues pour les cours d'eau surveillés (SPC) ; Site HYDROREEL pour stations de collectivités partenaires ;
  - Dispositif « Vigicrues Flash » : risque de crues dans les prochaines heures sur certains cours d'eau de la commune non couverts par la vigilance crues (SCHAPI/DREAL/SPC)

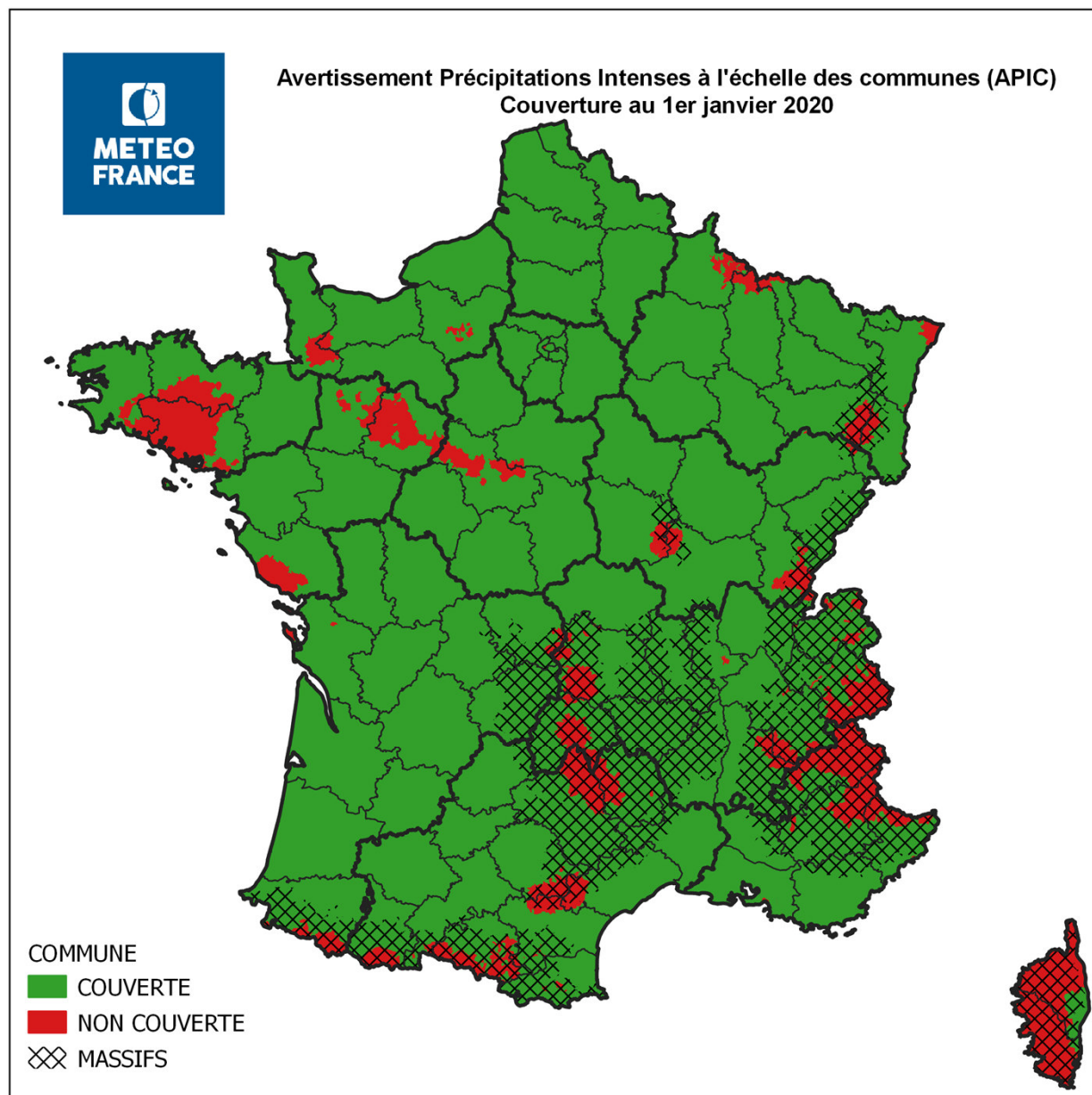


**Constat :** Malgré les améliorations récentes (extension APIC, Vigicrues Flash, déploiement de radars à bande X...), certaines communes en montagne ne sont encore couvertes par aucun dispositif d'avertissement en dehors de la vigilance météo.

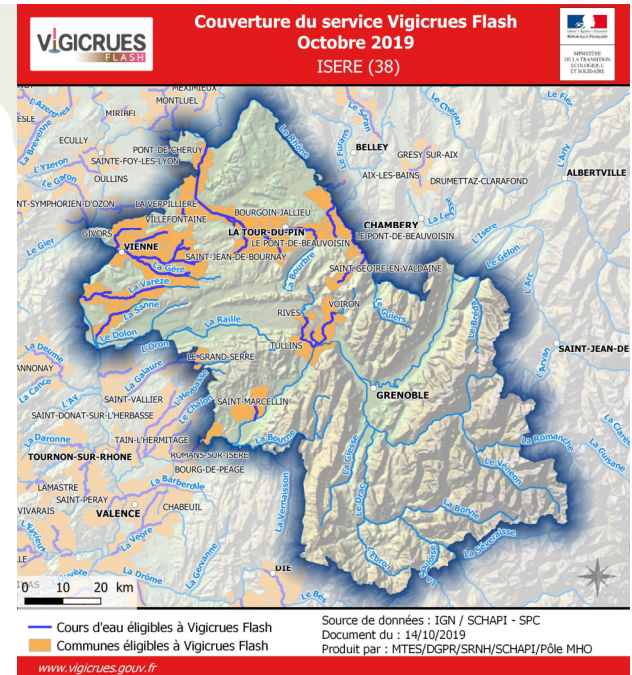
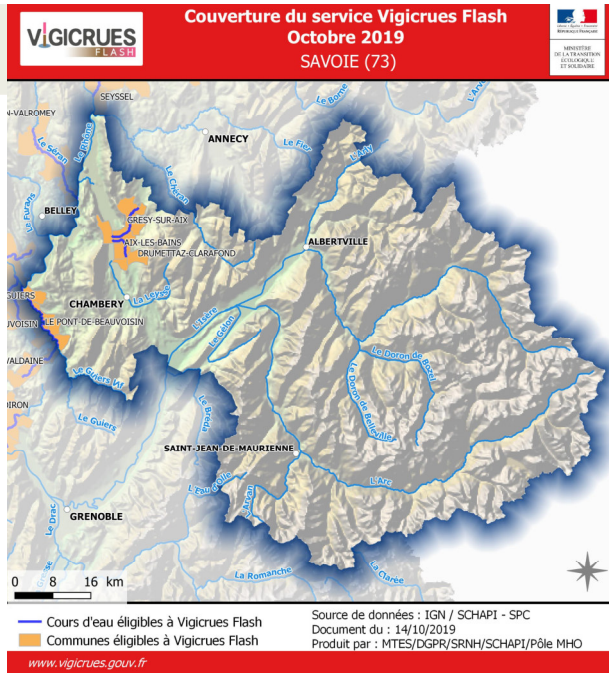
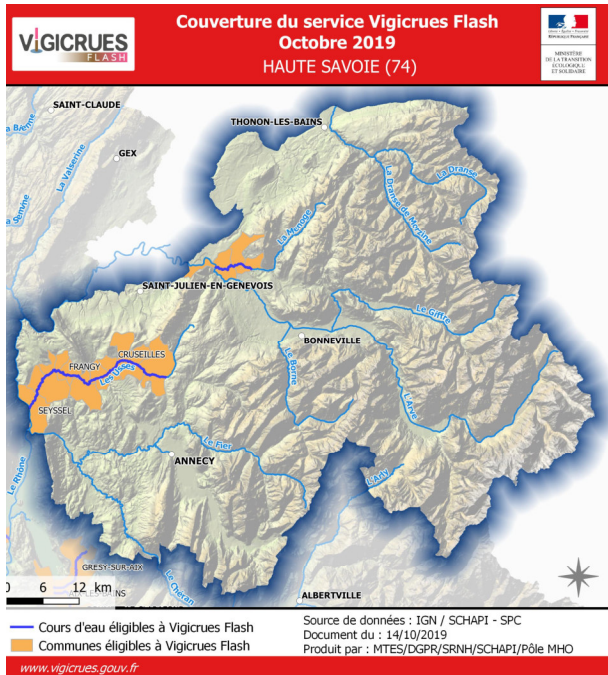
→ **Abonnement à des services dédiés et/ou mise en place de dispositifs locaux de surveillance et d'alerte**



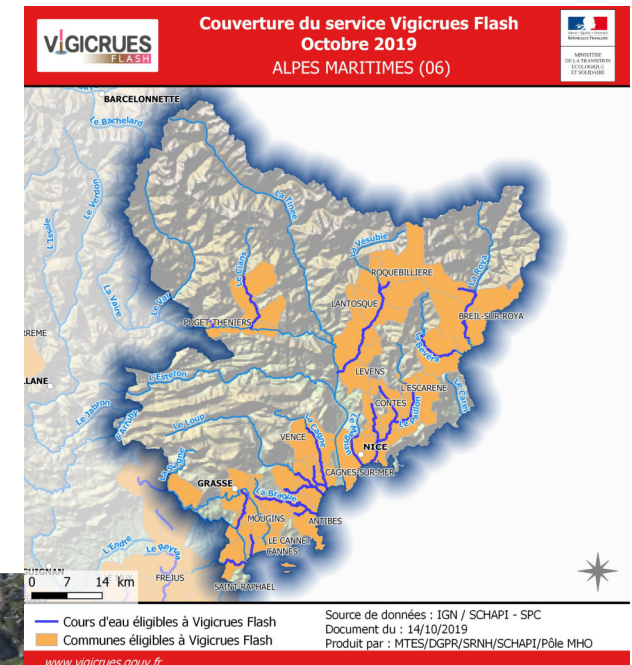
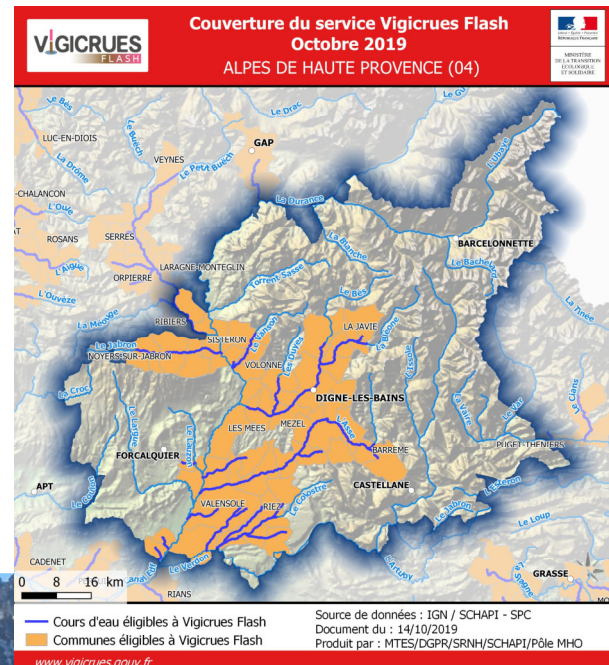
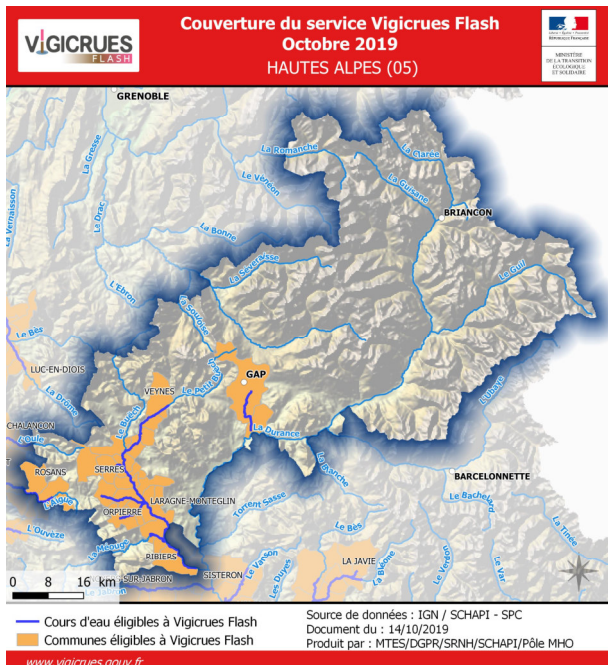
# Couverture du dispositif APIC au 1<sup>er</sup> janvier 2020







## Couverture du service Vigicrues Flash en octobre 2019





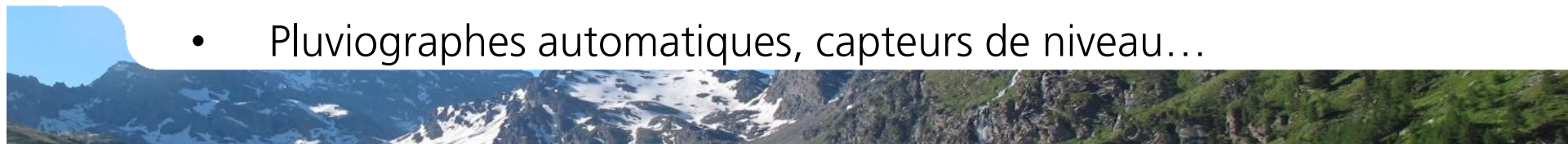
## RECOMMANDATIONS [1]

A défaut d'avertissement (APIC, vigicrues Flash), deux options sont envisageables pour analyser/surveiller les données météorologiques disponibles :

- Consultation directe des acteurs locaux (principalement les élus et les services des collectivités locales) aux images radars des précipitations en cours (exemple des plateformes « RHyTMME » en région PACA ou «RAINPOL® » de la société NOVIMET ...)
- Abonnement à des services dédiés à la prévision des crues (exemple des produits ou prestations proposées par des sociétés comme Météo-France, PREDICT, NOVIMET, HYDRIQUE, ... sur la base de traitements automatisés des données et/ ou d'interventions de prévisionnistes) : **Solution à privilégier** ;

En complément, il est fortement recommandé de mettre en place des dispositifs locaux de surveillance et d'alerte :

- Détecteur de laves torrentielles ;
- Pluviographes automatiques, capteurs de niveau...





## CONNAISSANCES INDISPENSABLES AUX PROCÉDURES D'ALERTE ET D'ÉVACUATION [1]

- Connaître l'emprise maximale des zones exposées aux crues :
  - Analyse hydromorphologique, Atlas des Zones inondables (AZI), cartographie produites dans le cadre des Territoires à Risques Importants (TRI) et lors de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) ou PPRN multi-risques en montagne (attention au délimitation des AZI en montagne, notamment sur les cônes de déjection) ;
- Retenir des scénarios et des emprises d'évènements rares à très rares (analyser la nécessité de prendre en compte des événements exceptionnels dans les procédures d'alerte et d'évacuation) ;
- Connaître les premiers points de débordement menaçants et la plus faible crue pouvant déborder ;
- Connaître la vitesse maximale possible de montée des eaux ;
- Prendre en compte les facteurs aggravants pour anticiper d'éventuels débordements brutaux : embâcles, rupture d'ouvrages, risques gravitaires, mais également prise en compte de la configuration du site





## UN ÉLÉMENT ESSENTIEL A ESTIMER : LA VITESSE DE MONTÉES DES EAUX

- La vitesse de montée des eaux est nécessaire pour estimer si une procédure basée sur la surveillance des niveaux d'eau est adaptée ou pas. L'estimation de cette vitesse reste un exercice difficile à partir :
  - d'analyse des hydrogrammes de stations hydrométriques ;
  - d'application de formules empiriques affectées d'un ratio minorateur ;
  - de modélisation pluie-débit ;
  - de recueil de témoignages, recherche d'archives (événements passés) ;
- Connaissant le niveau des premiers points de débordement et le temps d'évacuation ou de la mise en sécurité, le seuil de déclenchement est déterminé à partir de cette vitesse de montée des eaux.
- Ce seuil ne doit pas être calé trop bas pour éviter trop de fausses alertes qui vont rapidement laisser les personnes exposées.



Faire très attention à l'existence de sous-bassins qui peuvent parfois à eux seuls provoquer une crue majeure, qui pourrait alors être beaucoup plus rapide.



## UN ÉLÉMENT ESSENTIEL A ESTIMER : LA VITESSE DE MONTÉES DES EAUX

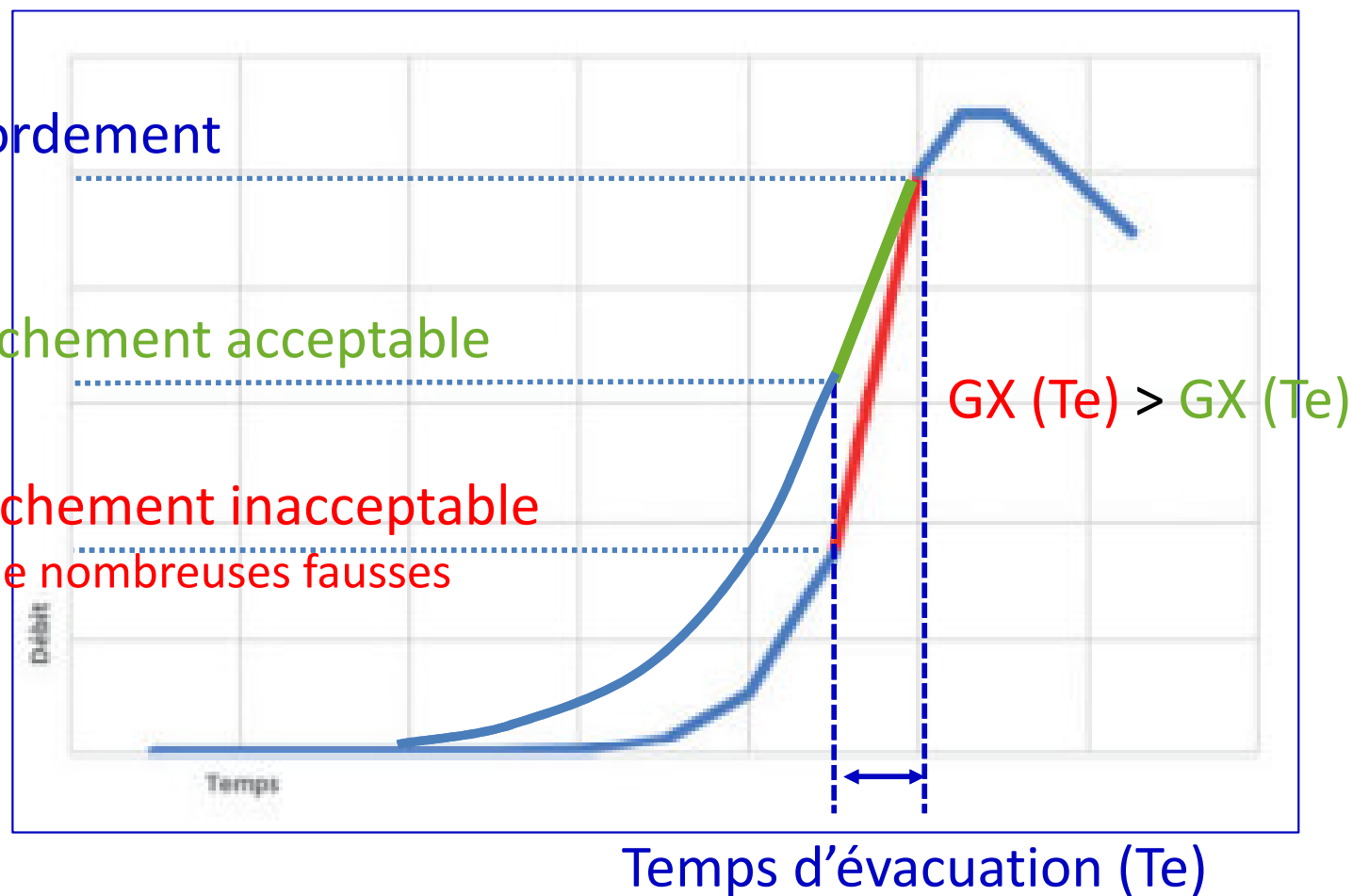
- Principe du calage du seuil de déclenchement de l'évacuation ou mise en sécurité :

Niveau de débordement

Seuil de déclenchement acceptable

Seuil de déclenchement inacceptable

Trop bas (source de nombreuses fausses alertes)



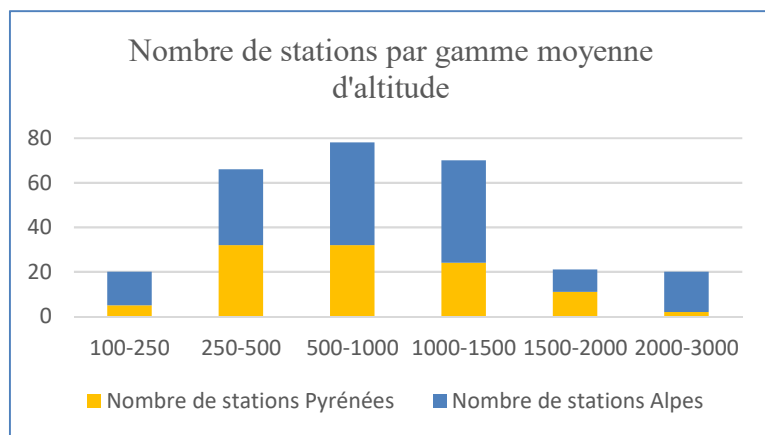


# ETUDE SUR LE TEMPS DE MONTÉE DES CRUES RAPIDES (2015) <sup>2</sup>

Répartition des stations BD Hydro :

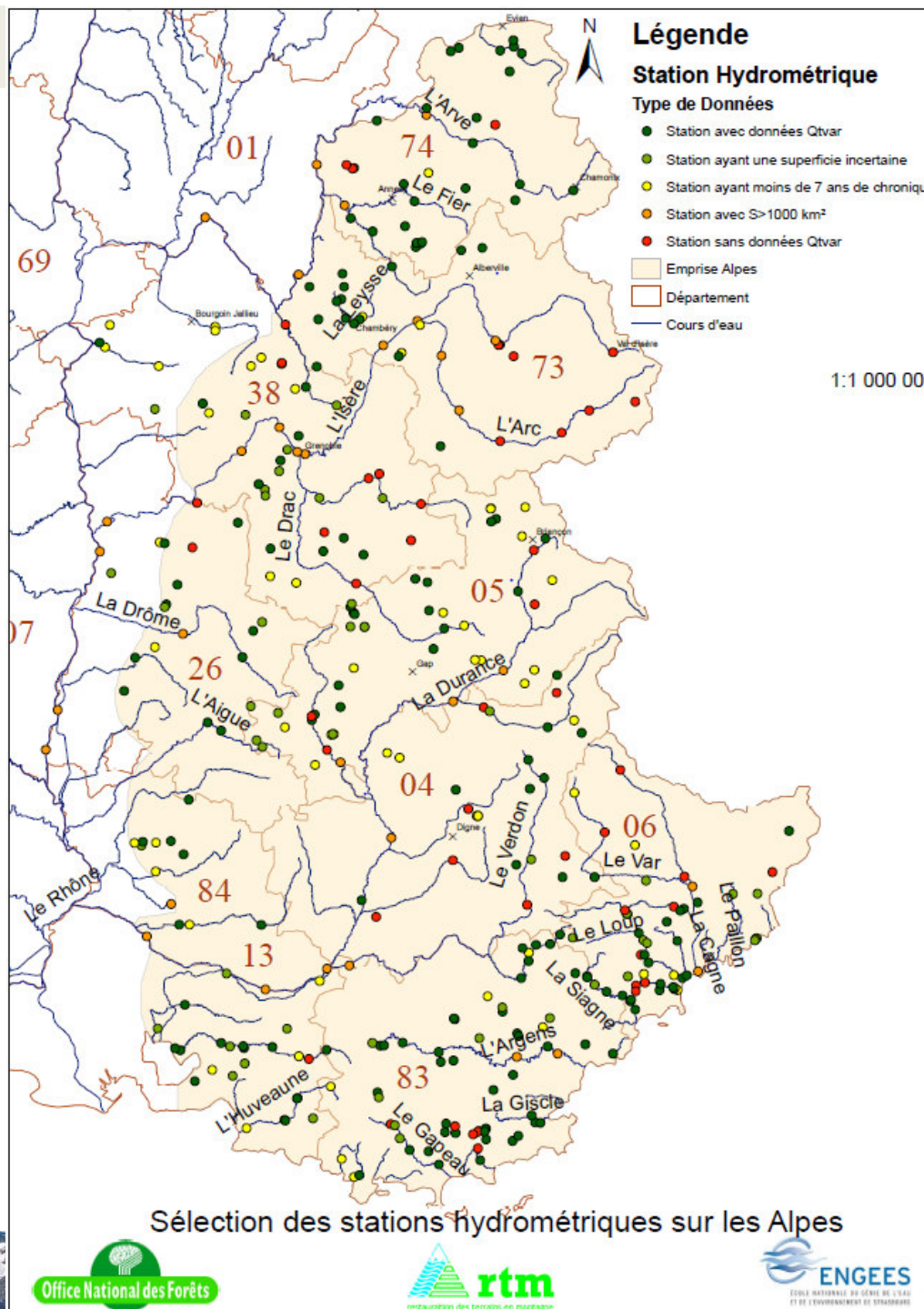
	Nombre de stations retenues	Nombre d'années de chronique
Pyrénées	106	2975
Alpes	169	4375
<b>Total</b>	<b>275</b>	<b>7350</b>

Répartition altimétrique



Seules 41 stations (soit moins de 15 % de l'échantillon) > 1500 m d'altitude.

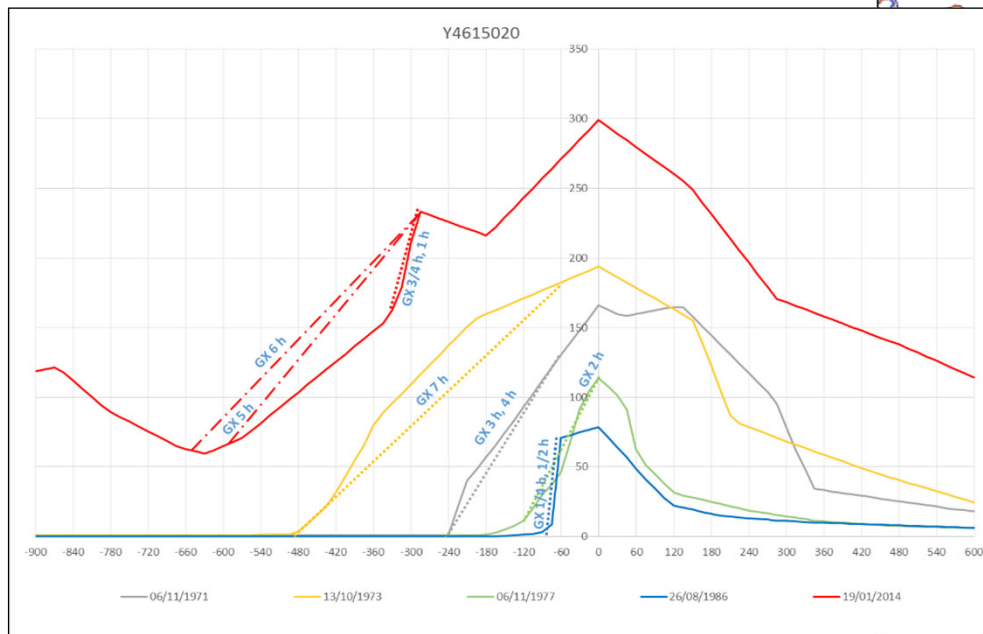
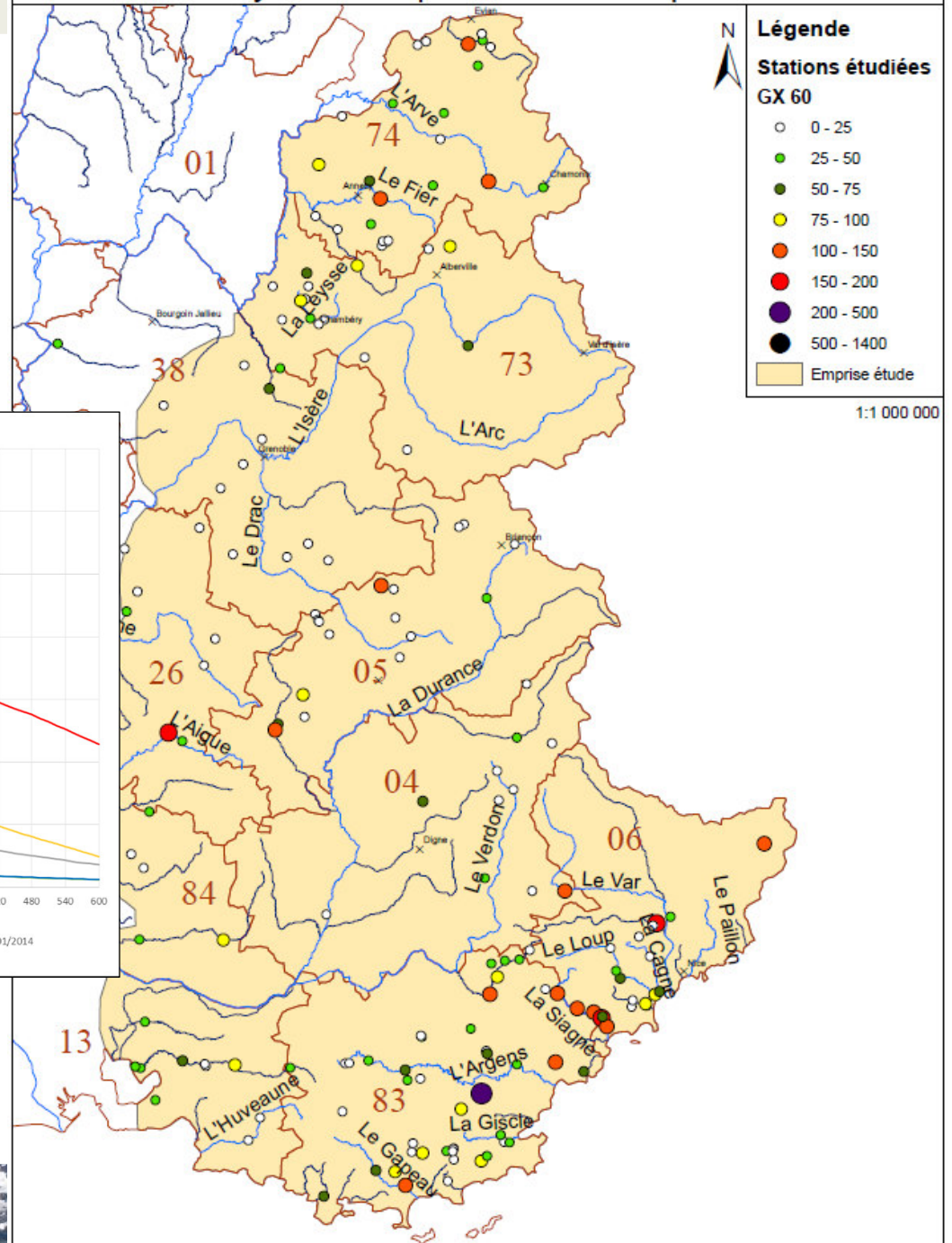
Source : Y. Quefféléan - S. Unanoa - 2015



# ETUDE SUR LE TEMPS DE MONTÉE DES CRUES RAPIDES (2015)

- Analyse des gradients de montée de crues

## Stations hydrométriques dans les Alpes - GX 60



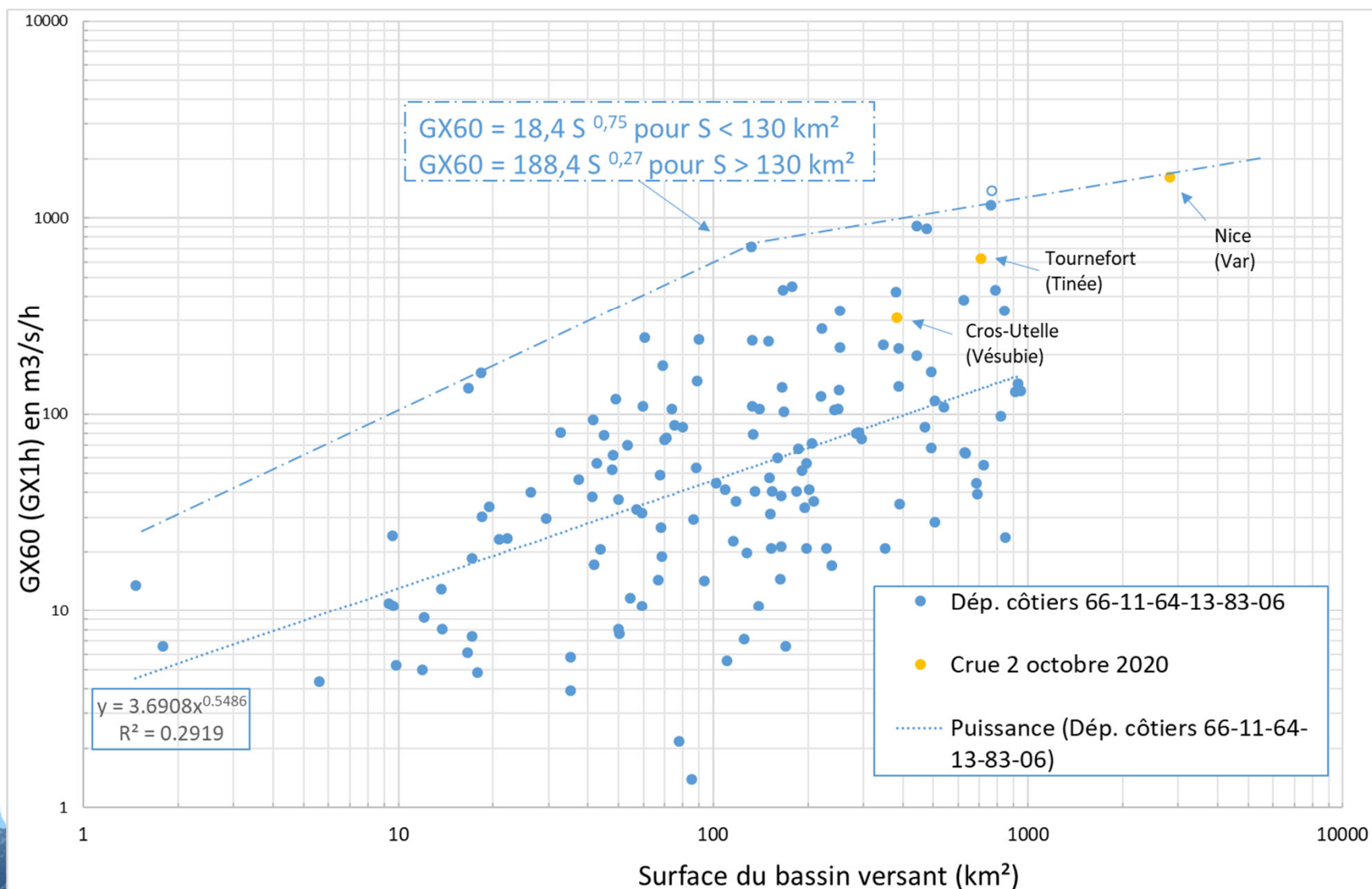
Gradients maximaux sur la station du Réal Martin à La Crau (Y4615020)





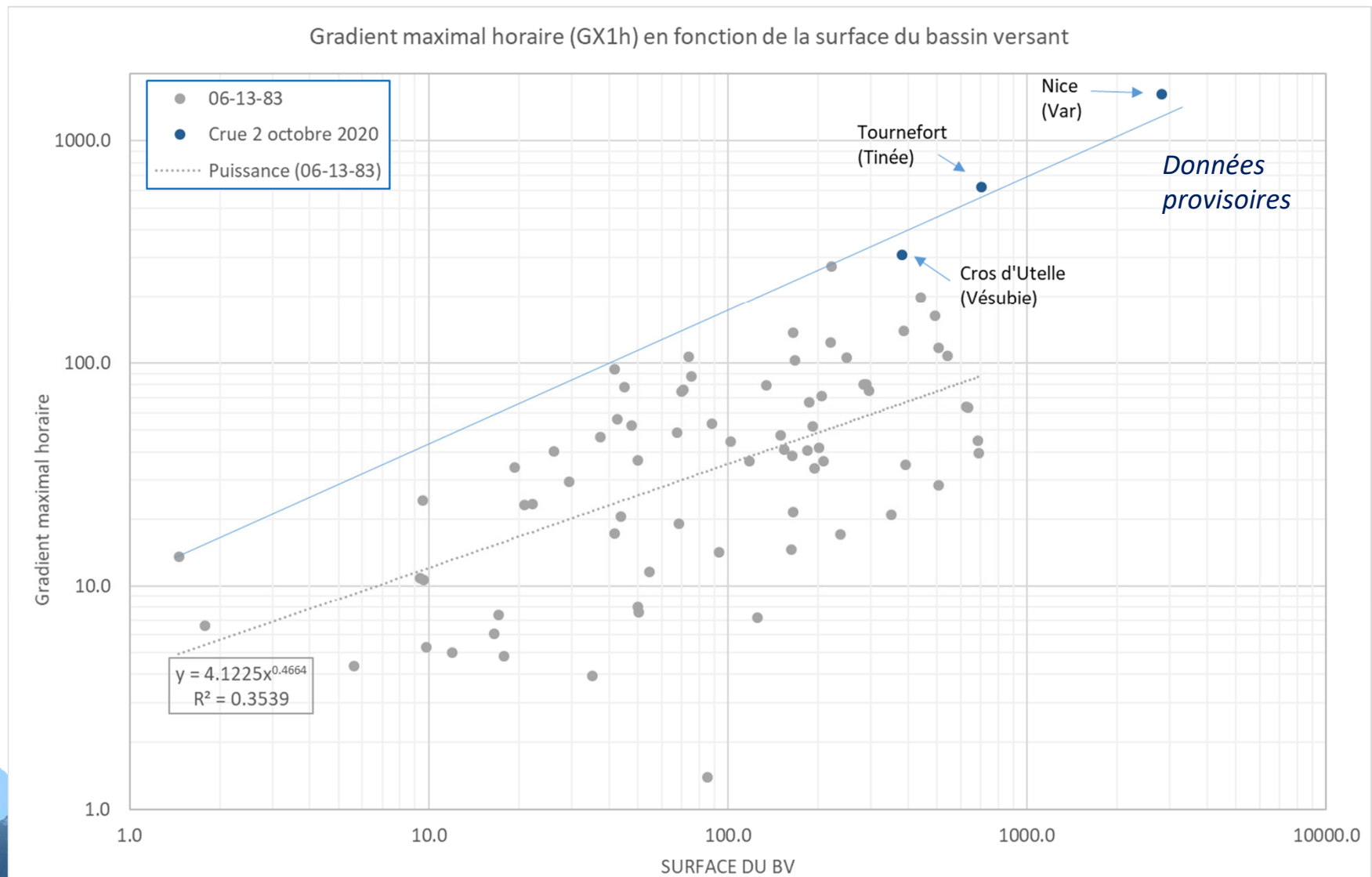
# ETUDE SUR LE TEMPS DE MONTÉE DES CRUES RAPIDES (2015)

- Gradients de montée sur les départements littoraux



# ETUDE SUR LE TEMPS DE MONTÉE DES CRUES RAPIDES (2015)

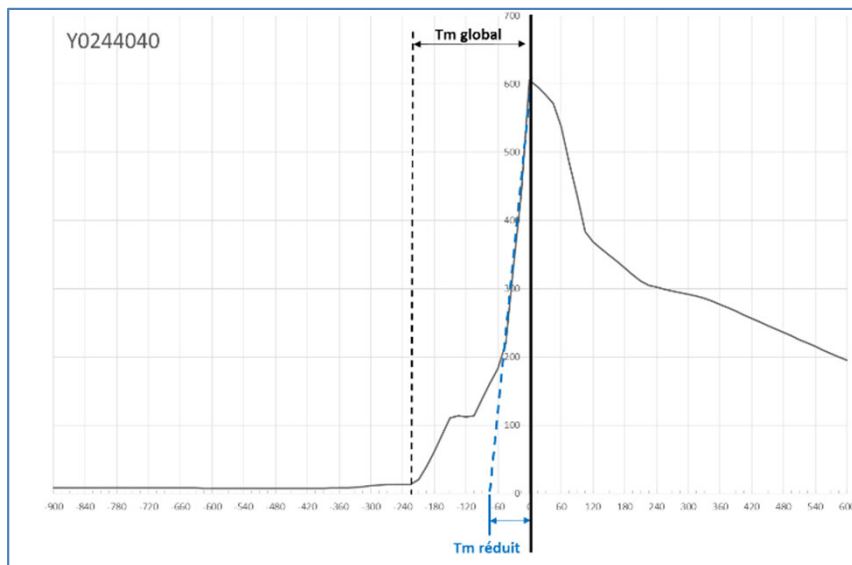
- Gradients de montée sur les départements littoraux PACA





# ETUDE SUR LE TEMPS DE MONTÉE DES CRUES RAPIDES (2015)

- Analyse des temps de montée des crues



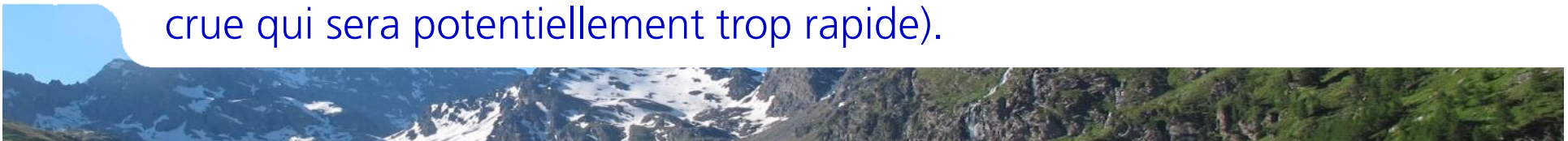
Formule proposée pour le temps de montée réduit :

$$t_m = 0,077 \cdot S^{0.55}$$

S en km <sup>2</sup>	t <sub>m</sub> en h
10	0.3
50	0.7
100	1
200	1.4
500	2.3



Pour les bassins versants inférieurs à 100-200 km<sup>2</sup>, le temps de montée peut être réduit à 1 h -1,5 h. L'anticipation des crues doit se baser sur une surveillance attentive des précipitations (la surveillance des niveaux d'eau ne permet pas à elle seule d'anticiper suffisamment la montée de crue qui sera potentiellement trop rapide).



# DISPOSITIFS LOCAUX DE SURVEILLANCE ET D'ALERTE

- Contraintes temporelles fortes : crues très rapides qui nécessitent une forte réactivité avec des systèmes autonomes et robustes ;
- Contraintes matérielles : difficultés d'accès, pas d'alimentation électrique en général, milieux agressifs (crues, chutes de blocs, neige ...), risques importants de dysfonctionnement durant les épisodes les plus intenses (destruction instruments, perte de transmission : foudre ...) ;
- Exemple de dispositifs pouvant être mis en place :
  - Pluviographes automatiques implantés dans les hauts bassins (un au moins par grand sous-bassin) ;
  - Capteurs de niveau d'eau implantés au droit des enjeux, mais également parfois plus en amont pour disposer d'un temps d'anticipation supplémentaire ; échelles limnimétriques ;
  - DLT ; Géophones ; caméra ou appareil photo ; Capteur de vitesse (encore rare en torrentiel) ;
  - Centrale d'acquisition, de transmissions, batterie, panneau solaire ...
- Recommandations : Doubler les capteurs et les modes de transmission des données (GSM, Radio, RTC, ligne spécialisée) ; Tenir compte des éventuelles défaillances ;





## UN CHOIX A FAIRE EN TORRENTIEL : ÉVACUER, METTRE EN SÉCURITÉ OU CONFINER

- Le temps disponible est parfois insuffisant pour évacuer les personnes exposées dans de bonnes conditions ; il est alors préférable de les mettre en sécurité à proximité au niveau de points de regroupement (points hauts non exposés aux crues et aux érosions de berge), voire au pire de rester confinés (cela suppose une analyse fine de l'exposition et de la résistance du bâti) ;
- Documents de référence :
  - Niveau Communal : PCS (Plan Communal de Sauvegarde) ;
  - Camping : CPS (Cahier de Prescriptions de Sécurité) ;
- Recommandations : Exercices de simulation d'évacuation ou de mise en sécurité à systématiser ; Analyse de la résistance des bâtiments en cas de confinement ; S'adapter en continu aux évolutions observées.

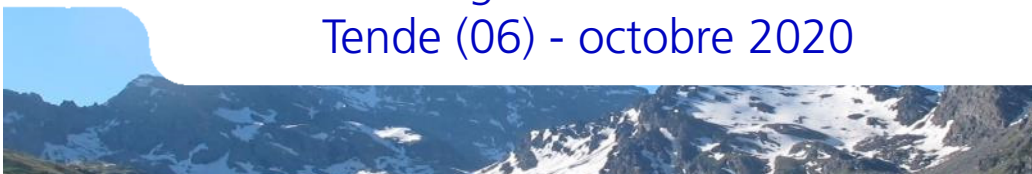


# UN CHOIX A FAIRE EN TORRENTIEL : ÉVACUER, METTRE EN SÉCURITÉ OU CONFINER



© ONF-RTM

Le Bieugne à Saint Dalmas de  
Tende (06) - octobre 2020





## SURVEILLANCE DES FACTEURS AGGRAVANTS

- Risques de rupture d'ouvrages (notamment par érosions, affouillements des fondations ou surverse) :
  - Dispositifs locaux de surveillance des ouvrages ;
- Risques d'embâcles /débâcles (glissement, amas de flottants ...) :
  - Dispositifs locaux de surveillance ;
  - Reconnaissances hélicoptérées, drones, pédestres ;
  - Le constat de l'abaissement brusque du débit doit alerter ;
- Risques de débâcles glaciaires :
  - Phénomènes difficilement prédictibles, si non repérés au préalable ;



Difficultés : surveillance nocturne, mauvaise visibilité et conditions de circulation hasardeuses ;



# DÉTECTEUR DE LAVES TORRENTIELLES (DLT)

- Dispositif d'alerte automatique utilisé principalement pour arrêter la circulation routière (feux routiers), ferroviaire ... pour déclencher une alarme (sirène) ou prévenir les pratiquants des sports d'eaux vives ;
- Capteur(s) placé(s) en haut du bassin pour détecter le passage d'une LT et disposer d'un temps suffisant pour l'alerte – temps souvent limité : dépend de la vitesse de la LT et de la distance du capteur aux enjeux ;

		1 km	2 km	5 km
Vitesse	2 m/s	8 min	17 min	42 min
	5 m/s	3 min	7 min	17 min
	10 m/s	2 min	3 min	8 min

- Implantation : au niveau d'un barrage de correction torrentielle RTM, au niveau d'un pont ou de gorges ;
- Plusieurs dispositifs de capteur : à câbles, à pendules (masselottes), à palettes ;





# DLT - DISPOSITIFS A PENDULES (MASSELOTTES)



DLT SFTRF -  
PDD St Martin  
(73)



DLT - L'Arbonne Bourg  
Saint Maurice (73)

DLT Merdaret Chantelouve (38)



DLT Boscodon -  
Crots (05)





## DLT - DISPOSITIFS AVEC MASSELOTES

Calage avec des calettes pour éviter des fausses alertes à cause du vent



DLT Riou sec L'Argentière-La-Bessée (05)





## DLT - DISPOSITIFS A PALETTES



DLT SNCF – La Ravoire  
de Pontamafrey (73)



DLT EDF – Le Claret à St-Julien-  
Montdenis (73)



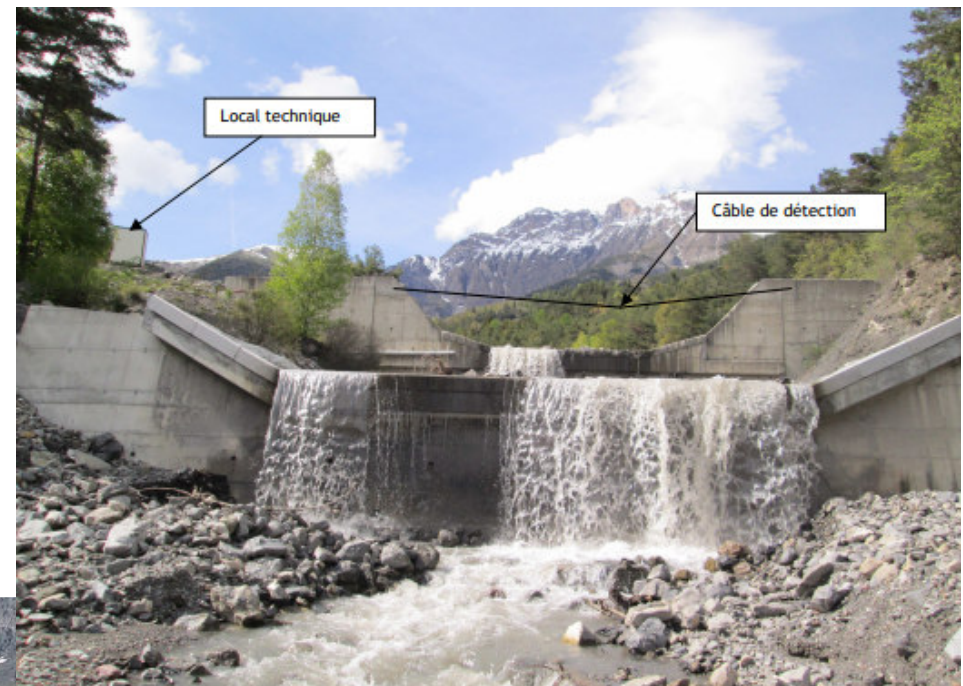




Nant de l'Ar Mancette – Les Contamines Montjoie (74)  
© ONF-RTM 74

## DLT – DISPOSITIF À CÂBLES

L'Abéous – Méolans Revel (04)





# DÉTECTION DE LAVES TORRENTIELLES

## Autres dispositifs alternatifs au DLT ou complémentaires

- géophones,
- capteurs de niveau,
- caméra ou appareil photo pour prise de vue ;
- Pluviographes/pluviomètres (recherche d'un seuil d'intensité de précipitations (intensité/durée) comme facteur de déclenchement des LT, valable uniquement sur les BV sans limitation de stock sédimentaire → réponse non univoque)

Plusieurs géophones espacés à courte distance de l'ordre de 50 m, permettent d'estimer la vitesse de la LT ; La vitesse peut être estimée également par analyse vidéo; Associés à un capteur de niveau, un hydrogramme de la LT peut être reconstitué et ainsi le volume de la LT ;



Géophone  
© INRAE

Extrait de Fontaine  
et Al. 2017 [3]

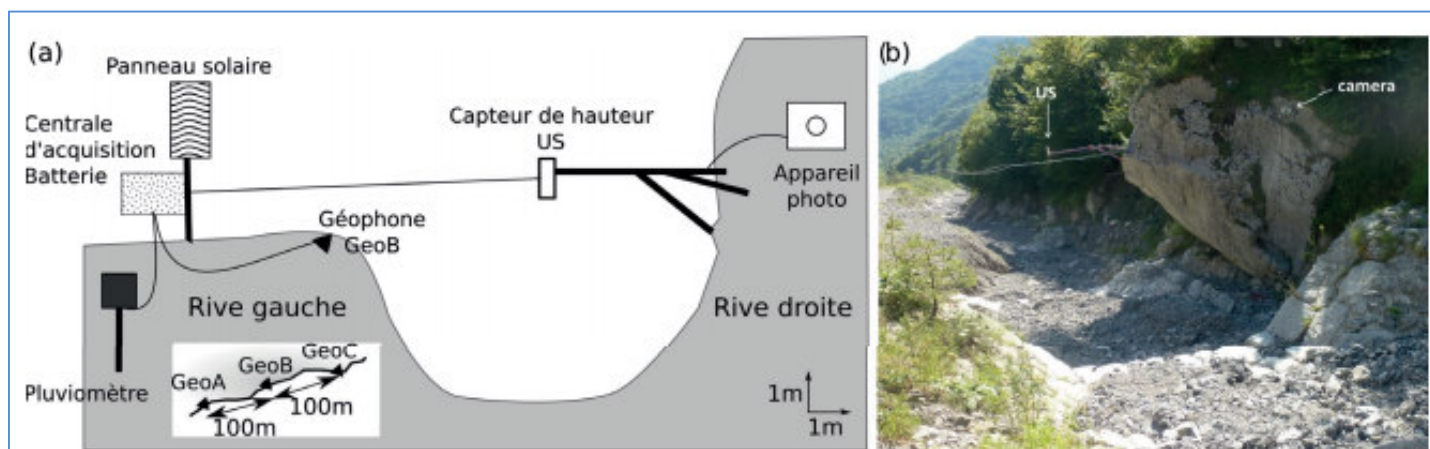


Figure 2 - Exemple d'implantation d'une station de monitoring au droit d'un barrage de correction torrentielle. a) Schéma de principe. b) Photo de la station du Manival (38) vue vers l'aval.

# DÉTECTION DE LAVES TORRENTIELLES



Capteurs/détecteurs	avantages	limites
<b>Masselottes/ Pendules</b>	Dispositif simple et robuste Possibilité de mettre plusieurs masselottes décalées en hauteur pour une estimation «grossière» de la hauteur d'écoulement	Dispositif tout ou rien ; Pas de mesure du niveau d'écoulement en continu Difficultés d'installation : au-dessus du torrent, si les berges sont instables ;
<b>Palettes</b>	Dispositif simple et robuste	Fausse alertes liées au vent parfois rencontrées avec les pendules (en phase de calage du dispositif : mise en place de câbles fins transversaux supplémentaires) ;
<b>Câbles</b>	Dispositif simple et robuste Possibilité de mettre plusieurs câbles pour une estimation « grossière » de la hauteur d'écoulement	Dispositifs à câbles : Intervention nécessaire après fonctionnement pour remettre en place les câbles Risque de fausse alerte due à des causes accidentelles (passage d'animaux, chute d'arbres, etc.) Limitation de l'avantage lié à plusieurs câbles si présence d'arbres et de gros blocs dans l'écoulement
<b>Capteurs ultrason, radar et laser</b>	Mesure de la hauteur d'écoulement en continu Facilité pour modifier les niveaux d'alerte	Système plus sophistiqué ; Difficultés d'installation du capteur : au-dessus du torrent, si les berges sont instables ;
<b>Géophones</b>	Détection du passage de la lave par mesure des vibrations du sol Estimation de la vitesse en cas d'installation de plusieurs géophones suffisamment espacés cf. Fontaine et Al. 2017 [3] ; Facilité et sécurité d'installation (les capteurs sont enterrés à un endroit sûr sur les berges)	Système plus sophistiqué : Difficulté pour définir les seuils d'alerte ; Augmentation de la complexité du système par la nécessité de filtrer le signal (cela tend tout de même à s'améliorer cf. Fontaine et Al. 2017 [3]) ; Risque de fausse alerte due à d'autres sources de vibration des sols (passage de trains ou de camions, chutes de blocs, etc.)
<b>Cellules photoélectriques</b> (faisceaux photos infrarouge, etc.)	Détecteur du passage d'une lave torrentielle sans contact : ne nécessite pas d'intervention après fonctionnement	Système plus sophistiqué ; Précision de l'installation pour éviter que le capteur ne soit en contact avec l'écoulement
<b>Caméra CCD*</b> pour détection par ordinateur	Reconnaissance d'une lave torrentielle Sécurité d'installation (la caméra est implantée en dehors du lit du torrent)	Utilisation et exploitation du système limitée par la présence de brouillard ou la survenance d'une lave torrentielle pendant la nuit (dispositif infrarouge à mettre en place)

\*CCD : charge coupled device (dispositif à couplage de charge)

*Principaux capteurs pour dispositifs d'alerte aux laves torrentielles (adapté à partir de Arattano et Marchi, 2008 [4])*



- Choix du type de capteur :
  - Pas de capteurs ou sondes de niveau immergés (destruction probable dû au fort transport solide) ; Dispositif avec flotteur à proscrire (dysfonctionnement fréquent) ;
  - Capteur radar hyperfréquence ;
  - Capteur ultrason (supporte l'absence d'écoulement sur les torrents) ;
- Implantation :
  - Pont, passerelles ;
  - Gorges rocheuses ;
  - Zones de préférence peu propices à de fortes évolutions morphologiques (dépôt, incision, érosions latérales)
    - incertitudes fortes dans les mesures, destruction ;



Capteur de niveau sur portique –  
Ubaye – Contamines (04)



# CAPTEUR DE NIVEAU



Capteur de niveau implanté sur une passerelle –  
Ubaye - St Paul Sur Ubaye (04)





## CAPTEUR DE NIVEAU

Incertitudes de mesures dues aux fortes instabilités de surface en contexte torrentiel



tm



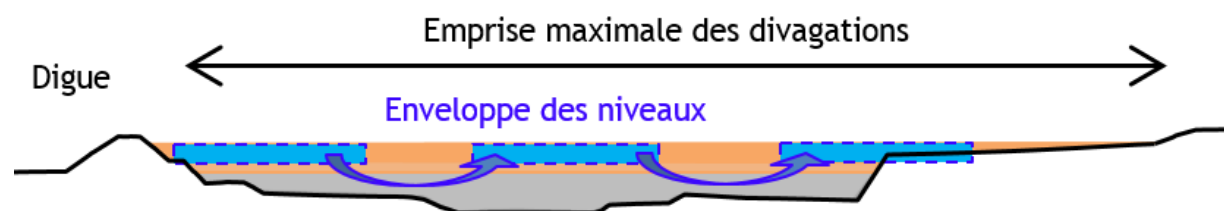
Crue du Gave de Cauterets à Soulom (juin 2013)

## Implantation :

- Attention au lit trop large, l'écoulement peut ne pas occuper toute la section du lit (dès que le rapport L/H dépasse une valeur de 12).

Lits larges propices aussi aux divagations, aux fortes respirations et donc aux attaques de berges ;

- Lits étroits quant à eux propices à l'incision du lit (peut fausser la mesure en cas d'abaissement du fond, voire provoquer la destruction du pont par affouillement de ses fondations sur lequel est implanté le capteur) ;



Capteur de niveau Rif de L'Arc –  
La Roche des Arnauds (05)





# PROCÉDURES D'ALERTE ET D'ÉVACUATION [1]

- En 4 phases :
  - Vigilance,
  - Vigilance renforcée,
  - Information des personnes et préparation à la mise en sécurité
  - Mise en sécurité ou évacuation ;



Prudence avant la réintégration, car les niveaux peuvent continuer à monter à la décrue dans les zones de dépôt (alors que le pic de crue est passé).



## EXEMPLE DES 4 PHASES PRINCIPALES D'UN CPS ET DES INFORMATIONS LES PLUS UTILES À EXPLOITER<sup>2</sup>

<b>Vigilance du gestionnaire</b>	L'inondation du camping est possible pour le lendemain
Pour déclencher cette phase, les informations les plus utiles sont, usuellement : <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ les prévisions météorologiques à J+1,</li> <li>▶ seulement pour les cours d'eau suffisamment grands, les prévisions à J+1 des services de prévision des crues.</li> </ul>	
<b>Vigilance renforcée du gestionnaire</b>	L'inondation du camping est possible pour la ½ journée à venir
Pour déclencher cette phase, les informations les plus utiles sont, usuellement : <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ les prévisions météorologiques à échéance de quelques heures,</li> <li>▶ seulement pour les cours d'eau suffisamment grands :</li> <li>▶ les prévisions des services de prévision des crues,</li> <li>▶ loin en amont, des mesures de pluies ou de débits.</li> </ul>	
<b>Information des campeurs et préparation à la mise en sécurité</b>	L'inondation du camping est possible dans 3 ou 4 heures
Pour déclencher cette phase, les informations les plus utiles sont, usuellement : <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ les prévisions météorologiques à brève échéance,</li> <li>▶ les mesures (ou des observations directes) de pluies alentours,</li> <li>▶ seulement pour les cours d'eau suffisamment grands :</li> <li>▶ les prévisions à brève échéance des services de prévision des crues,</li> <li>▶ des mesures de débit ou de hauteur d'eau (ou des observations directes).</li> </ul>	
<b>Mise en sécurité des campeurs</b>	L'inondation du camping est possible dans 1 ou 2 heures
Pour déclencher cette phase, les informations les plus utiles sont, usuellement : <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ les prévisions météorologiques à très brève échéance,</li> <li>▶ des mesures de pluies dans le bassin versant,</li> <li>▶ seulement pour les cours d'eau suffisamment grands :</li> <li>▶ les prévisions à très brève échéances des services de prévision des crues,</li> <li>▶ des mesures de débit ou de hauteur d'eau.</li> </ul> Cette phase peut aussi être déclenchée sur ordre des autorités (le préfet et le maire) dans le cadre du schéma national d'alerte et selon les informations à leur disposition.	






- Temps de réponse potentiellement très court des bassins versants torrentiels;
- Plusieurs communes des Alpes et Pyrénées restent en 2020 non couvertes par les dispositifs d'avertissement (APIC et Vigicrues Flash). La couverture devrait être améliorée en 2021 pour APIC ;
- Recommandation de souscrire à un abonnement auprès d'un prestataire spécialisé dans la prévision des crues ;
- En cas de laves torrentielles, les délais d'anticipation sont généralement trop courts, incompatibles avec une évacuation ;
- Pour certains BV de taille réduite, l'anticipation de crues torrentielles passe forcément par une surveillance attentive des précipitations (temps de réaction du BV potentiellement trop rapide pour se baser uniquement sur la surveillance des niveaux d'eau) ; Nécessité d'une réactivité importante du maire et de ses services et/ou du gestionnaire de camping ;
- Mettre en œuvre des dispositifs locaux de mesure, de surveillance et d'alerte et mettre en place une surveillance en continu en cas de crue ;
- Ne pas négliger l'impact des facteurs aggravants, notamment des flottants ;





## 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 $S_0 < 1-1,5 \%$	Rivière torrentielle $1-1,5 \% < S_0 < 6 \%$		Torrent $S_0 > 6 \%$ (jusqu'à 2-3 % sur les cônes)	
 L'Isère 5700 km <sup>2</sup>	 Le Var 750 km <sup>2</sup>	 La Vésubie 150 km <sup>2</sup>	 Le Bastan 60 km <sup>2</sup>	 St Antoine 1 km <sup>2</sup>
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 h	< 2,5-3 h	< 1-1,5 h	< ½ - 1 h	< qqs min - ¼ h
Surveillance des pluies				
+	++	+++	+++	++
Surveillance des hauteurs d'eau				
++++	+++	++	+	+ / DLT
Surveillances locales (ouvrages, évolutions morphologiques, flottants ...)				
+	++	+++	+++	+++
Ouvrages de protection				
+	++	+++	+++	++++

## BIBLIOGRAPHIE

1. Mission interrégionale "Inondation Arc Méditerranéen" (MIAM), Cerema, Cyprès, ONF-RTM, Syndicat Mixte de l'Argens - *Campings et prévention de risques d'inondation sur l'Arc Méditerranéen – Rapport d'observations de bonnes pratiques et de recommandations à destination des professionnels - juillet 2020* <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/recueil-de-bonnes-pratiques-campings-et-inondation-r2342.html>
2. Y. Quefféléan, S. Unanoa (2015) – *Evaluation du temps de montée des crues torrentielles rapides – ONF/DFRN/DRN – Pôle RTM – MEDDE – DGPR/SRNH/BRNT – 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](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)
3. F. Fontaine, C. Bel, H. Bellot, G. Piton, F. Liébault, et al. *Suivi automatisé des crues à fort transport solide dans les torrents : stratégie de mesure et potentiel des données collectées. Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, Laboratoire EDYTEM, 2017, Monitoring en milieux naturels - Retours d'expériences en terrains difficiles, pp.213-219. fahal-01656535*
4. Arattano M. et Marchi L. (2008). *Systems and Sensors for Debris-flow Monitoring and Warning. Sensors 2008 (8), p. 2436-2452*





# MERCI DE VOTRE ATTENTION



Crue de la Roxelane - Saint Pierre – Martinique - 30 septembre 2017

Source : Youtube