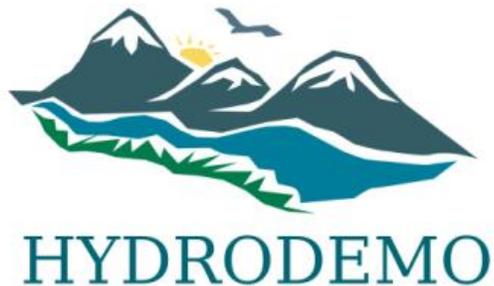


# INRAE

➤ Relier la fourniture sédimentaire aux caractéristiques morphologiques et hydrologiques des bassins versant



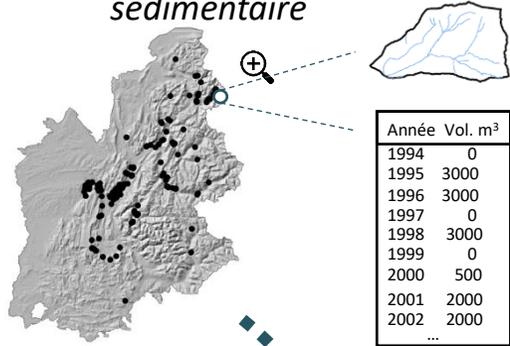
UNION EUROPÉENNE  
Fonds Européen de  
Développement Régional



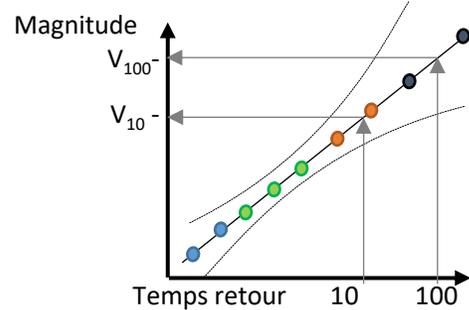
EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

# ➤ Méthodologie générale

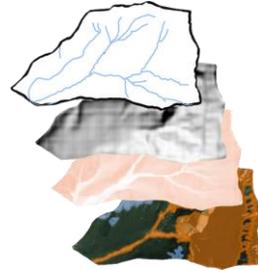
Recueil de données d'apport sédimentaire



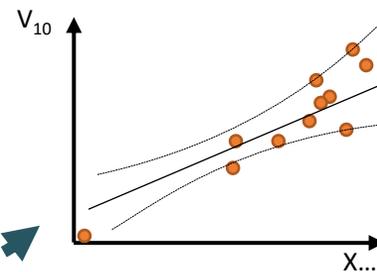
Caractérisation du transport solide de chaque bassin



Caractérisation géomorphologique et hydro-climatique des bassins



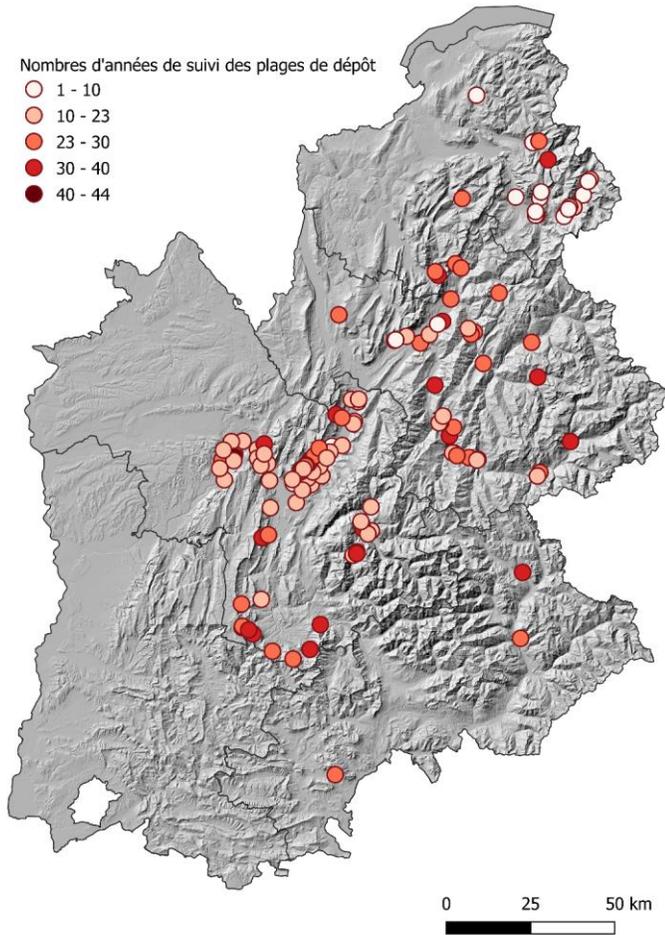
Modélisation statistique  
Volume solide = f(paramètres)



Application de la méthode sur les bassins « METRO »



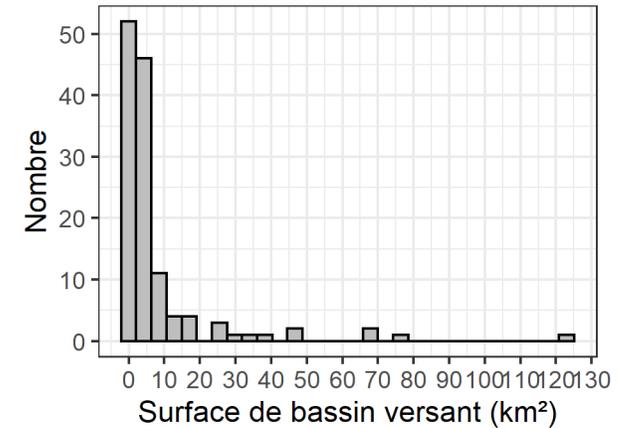
# ➤ Recueil des données



*Localisation des plages de dépôts et durée des chroniques de curage*

## Synthèse des gestionnaires des plages de dépôts

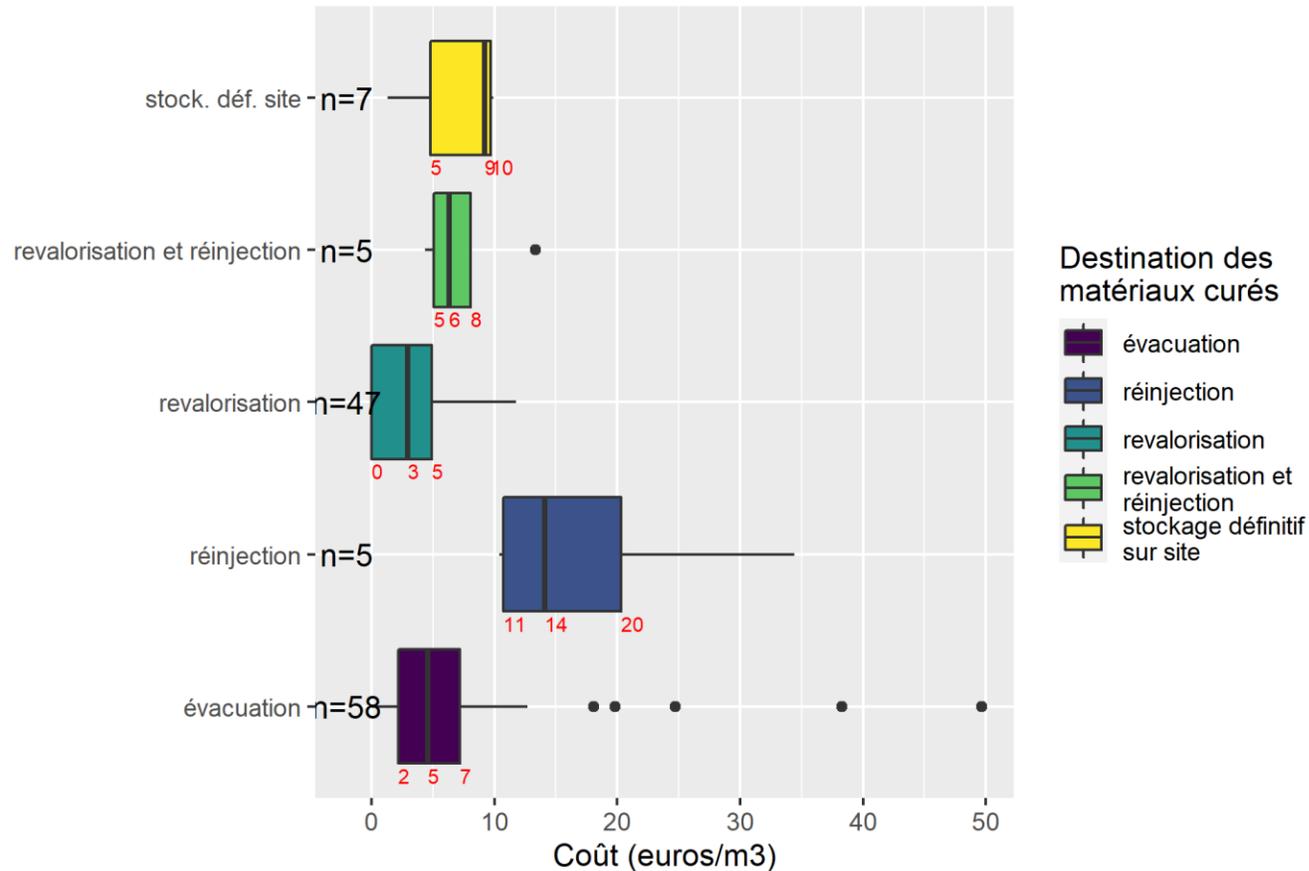
Gestionnaire	Nombre d'ouvrages
SM3A	18
AS	33
RTM (domanial)	45
RTM (communal)	28
RTM (privé)	1
Métropole de Grenoble	4



*Distribution des surfaces des bassins versants étudiés*

## ➤ Analyse des coûts de curage

Coût des curages (curages > 1000m<sup>3</sup>)



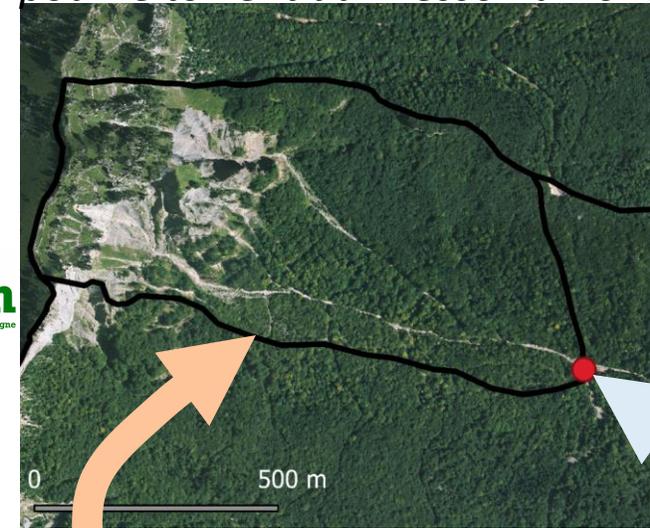
Coût des curages variables selon la destination des matériaux curés.

Coûts des curages des sédiments dans les plages de dépôt  
Sources : données ONF RTM et SM3A

## ➤ Caractérisation des apports sédimentaires dans les bassins

Deux sources de données d'apports solides

- Archives historiques de la BD RTM
- Chronique de curages (gestionnaire)



Création de séries temporelles d'apports sédimentaires pour chaque bassin versant

Estimation des volumes de production

- Volumes moyens annuels
- Volumes extrêmes (ex: période de retour 10 ans, 20 ans, 50 ans...)

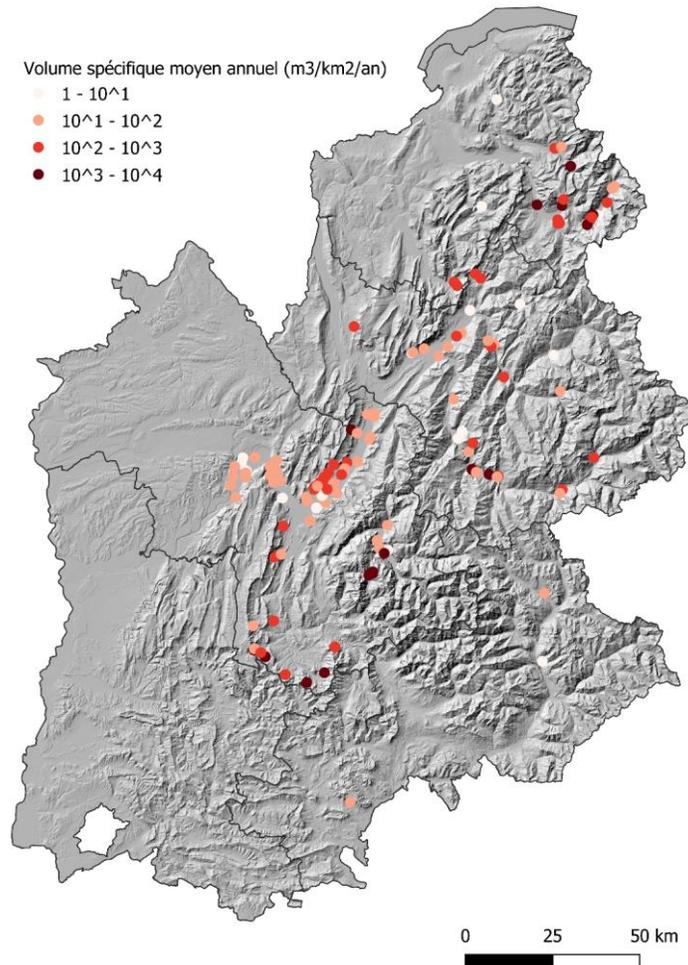
Archives historiques « évènements »

Date	Vol. m <sup>3</sup>	Intensité
16/06/1819	?	3
...		
02/07/1987	700	2
...		
30/06/1990	1000	2
...		
03/08/1998	?	1
...		
10/08/2002	?	2
...		
10/08/2004	?	2
...		
01/06/2008	1500	2
...		
01/07/2016	?	2
...		

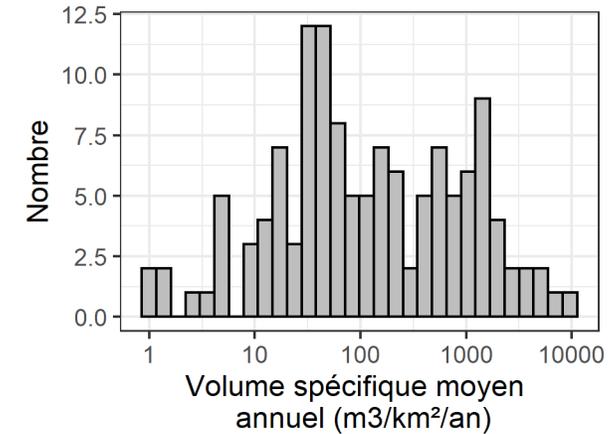
Chronique de curage

Année	Volume m <sup>3</sup>
1987	5700
...	
1994	1500
...	
1998	3000
1999	3000
...	
2002	2000
...	
2004	800
2005	3000
...	
2008	1500
...	
2015	700
...	

## ➤ Caractérisation du transport solide des bassins: Production annuelle moyenne



*Distribution spatiale des volumes spécifiques moyen annuel  
d'export sédimentaire*



*Distribution des volumes spécifiques  
moyen annuel d'export sédimentaire*

Les volumes de productions moyenne ont été estimés

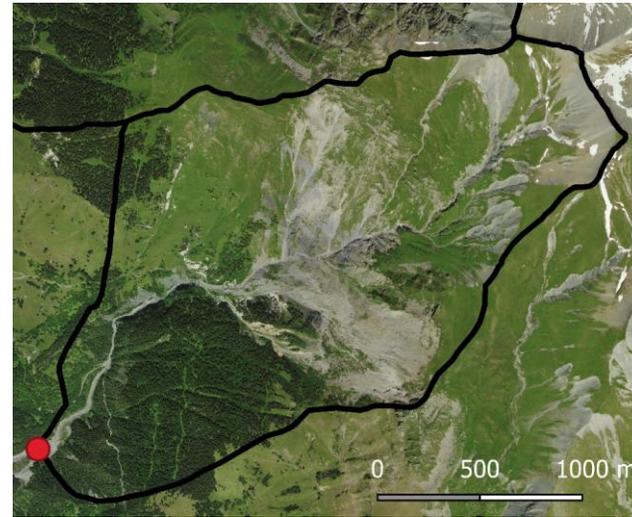
➔ A court terme : estimer le volumes de productions extrêmes (V10, V50, etc...)

# ➤ Descriptions de caractéristiques géomorphologiques des bassins versants

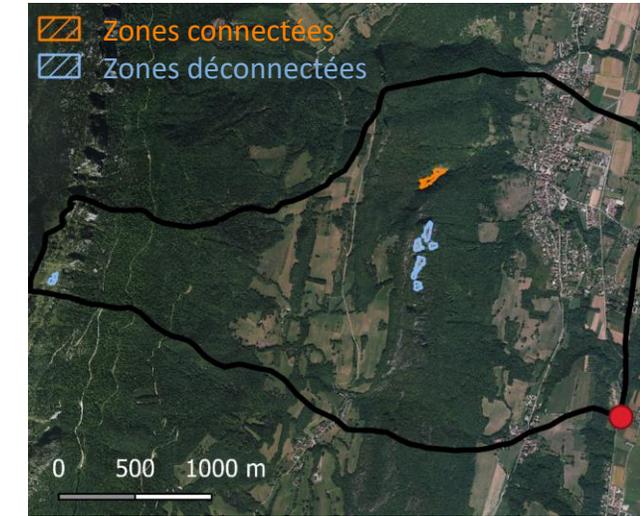
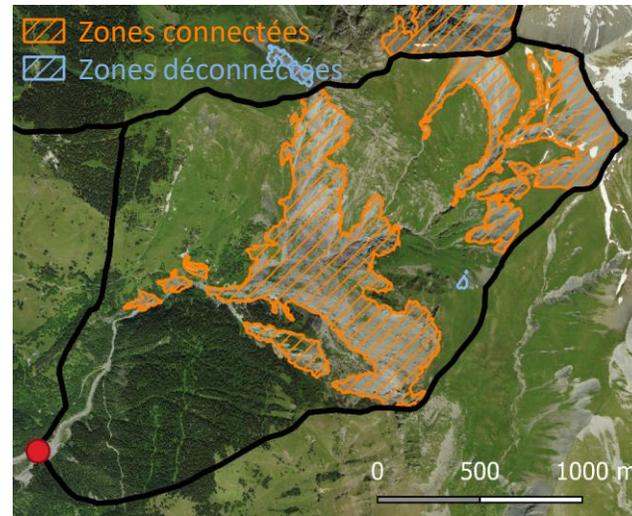
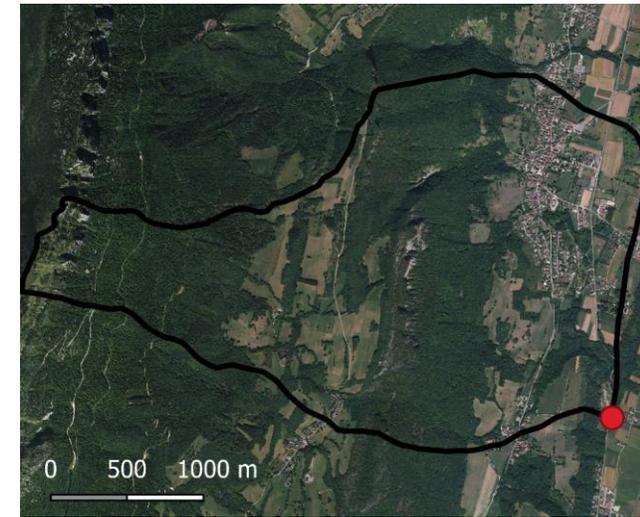
Descriptions des caractéristiques de bassins versants afin d'expliquer les apports solides

- Taux de zones en érosion connectées dans le bassin versant
- Index de connectivité sédimentaire
- Pente du cours d'eau
- Pente du cône de déjection
- Indice de Melton
- Indice géologique

*Torrent la Ravoire*



*Torrent la Maladière*



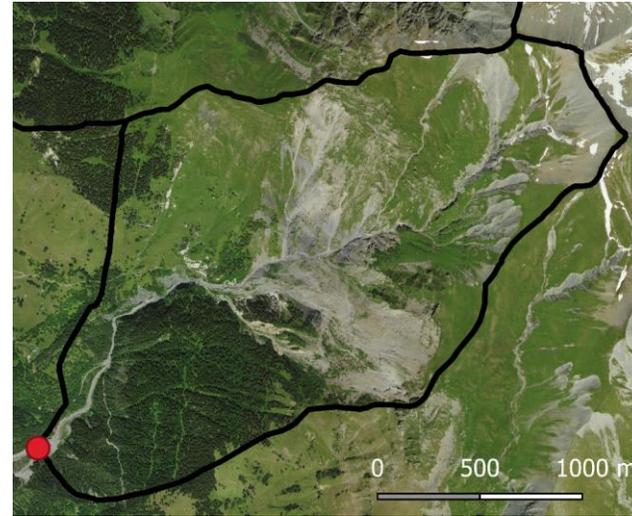
*Délimitation des zones d'érosion dans les bassins versants*

# ➤ Descriptions de caractéristiques géomorphologiques des bassins versants

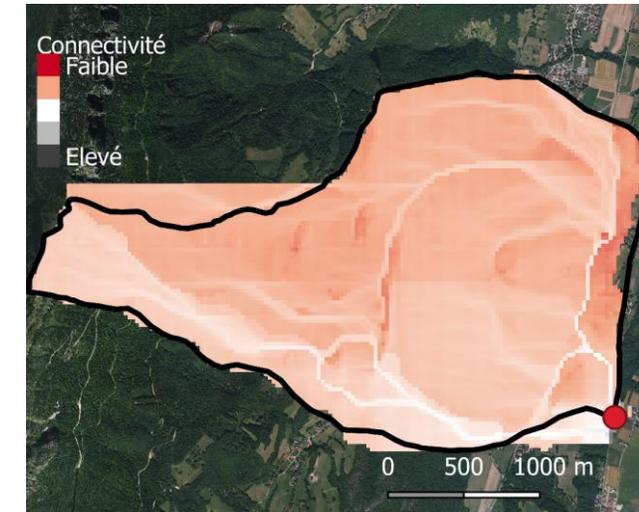
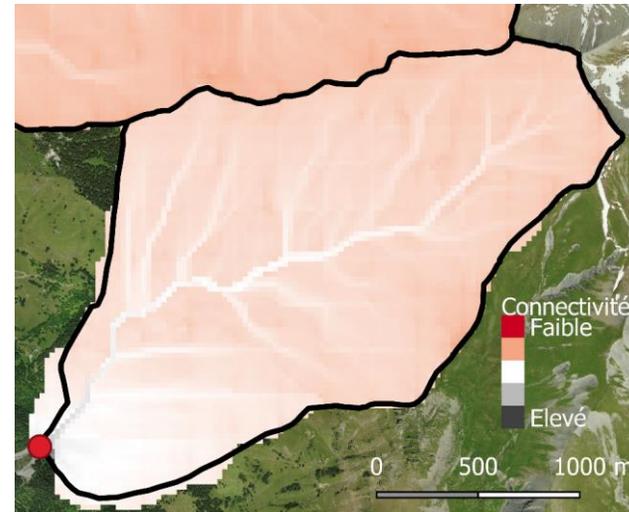
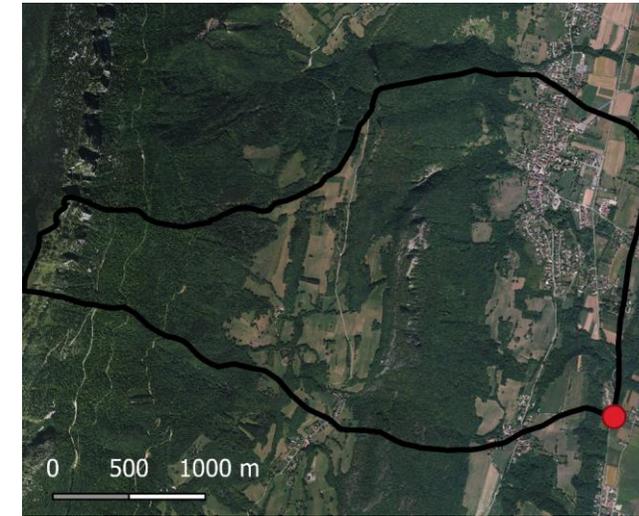
Descriptions des caractéristiques de bassins versants afin d'expliquer les apports solides

- Taux de zones en érosion connectées dans le bassin versant
- **Index de connectivité sédimentaire**
- Pente du cours d'eau
- Pente du cône de déjection
- Indice de Melton
- Indice géologique

*Torrent la Ravoire*



*Torrent la Maladière*



*Index de connectivité sédimentaire (Logiciel SedInConnect, Cavalli et al. 2013, Geomorphology)*

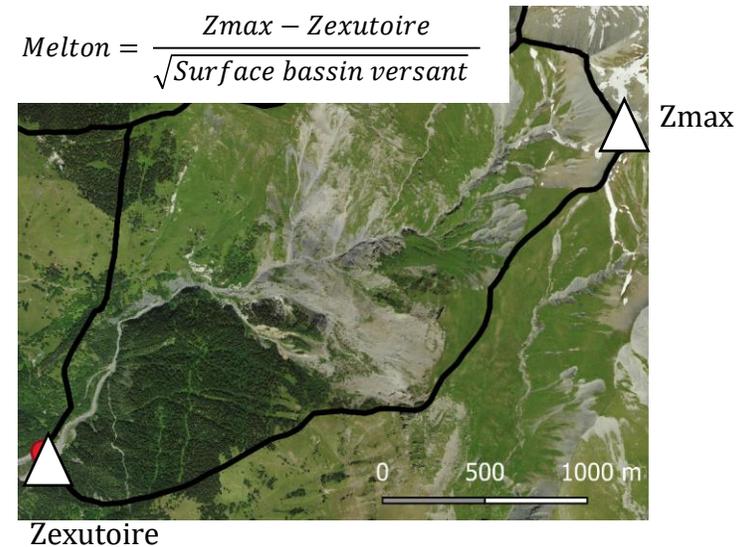
# ➤ Descriptions de caractéristiques géomorphologiques des bassins versants

Descriptions des caractéristiques de bassins versants afin d'expliquer les apports solides

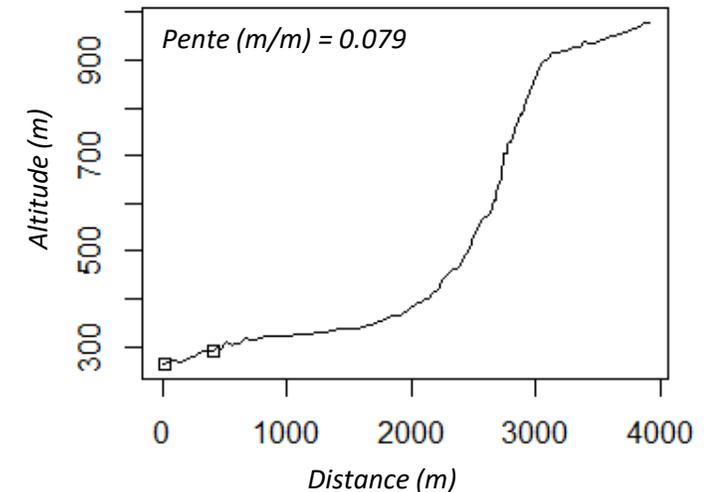
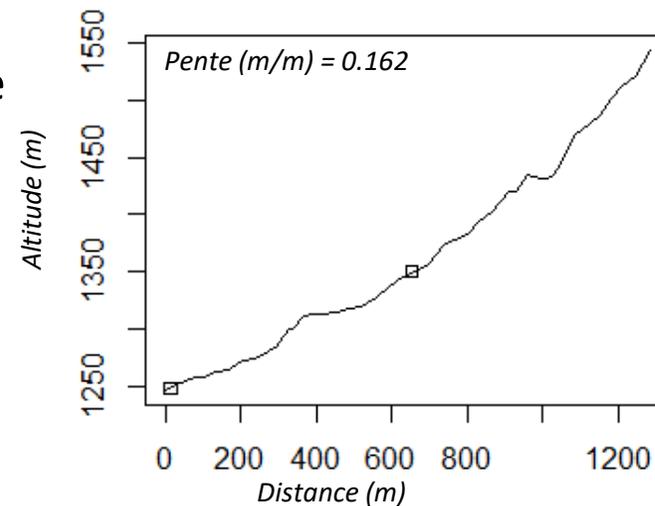
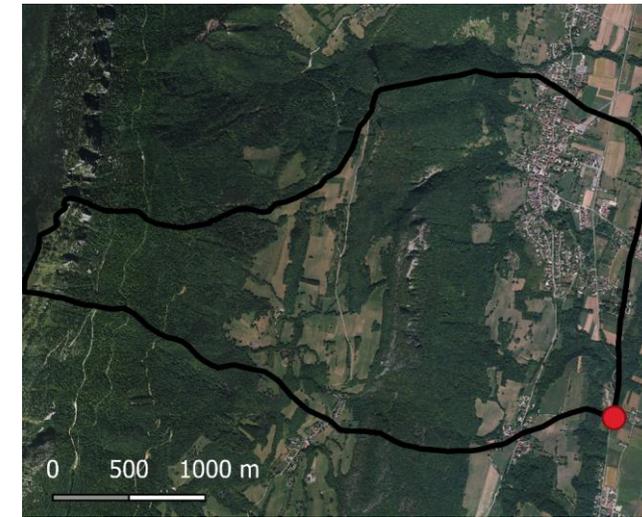
- Taux de zones en érosion connectées dans le bassin versant
- Index de connectivité sédimentaire
- **Pente du cours d'eau**
- **Pente du cône de déjection**
- **Indice de Melton**
- Indice géologique

Torrent la Ravoire

$$\text{Melton} = \frac{Z_{\text{max}} - Z_{\text{exutoire}}}{\sqrt{\text{Surface bassin versant}}}$$



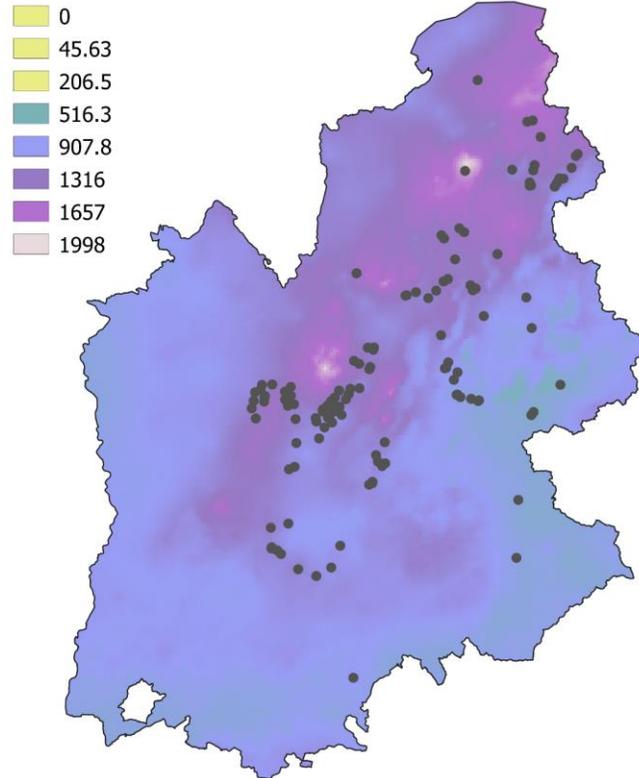
Torrent la Maladière



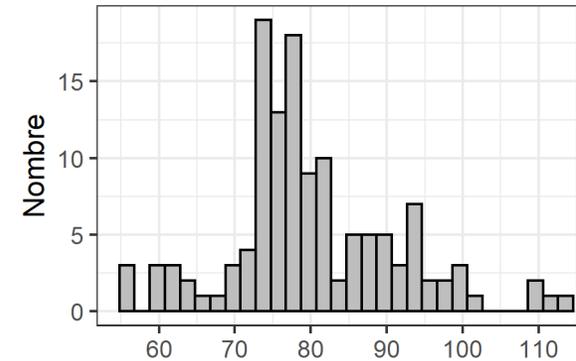
Pente du cours d'eau au droit de la plage de dépôt

## ➤ Caractérisation des indicateurs hydro-météo

Cumul de pluie annuel moyen (mm)



*Cumul annuel moyen des pluies (Comophore)*



Précipitations en 24h pour  
une période de retour 10 ans (mm)

*Distribution des précipitations sur l'ensemble  
des bassins versants*

Données précipitations (Pluies comophore) :

- Pluies max. en 1h, 6h, 24h pour une période de retour 10 ans

Simulations hydrologiques des autres actions HydroDemo  
(cf. travaux d'Alexandre Mas)

# ➤ Typologie des phénomènes torrentiels

## Classification de la littérature

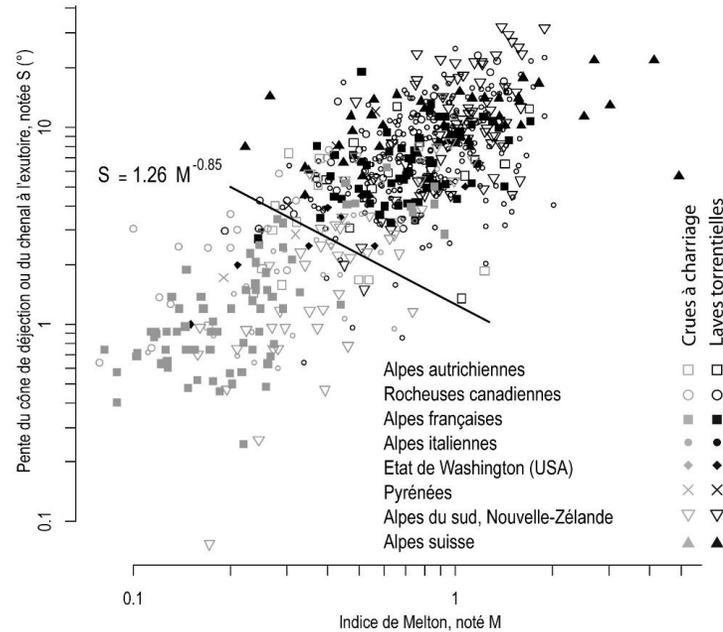
Analyse cartographique:

S: pente du chenal à l'exutoire du bassin versant (sur le cône de déjection)

M: indice de Melton

$$M = \frac{\text{altitude}_{max} - \text{altitude}_{exutoire}}{\sqrt{\text{Surface bassin versant}}}$$

Sur les torrents à charriage en général  $S < 1,26 M^{-0,85}$



Bertrand et al. (2013)

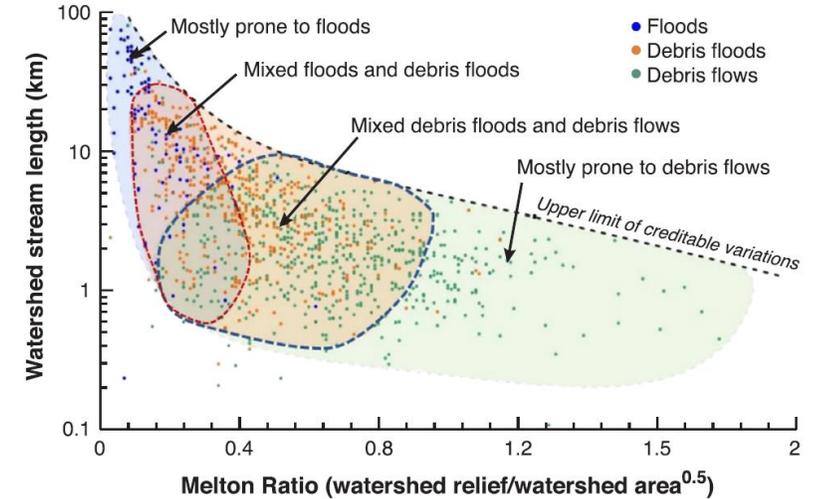


Figure 1. Steep creek processes as a function of Melton ratio and stream length. Data are from fans in Alberta and British Columbia (Holm et al., 2016; Lau, 2017). Process boundaries are approximate and have been delineated by eye. As indicated the data clouds overlap, which is intentional, as there are many hybrid watersheds where floods and debris floods, or debris floods and debris flows may occur at different frequencies and magnitudes.

Church & Jakob (2020)

Par ex : torrents à laves VS torrents à charriage



## ➤ Analyses statistiques multivariées : Random forest

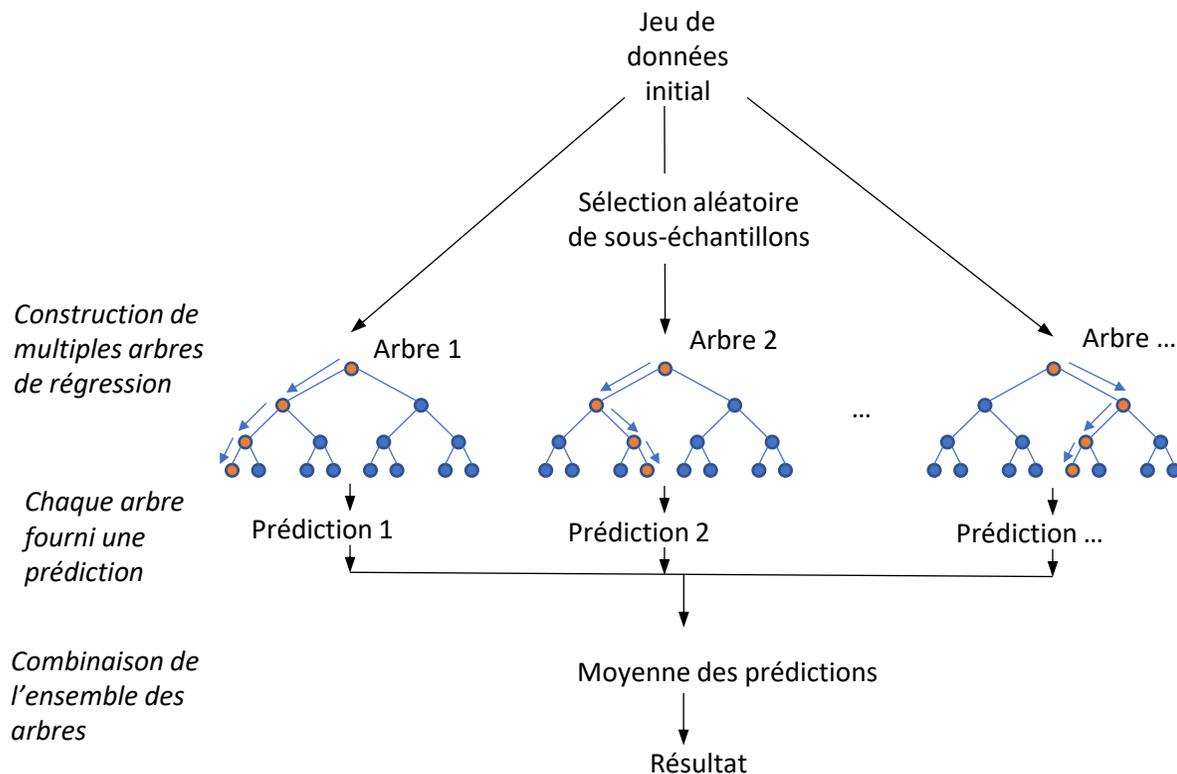


Illustration simplifiée de la méthode des forêts aléatoires

Analyser les relations entre les volumes et les caractéristiques géomorphologiques et hydro-climatiques

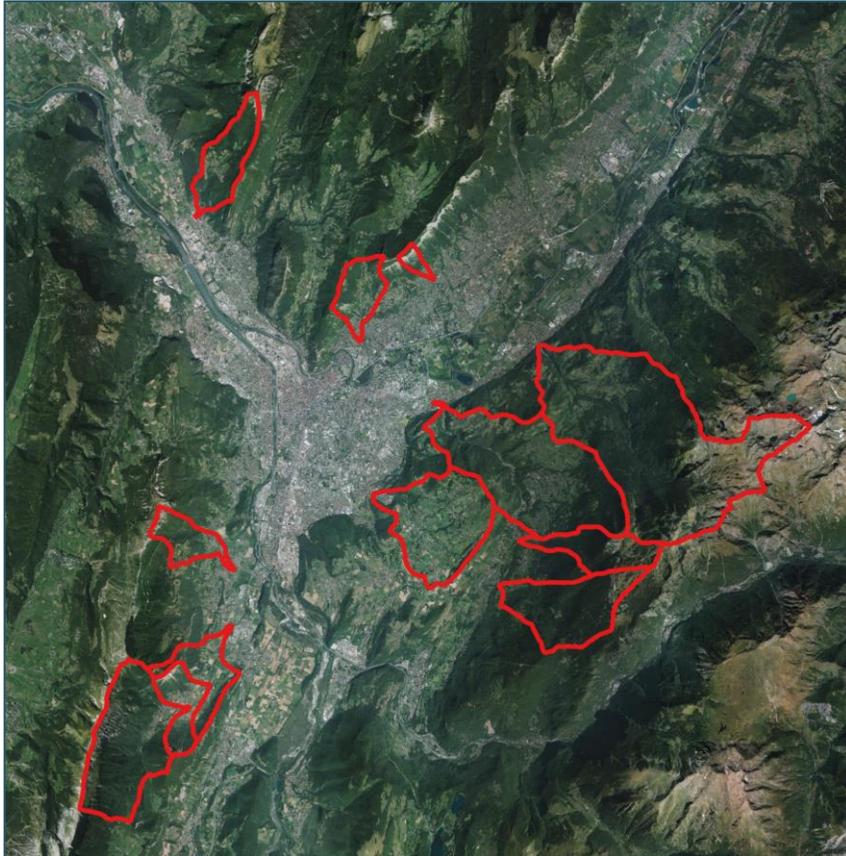
Par ex :  $V_{10} = f(S_{bv}, S_{active}, Pente, Melton, Indice Connectivité, pluie, \dots)$

Sélection des variables les plus pertinentes

Développer des modèles prédictifs

Test et évaluation de la performances des modèles

## ➤ Localisation des bassins versant METRO



*Localisation des bassins versants « METRO »*

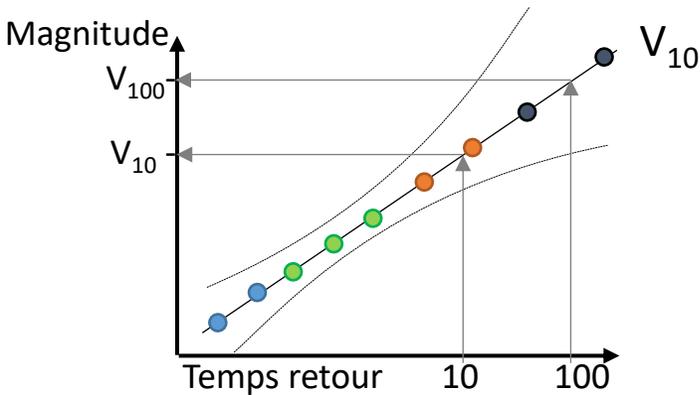
Application de la méthode sur une sélection de bassins versants dans le territoire de la METRO :

- Caractérisation géomorphologique et hydro-météo des bassins
- Prédiction des volumes de production

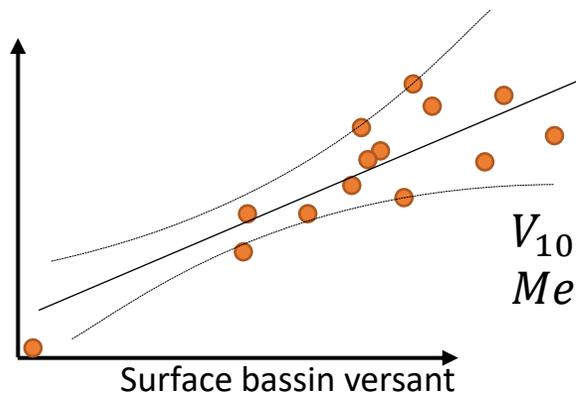
## ➤ Suite du programme sur Action 3

Caractériser l'activité de transport solide

∀ bassin



Ensemble des bassins

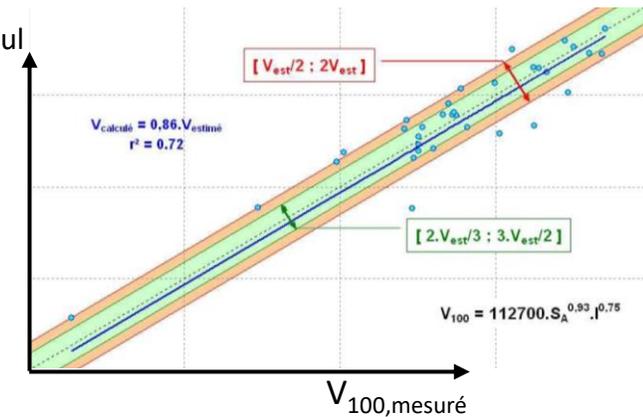


Ajustement (random forest)  $V_{100,calcul}$

$$V_{10} = f(S_{bv}, S_{active}, Pente, Melton, Indice Connectivité, pluie, \dots)$$

Analyse des résidus

$V_{prédit}$  VS  $V_{mesuré}$



Peteuil (2010)

1. Ajustement des volumes solides par chaque bassin, éventuellement incluant données Fiches Evènements BD RTM
2. Démonstration des corrélations majeures (surface de bassin versant, Melton, laves VS charriage)
3. Ajustement de formules empiriques Volume solide = f(paramètres)
4. Etude des résidus entre Volume prédit et Volume mesuré
5. Application de la méthode à une dizaine de bassins versants sélectionnés par la METRO en début de projet