

Contexte

- L'Arve est une rivière alpine constituant la principale source de matières en suspension (MES) du Rhône genevois.
- Problématique:** accumulation de ~35 000 m³/an de sédiments dans la retenue de Verbois (SIG) → protocole d'accompagnement des crues d'Arve par le Léman déclenché dès Q > 200 m³/s pour limiter l'envasement → nécessité de critères prédictifs de charge en MES.

Objectifs

- Analyser les dynamiques de production de MES sur le bassin versant de l'Arve,
- Identifier les zones les plus contributrices et mettre en place des critères prédictifs



≈ 500 000 tonnes/an de MES dans le Rhône



Crues = ~ 34 % du flux annuel de MES

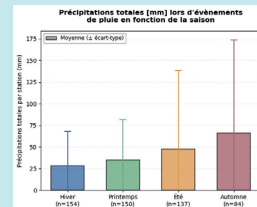
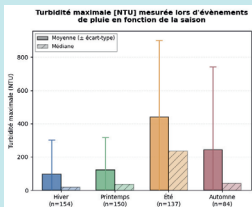
L'Arve

- Source dans le **massif de Balme** (~2 000 m) → s'écoule sur 119 km avant de rejoindre le **Rhône** à Genève, draine un bassin versant de ~2 064 km² à **forte hétérogénéité topographique**.
- Réseau hydrographique : **437 torrents et rivières** (~1 400 km), structuré autour des vallées de l'Arve, du Giffre, du Borne, de la Menoge et du Foron.
- Régime hydrologique **glacio-nival en amont** (étiage hivernal, hautes eaux estivales de mai à septembre) évoluant vers un régime **nivo-pluvial en aval**, avec une couverture glaciaire de 121 km² en tête de bassin.
- En amont, l'Arve présente un **lit torrentiel** à forte pente et dynamique de transport solide élevée ; en aval de Cluses (pente < 1%), la morphologie évolue vers des **bancs de graviers** et des zones alluviales urbanisées.



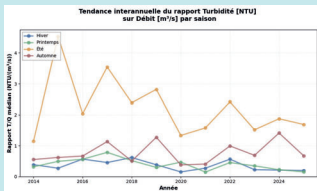
Jonction Rhône (gauche) et Arve (droite)

Variabilité saisonnière



- Turbidité estivale ~4x plus élevée** qu'en hiver (440 vs 100 NTU en moyenne) malgré des précipitations similaires → **Fonte glaciaire estivale et orages**.

- Forte asymétrie** moyenne/médiane en été → événements extrêmes ponctuels dominants.



- Rapport T/Q estival 5x supérieur** à l'hiver et au printemps → plus de turbidité générée par unité de débit, forte variabilité interannuelle.

- Ratio intermédiaire en automne, variabilité élevée.
- Hiver et printemps présentent les ratios les plus faibles et stables → le débit dilue efficacement la charge sédimentaire.



Source de l'Arve dans le massif du Mont-Blanc

Le Giffre

Affluent identifié comme le principal contributeur en MES dans l'Arve à partir :

- de la littérature scientifique
- des observations de terrain
- et de l'analyse QGIS

- Lors de l'excursion, le Giffre présentait :
- le lit majeur le plus large,
 - d'importants dépôts sédimentaires,
 - et des signes d'activité torrentielle et de laves torrentielles.



Photo du lit majeur du Giffre

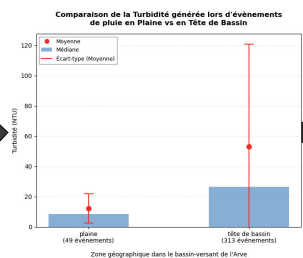


Les zones nues du Haut-Giffre c'est **73.16 %** de géologies érodables (Roches tendres et dépôts meubles) contre **43.82 %** pour l'Arve.

Le **Haut-Giffre** combine : fortes pentes, zones peu végétalisées, matériaux meubles, et forte connectivité hydrologique.



Le Giffre c'est ≈ 18 000 m³/an de sédiments ≈ 2/3 des sédiments de l'Arve



Les précipitations en altitude pilotent la réponse turbide de l'Arve

Les Gets, Samoëns et Les Roches : stations de monitoring prioritaires.

Conclusion

- Les épisodes de pluie en tête de bassin génèrent une turbidité médiane ~4x supérieure à la plaine (Mann-Whitney, p < 0.05), l'analyse spatiale confirme le rôle prépondérant du Haut-Giffre comme principal réservoir sédimentaire du bassin.
- Forte saisonnalité du rapport T/Q : l'été domine (~5x supérieur à l'hiver), avec une variabilité interannuelle marquée; l'automne se distingue par une efficacité sédimentaire élevée liée à la saturation des sols.

Les crues d'été du Haut-Giffre sont vraisemblablement les principales sources de MES de l'Arve et constituent un enjeu majeur pour la gestion de Verbois par SIG.

⚠️ À plus long terme, le recul glaciaire lié au changement climatique devrait modifier la dynamique des MES, avec une baisse estimée d'environ ~40% des débits estivaux d'ici 2100 dans le massif du Mont-Blanc et l'apparition de nouvelles zones proglaciaires érodables.

Encadrant EPFL: Mirko Musa
Superviseurs SIG: Charlotte Girard et Nicolas Michon