

Activité 3.1 : Poursuite des études liées à la tempête Alex
Attività 3.1 : Continuazione degli studi relativi alla tempesta Alex



Livrables 3.1.1, 3.1.2 et 3.1.3
N. Viaux, D. Fox, M. Chapuis

Activité 3.1 : Poursuite des études liées à la tempête Alex

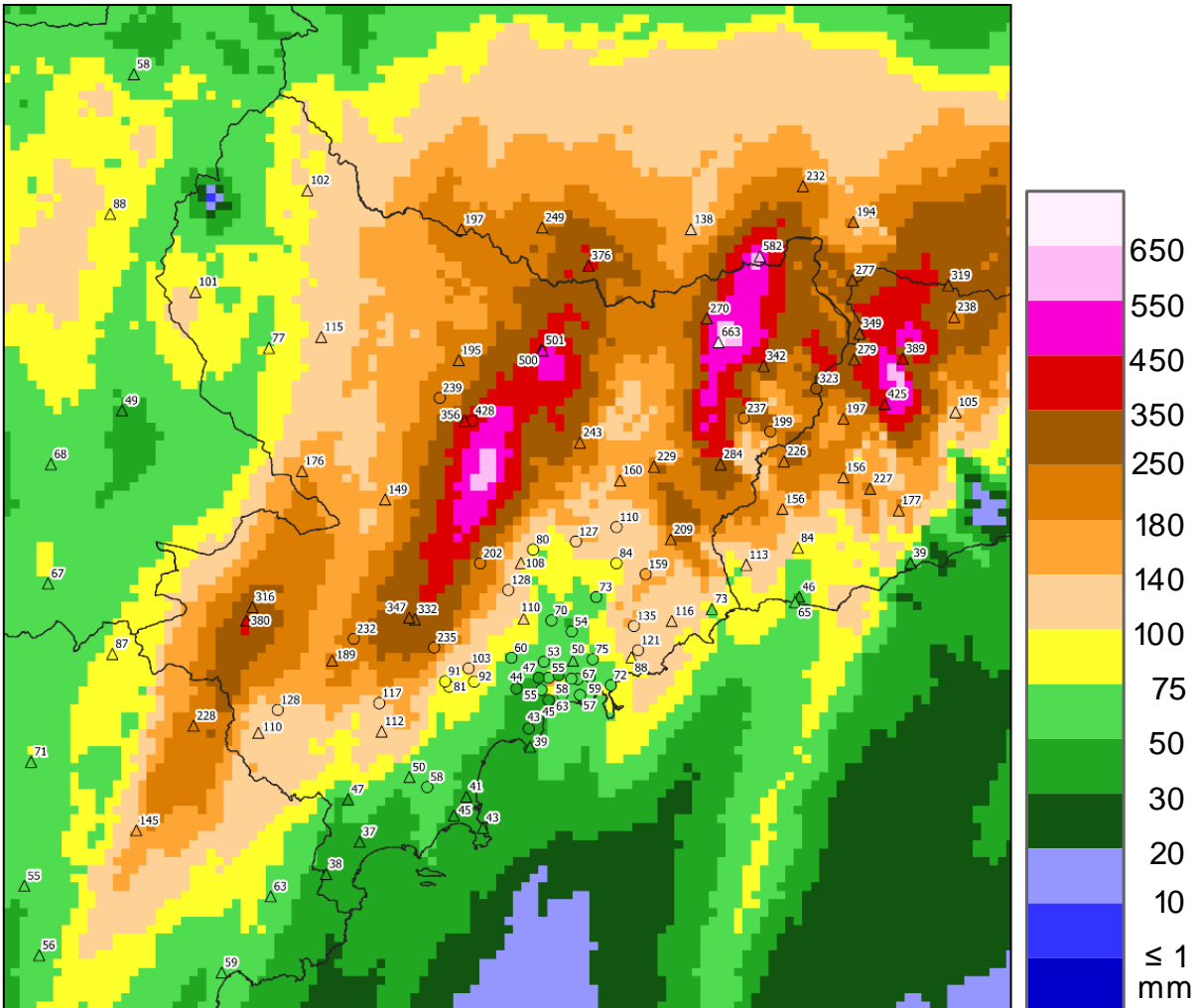
Attività 3.1 : Continuazione degli studi relativi alla tempesta Alex

Cartographie des cumuls de pluie dans la vallée lors de la tempête Alex

Mappatura della precipitazione accumulata in valle durante la tempesta Alex



Livrable 3.1.1
N. VIAUX



Cartographie des cumuls de pluie dans la vallée lors de la tempête Alex

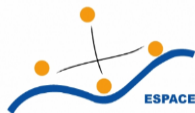
Présence de plusieurs corridors de pluie. L'un d'eux se situe au-dessus de la Roya, spécifiquement sur la partie française avec un maximum de 663,2 mm à la station EDF des Mesches (record en France métropolitaine en 24h), dont 577,5 mm en 12h.

Accumulation de pluie en 24 h à partir d'ANTILOPE réanalysé entre 06:00 UTC le 02 octobre 2020 et 06:00 UTC le 03 octobre 2020. Les étiquettes montrent les accumulations mesurées par les pluviomètres.

Activité 3.1 : Poursuite des études liées à la tempête Alex
Attività 3.1 : Continuazione degli studi relativi alla tempesta Alex

Modélisations hydrologiques des débits de la Roya en France-Italie

Modellazione idrologica delle portate del Roia in Francia-Italia



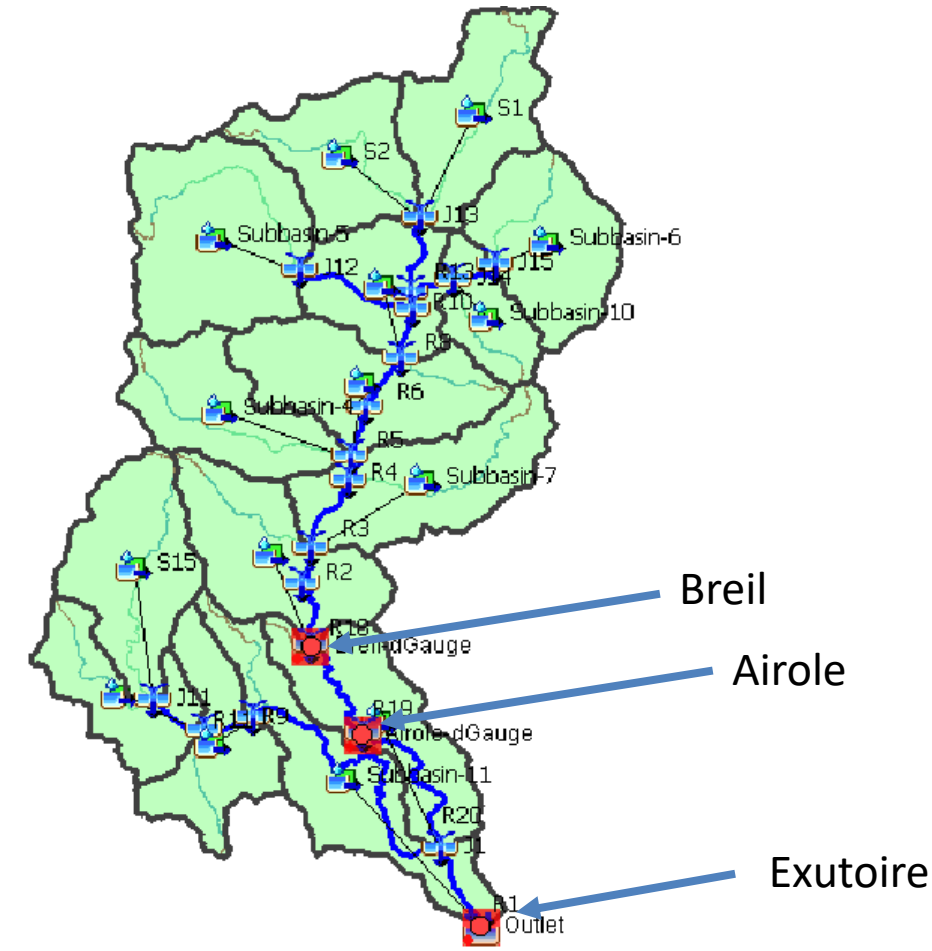
Livrable 3.1.3
D. FOX, M. ATIQ

3.1 Simulation hydrologique HEC-HMS

Facteurs les plus sensibles durant les étapes de calibration et de validation: **coefficients de Muskingum et le SCS CN**

Performance évaluée par **le R² et le NSE**

Résultats variables selon les événements: **moyens pour événements de 2014 et 2024, bons pour 2016**

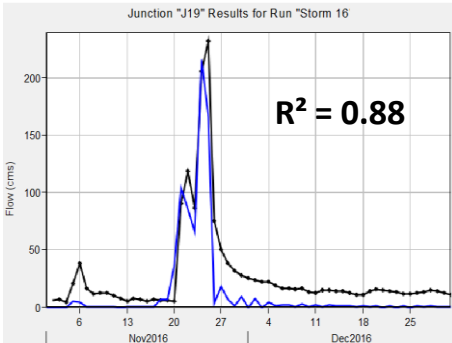
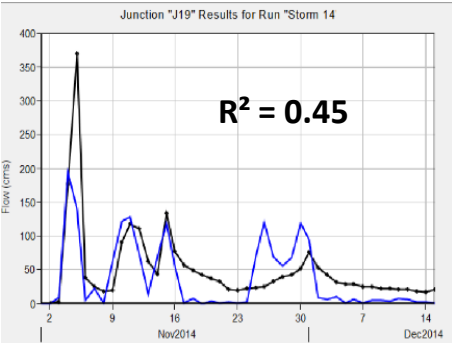


2014

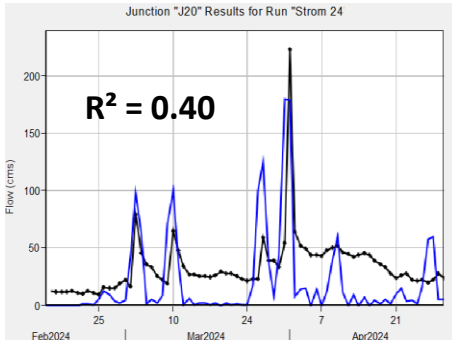
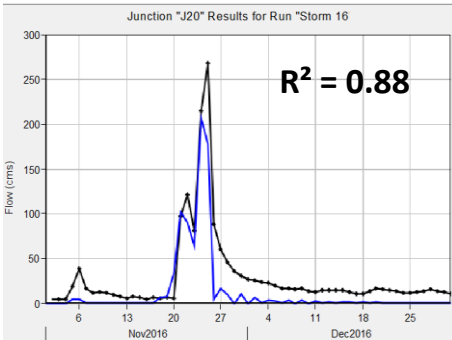
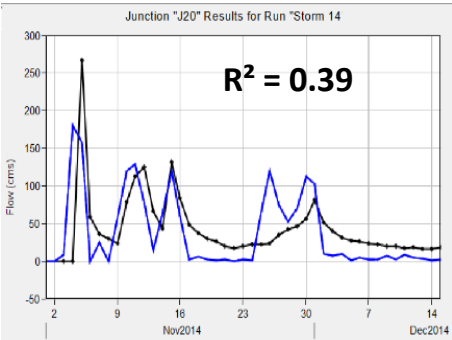
2016

2024

Breil



Airole



Trasporto sedimentario nel Roia: scambio di esperienze dopo 7 anni di monitoraggio e modellazione dei flussi sedimentari nel contesto di cambiamento climatico

Transport sédimentaire en Roya: retour d'expérience de 7 années de suivi et modélisation des flux en contexte de changement climatique

Livrable 3.1.3

M. CHAPUIS, <https://cv.hal.science/margot-chapuis>

C. Adnès, M. Banitalebi, S. Cadet-Marthe,
D. Fox, F. Lombard, M. Weiland



Finanziamenti:



This work was supported by the French government through the France 2030 investment plan managed by the National Research Agency (ANR), as part of the Initiative of Excellence Université Côte d'Azur under reference number ANR-15-IDEX-01



A. Caratteristiche geografiche

- Un fiume sotto influenza alpina e mediterranea
 - Fisiografia:
 - Pendii ripidi
 - Suoli poco spessi
 - Copertura vegetale densa ma che copre poco
 - Clima → idrologia:
 - Variabilità infra-annuale delle portate: $\times 10^3$
 - Piene molto veloci
 - Regime torrentizio
 - Morfodinamica:
 - Sedimenti grossolani ($D_{50}=45-90\text{mm}$)
 - Fornitura sedimentaria importante e forte connettività dei versanti all'alveo
 - Forte mobilità dell'alveo

Focia del Roia a Ventimiglia



La Nervia a Dolceacqua



A. Caratteristiche geografiche

- Un fiume sotto influenza alpina e mediterranea
 - Attività umane:
 - Cambio storico dell'uso del suolo
 - Occupazione densa del fondo valle
 - Impianti idroelettrici



Impianti idroelettrici a Paganin (Roia, Francia)

Confluenza Var / Esteron
nel 1945 e nel 2002



© Conseil Général des Alpes-Maritimes
Parc naturel départemental des Rives du Var

C. Obiettivi

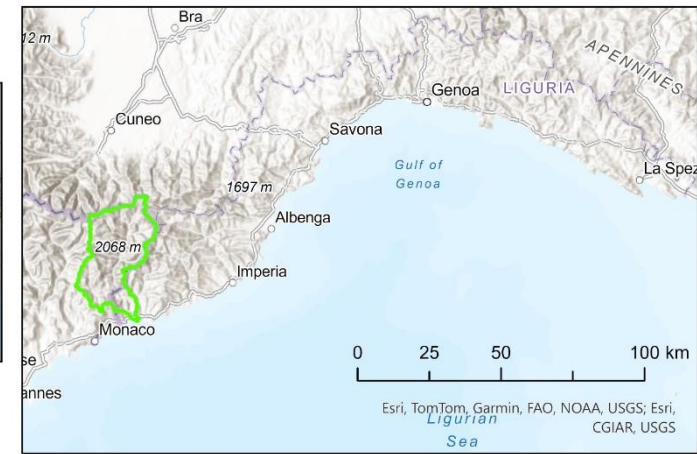
- Dinamica sedimentaria dei letti di frega delle trote
- Monitoraggio dei flussi sedimentari
- Dinamiche di vegetazione sui versanti in relazione col trasporto sedimentario

Riviera Méditerranéenne

La Roya



M. Chapuis, Jan. 2024.



1/ La dinamica sedimentaria dei letti di frega delle trote è legata alla gestione degli impianti idroelettrici o/e alle piene «naturali»?

Chapuis *et al.*, 2022a
Chapuis *et al.*, 2022b
Chapuis and Adnès, 2023
Chapuis and Adnès, 2024
Chapuis, *submit.*

2/ Come reagisce il fiume dopo la piena di periodo di ritorno >1000 anni del 2020? Quali sono le conseguenze del cambiamento climatico sulla dinamica dei sedimenti nel bacino idrografico?

3/ Qual'è l'effetto dei cambiamenti di uso del suolo sulla fornitura sedimentaria in una prospettiva storica?

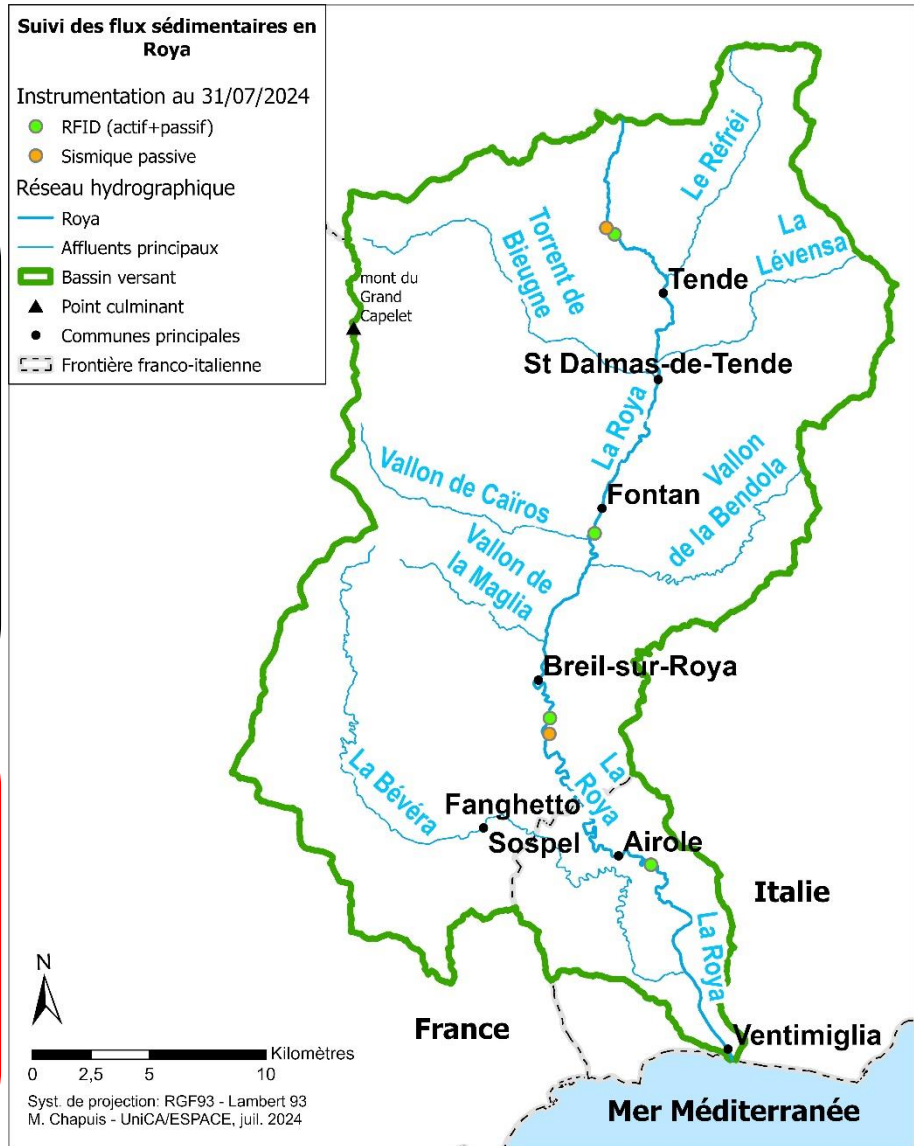
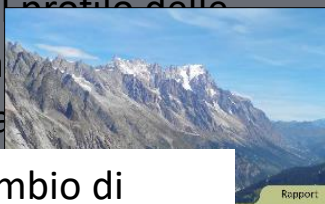
D. Metodologia

Monitoraggio 2016-2024

Obiettivo	Protocollo
Caratterizzare l'evoluzione storica del bacino	Ricalibrazione del profilo delle Grandi Forze Idrauliche e estrazione semi-automatica
Quantificare i flussi sedimentari nell'alveo	Tracciamento sedimentario tramite RFID passiva e attiva, sismica passiva
Connettività sedimentaria (scala del bacino)	Modellazione concettuale

ONF-RTM *et al.*, 2023. Scambio di esperienze tecnico della piena del 2 ottobre 2020 nella valle del Roia – Parte torrentizia.

<https://doi.org/10.57745/B69M2O>



D. Metodologia

- Monitoraggio 2016-2024
- Varie scale spaziali e temporali → vari strumenti provenienti da diverse discipline

Strumentazione di campo:
tracciamento sedimentario
tramite RFID, sismica passiva,
topografia, prelievi...



Liébault et al., 2012

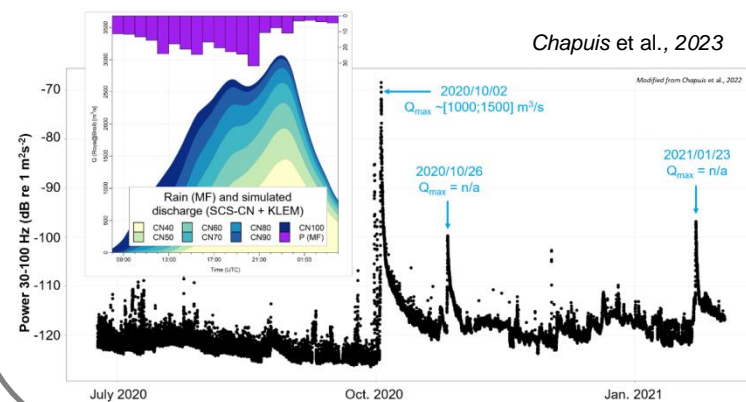
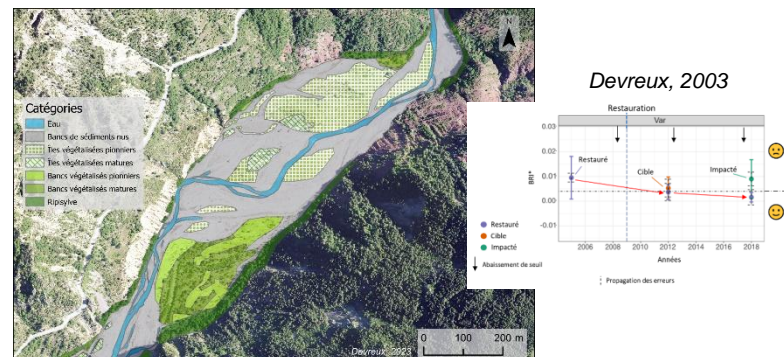


Arbousset, 23/06/2020



Pertus, 20/03/2018

Programmazione,
modellazione, GIS

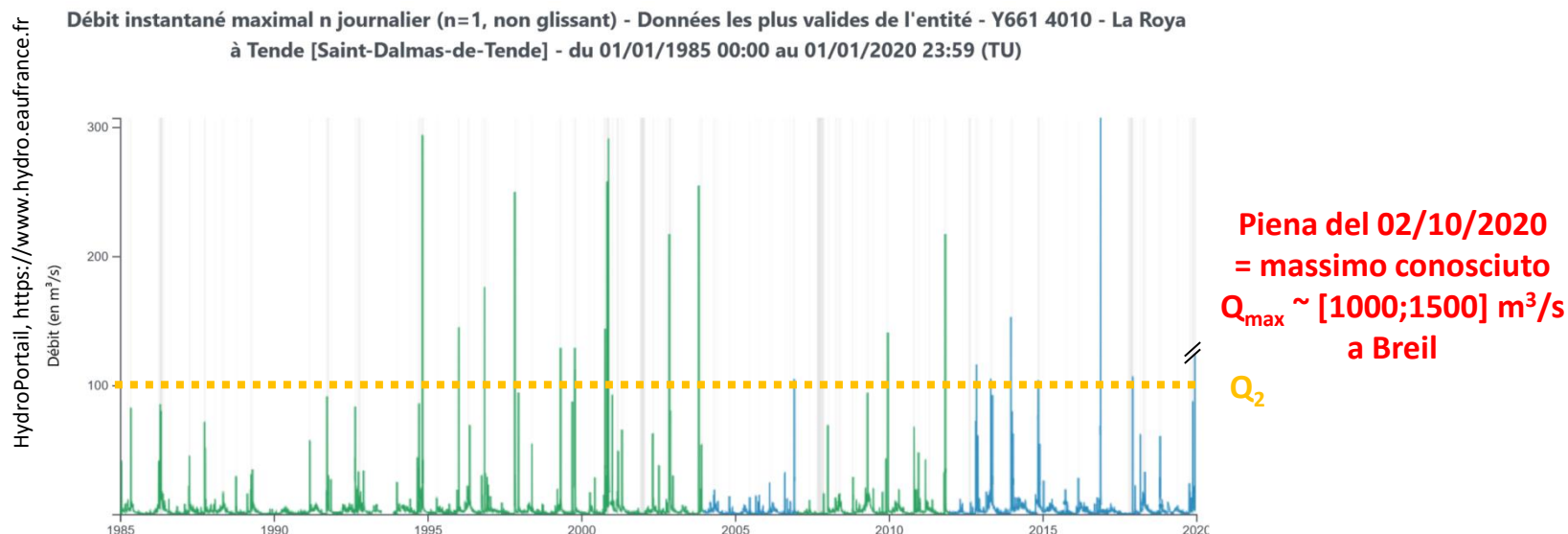


D. Metodologia

- Un idrologia con tanti contrasti: il regime mediterraneo genera piene velocissimi e magre marcate
- Una piena di **periodo di ritorno > 1000 anni** il 02 ott. 2020 = massimo conosciuto

Bibliografia

- CEREMA, 2021. Rapport technique sur la crue du 02 oct. 2020. Expertise hydrologique.
- Brigode *et al.*, 2021. *LHB*, Taylor & Francis, DOI: [10.1080/27678490.2021.1976600](https://doi.org/10.1080/27678490.2021.1976600)
- Payrastre *et al.*, 2022. *LHB*, Taylor & Francis, DOI: [10.1080/27678490.2022.2082891](https://doi.org/10.1080/27678490.2022.2082891)



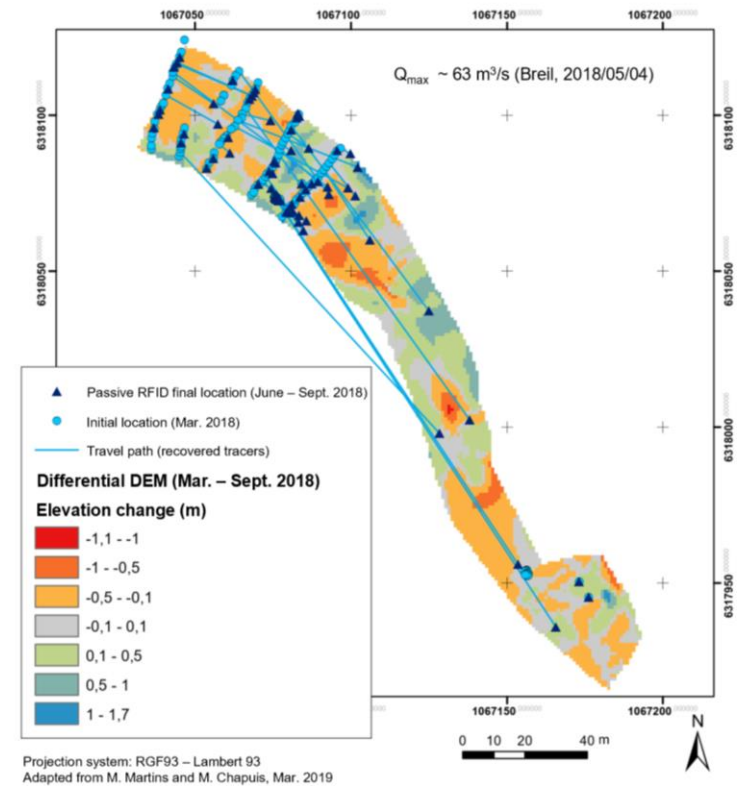
Portata istantanea massima a San Dalmasso-di-Tenda (1985-2020)

E. Risultati

- Dinamica sedimentaria dei letti di frega delle trote



Fig.2. Passive RFID tracking at Lamberta bridge for trout habitat dynamics monitoring



Chapuis *et al.*, 2023

E. Risultati

▪ Dinamica sedimentaria dei letti di frega delle trote

Anno	Località	Sequenza di sistemazione	Num. di traccianti sistemati	Num. di traccianti ritrovati al 06/06/2019	Rendimento al 06/06/2019 (%)	Distanza massima (m)
2018	Fontan/Ambo	GSD totale	81	-	-	-
		Frayère	53	-	-	-
	Pertus	GSD totale	78	38	49	89
		Frayère	100	3	3	118
Airole/Lamberta	GSD totale	102	56	55	171	
	Frayère	99	48	48	14	
2019	Fontan/Ambo	GSD totale	27	-	-	-
		Frayère	-	-	-	-
	Pertus	GSD totale	27	17	63	166
		Frayère	101	1	1	8
	Airole/Lamberta	GSD totale	25	-	-	-
		Frayère	100	-	-	-

- Mobilità intensa dei sedimenti ($\emptyset \sim \leq 512$ mm), anche per piccole piene ($< Q_2$) prima della tempesta Alex del 02/10/2020
- I sedimenti che costituiscono i letti di frega sono frequentemente mobilizzati ($\emptyset < 64$ mm)
- La mobilità dei sedimenti è diretta dai grossi blocchi ereditati dall'attività ghiacciale durante periodi antichi, e dalle macroforme dell'alveo.

E. Risultati

- Monitoraggio dei flussi sedimentari

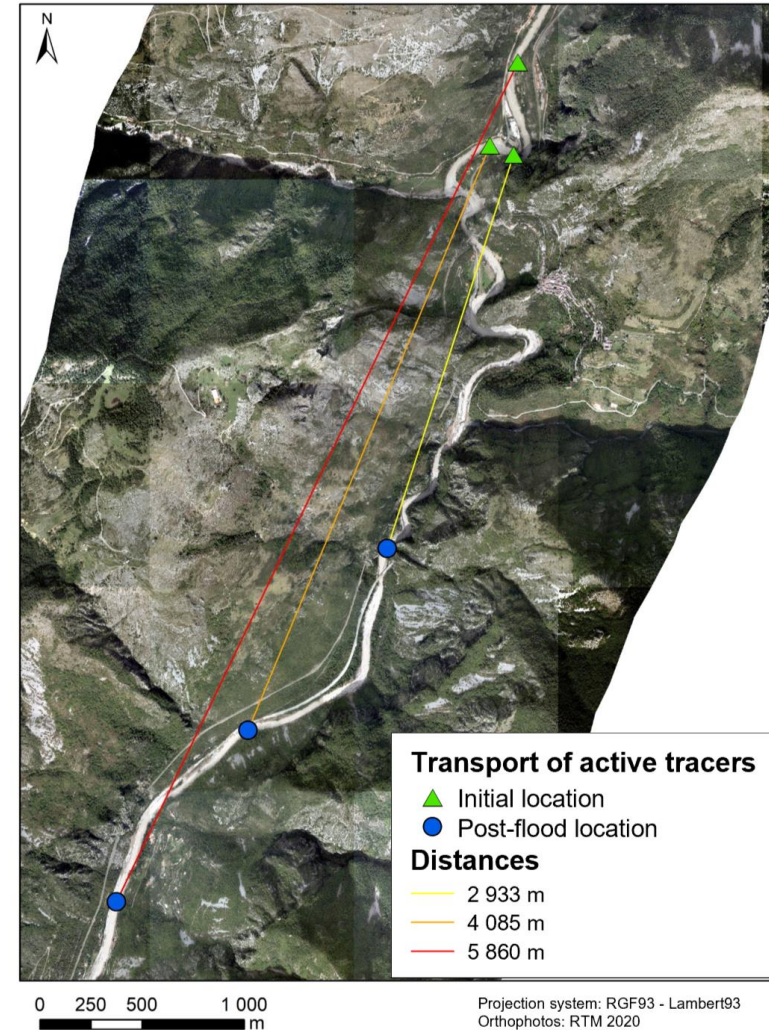
02 ottobre 2020

Precipitazioni con periodo di ritorno ≥ 1000 anni

→ Piena con periodo di ritorno ~ 1000 anni sulla parte francese

→ metamorfosi fluviale: alveo con un unico canale d'acqua → canali intrecciati

Liébault *et al.*, 2024



E. Risultati

- Monitoraggio dei flussi sedimentari

Aumento della mobilità dei sedimenti grossolani dopo la tempesta Alex, in seguito alla metamorfosi fluviale che ha rotto il pavimento dell'alveo

02 ottobre 2020

Precipitazioni con periodo di ritorno ≥ 1000 anni

→ Piena con periodo di ritorno ~ 1000 anni sulla parte francese

→ metamorfosi fluviale: alveo con un unico canale d'acqua → canali intrecciati



Liébault *et al.*, 2024

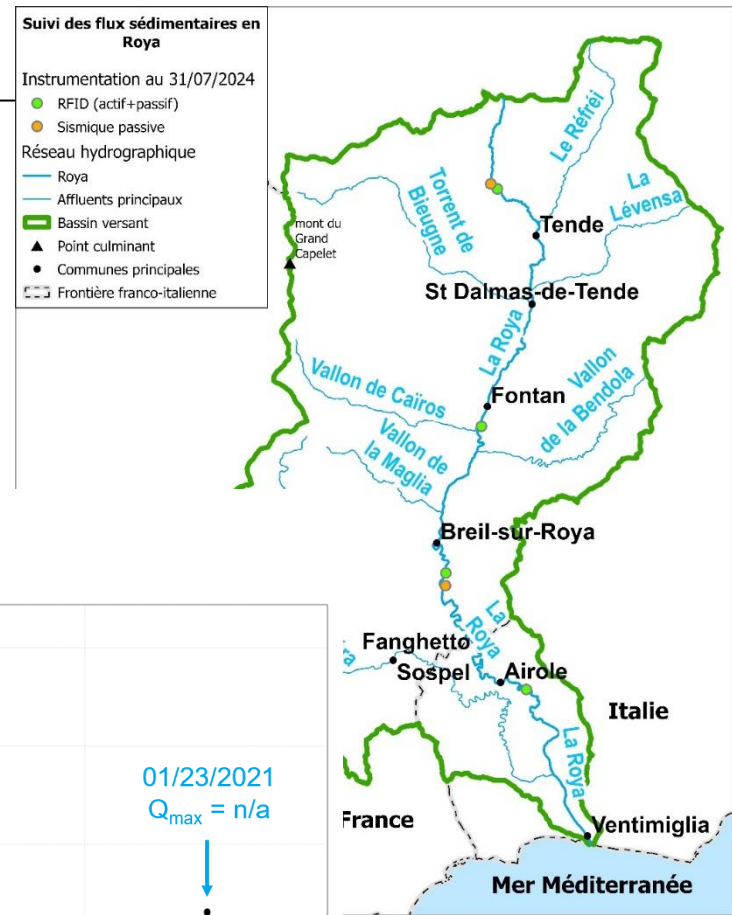
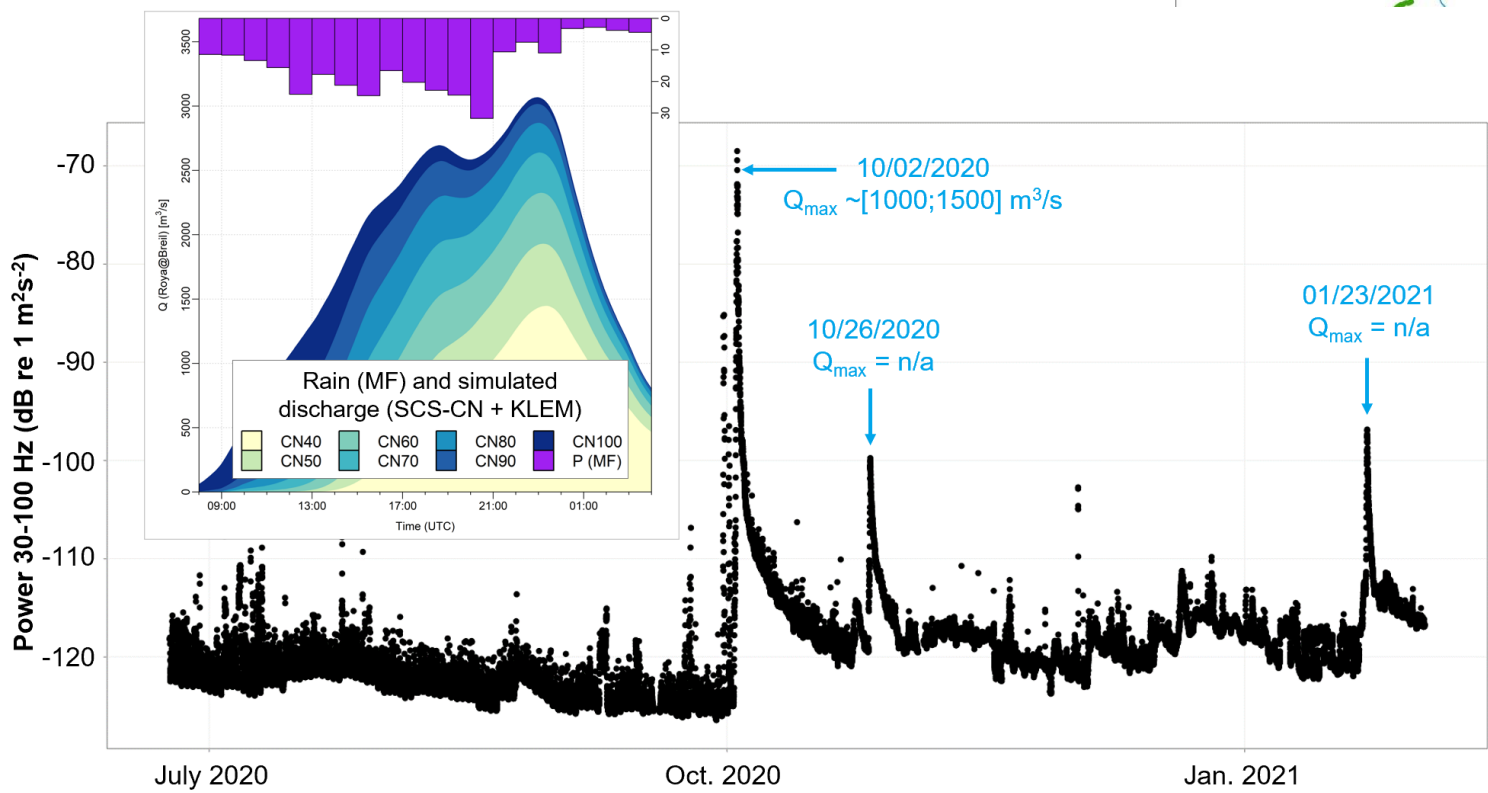
Anno	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Q_{\max} a Breil (m ³ /s)	133	140	[1000 ;1500]	9*	11* ^μ	23 [£]	n.r./n.p. : non indicato/non rilevante
Num. di traccianti ritrovati	17	16	4	22	29	3	* : portata media giornaliera
Dist. di trasporto max. (m)							^μ : in attesa di dati per validazione
Località	Viévola	/	/	/	150	322	449
	Ambo/Fontan	240	632	5860	4273	159	33
	Pertus	166	50	n.r.	57	53	/
	Airole/Lamberta	n.p.	2875	474	403	60	/

[£] : a San Dalmazzo

E. Risultati

- Monitoraggio dei flussi sedimentari

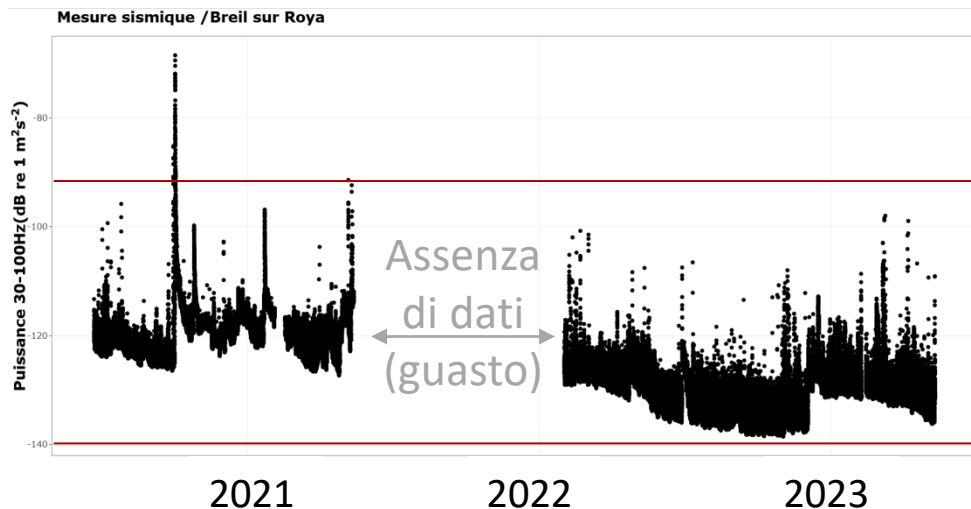
Misure sismiche a Breil-sur-Roya 2020-2021



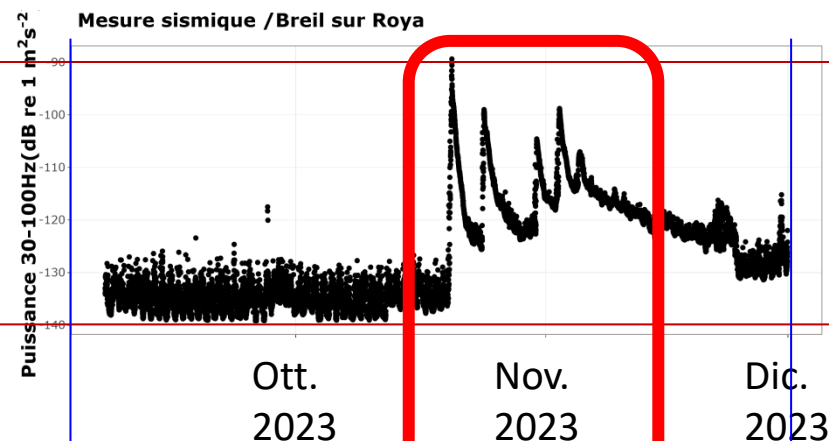
E. Risultati

- Monitoraggio dei flussi sedimentari

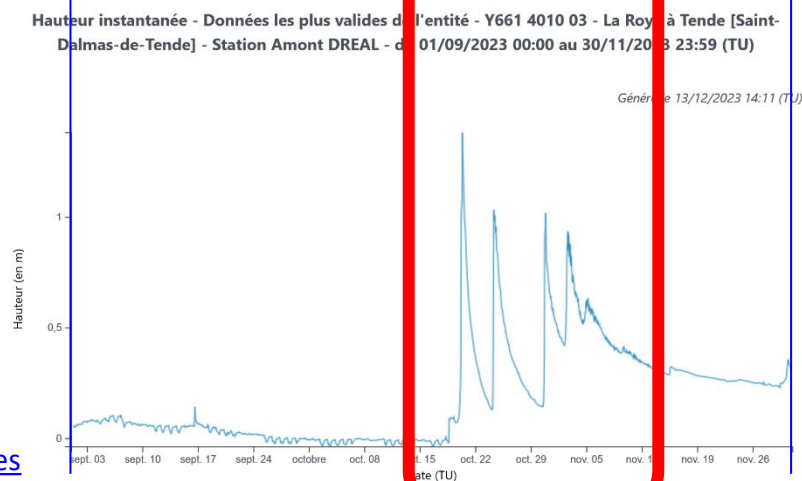
Misure sismiche a Breil-sur-Roya 2021-2023



Perspettive: calibrazione?

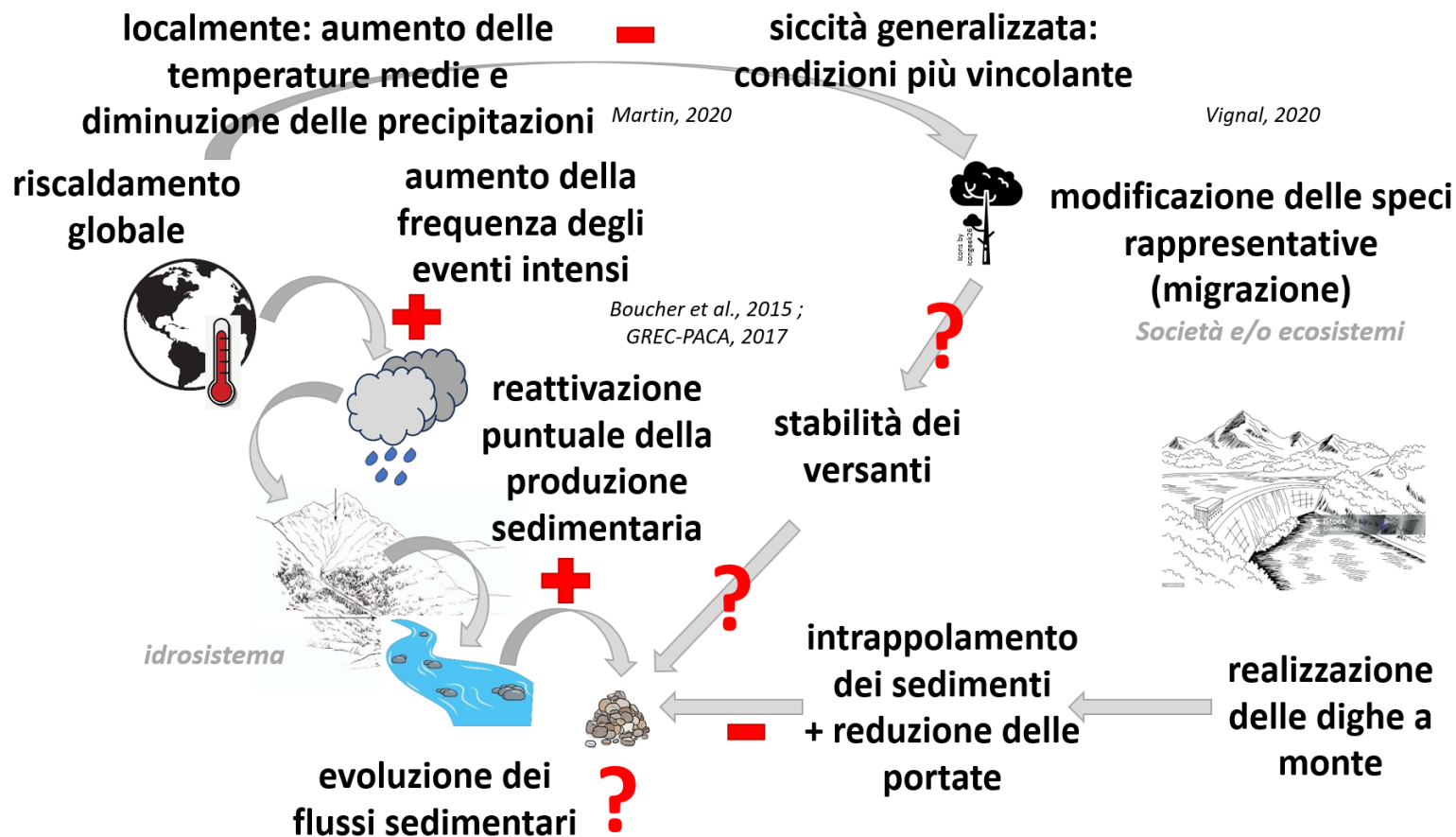


Altezza dell'acqua a San Dalmazzo-di-Tenda
(a monte di Breil-sur-Roya)
Sett. 2023 – Dic. 2023



E. Risultati

- Dinamiche di vegetazione sui versanti in relazione col trasporto sedimentario

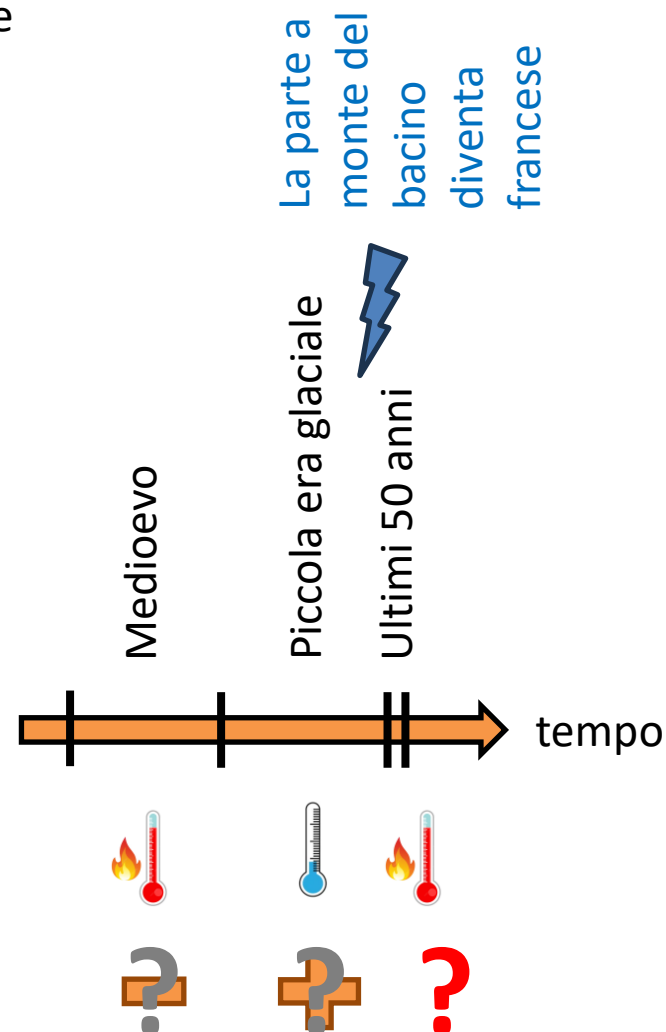


E. Perspectives

- Dinamiche di vegetazione sui versanti in relazione col trasporto sedimentario

Francia (dopo il 1860)	Italia
Parte a monte del bacino dopo il 1860	Tutto il bacino poi solo la parte a valle dopo il 1860
Esodio rurale dopo il Medioevo (quando?)	Mantenimento dell'agricoltura delle attività rurali sui versanti
Pianificazione territoriale: complessa e limitata dopo WWII	Buon stato delle terrazze agricole sui versanti
Vegetation encroachment of hillslopes (trees)	

Adattato da Vignal, comm. pers.

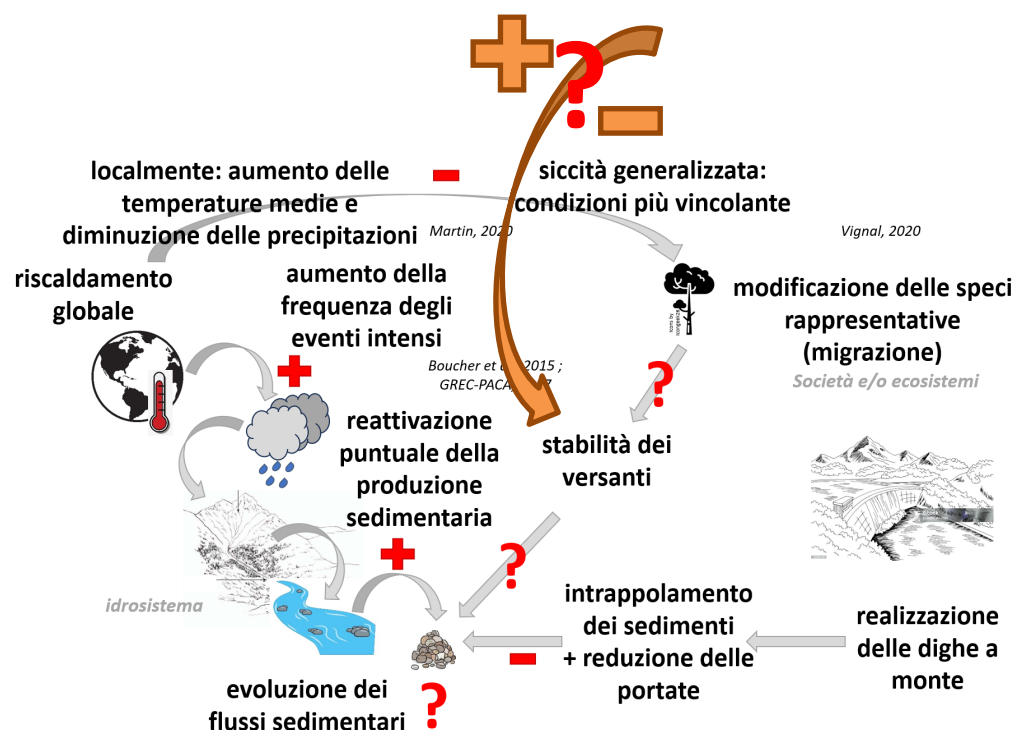


Adattato da Purdue, comm. pers.

E. Prospettive

- Dinamiche di vegetazione sui versanti in relazione col trasporto sedimentario

Pianificazione territoriale e uso del suolo



Ipotesi: la pianificazione territoriale ha influenzato la produzione sedimentaria a destinazione dell'alveo tramite l'evoluzione storica della stabilità dei versanti

F. Conclusioni - sintesi

- Dinamica sedimentaria dei letti di frega delle trote
- Monitoraggio dei flussi sedimentari
- Dinamiche di vegetazione sui versanti in relazione col trasporto sedimentario

Conclusioni maggiore

- **Il Roia costituisce un'esempio unico di tracciamento sedimentario, operato in un bacino trasfrontaliero, prima e dopo una piena di periodo di ritorno ≥ 1000 anni**
 - **Questa piena eccezionale è un'occasione unica per studiare:**
 - **gli effetti di un tale evento sulla dinamica dei flussi di sedimenti, e in particolare come il sistema reagisce al cambiamento climatico**
 - **come il sistema si adatta a tale evento (resilienza)**
- **L'alveo del fiume scorre da versante a versante, e ciò costituisce lo spazio necessario perché funzioni correttamente**
- **È necessario un piano di gestione dei sedimenti al livello del bacino del Roia, a scala decennale (a minima).**

F. Bibliografia

- Amoros C., Petts G. E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson (in French), 300 pp.
- Anthony E. J., Julian M., 1999. Source-to-sink sediment transfers, environmental engineering and hazard mitigation in the steep Var River catchment, French Riviera, southeastern France. *Geomorphology*, vol. 31 (1–4), pp. 337-354. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00088-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00088-4)
- Battiau-Queyry Y., 2002. La géomorphologie des origines à nos jours: une science jeune arrivée à maturité (Geomorphology from the origin to the present time). In: Bulletin de l'Association de géographes français, 79e année, 2002-2001. *Géomorphologie et géographie aujourd'hui. Eau et territoire*, sous la direction de Y. Battiau-Queyry, I. Roussel et R. Laganier, pp. 4-14. <https://doi.org/10.3406/bagf.2002.22510>
- Belletti B., Dufour S., Piégay H., 2015. What is the relative effect of space and time to explain the braided river width and island patterns at a regional scale? *River Res. Applic.*, 31, pp. 1–15. <https://doi.org/10.1002/rra.2714>
- Belletti B., Rinaldi M., Bussetini M., Comiti F., Gurnell A. M., Mao L., Nardi L., Zezza P., 2017. Characterising physical habitats and fluvial hydromorphology: A new system for the survey and classification of river geomorphic units. *Geomorphology*, vol. 283, pp. 143-157. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.01.032>
- Bergeret A., George-Marcelpoul E., Delanoy J.-J., Piazza-Morel D., 2015. L'outil-frise: une expérimentation interdisciplinaire: Comment représenter des processus de changements en territoires de montagne ?, *les Carnets du Labex ITEM* (in French), <https://hal.science/hal-01230027/>
- Boucher O., Dufresne J.-L., Vial J., Brun E., Cattiaux J., Chauvin F., Salas y Méliá D., Voldoire A., Bopp L., Braconnot P., Ciais P., Yiou P., Guilyardi E., Mignot J., Guivarch C., 2015. Projection des changements climatiques futurs. *La Météorologie*, n°88, pp. 56–68. https://lameteorologie.fr/issues/2015/88/meteo_2015_88_56
- Brigode P., Vigoureux S., Delestre O., Nicolle P., Payrastre O., Dreyfus R., Nomis S., Salvan L., l'équipe « post-event surveys » d'HyMeX, 2021. Inondations sur la Côte d'Azur: bilan hydro-météorologique des épisodes de 2015 et 2019. *LHB*, 107:1, 1-14. <https://doi.org/10.1080/27678490.2021.1976600>
- CEREMA, 2021. RETEX technique ALEX. Inondations des 2 et 3 octobre 2020. Expertise hydrologique. Rapport d'étape (54 p.) et Consensus hydrologique (58 p.).
- Chapuis M., Martins M., Tourade F., Adnès C., Vignal M., Lebourg T., Fox D., 2019. Évolution des flux sédimentaires des frayères dans un torrent alpin. *Rencontres SHF - Changement global et morphodynamique des rivières, des bassins versants à la mer*, nov. 2019, Paris, France. <https://hal.science/hal-02960437>
- Chapuis M., Martins M., Adnès C., Devreux L., Lebourg T., 2022a. Suivi des flux sédimentaires grossiers en contexte torrentiel méditerranéen. *Colloque TSMR – CFBR « Transport sédimentaire : rivières & barrages réservoirs »*, mars 2022, Saclay, France. <https://hal.science/hal-02959661>
- Chapuis M., Martins M., Adnès C., Tissot L., Martin N., Salvan L., Dreyfus R., Compagnon F., Douvnet J., Brigode P., Fox D., 2022b. Catchments' reactions to the Oct. 2nd 2020 heavy rainfall in the Maritime Alps (France): sediment transport measurements, sediment connectivity model in the Roya river and reconstruction guidelines. *IS Rivers 2022 Conference*, juil. 2022, Lyon, France. <https://hal.science/hal-03855452>
- Chapuis M., Adnès C., 2023. Pluri-annual bedload monitoring in a Mediterranean mountain stream prior and after a ~200-year flood. *Gravel-Bed Rivers 9 conference (GBR9)*, janv. 2023, Villarrica, Chile. <https://hal.science/hal-03975995>
- Chapuis M., *submit*. Coupled hydro- and sediment fluxes, a proxy for the interactions between climate and society at catchment scale ?, *Revue Méditerranée* (in French).
- Devreux L., 2023. Outils d'évaluation de l'état de santé des hydrosystèmes en tresses restaurés. Thèse de doctorat, Université Côte d'Azur, 401 p., <https://theses.hal.science/tel-04152884>
- Devreux L., Chapuis M., Belletti B., 2022. Hydromorphological analysis on restored Alpine braided rivers. *Geomorphology*, 415, pp. 108404. <https://hal.science/hal-03794714>
- Devreux L., Belletti B., Chapuis M., 2023. Tools to assess the health status of restored braided hydrosystems. Scientific Advances in River Restoration Conference, 06-08 Sept. 2023, Liverpool, UK. https://www.therrc.co.uk/sites/default/files/SARR/sarr_programme_abstracts_vsn_22.pdf (p.47)
- Devreux L., Belletti B., Marmonier P., Dolédéc S., Chapuis M., *in prep*. Restoring braided rivers: the need to account for geomorphological heterogeneity. *River Research and Applications*.
- Dufour S., Rollet A.J., Chapuis M., Provansal M., Capanni R., 2017. On the political roles of freshwater science in studying dam and weir removal policies: A critical physical geography approach. *Water Alternatives* 10(3): 853-869. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01614436>
- Dufour S., Lespez L., 2020. Géographie de l'environnement: La nature au temps de l'anthropocène. Armand Colin (in French). <https://doi.org/10.3917/arco.dufou.2020.01>
- Fryx J. A., Brierley G. J., Preston N. J., Kasai M., 2007. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, 70(1), 49-67. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.07.007>
- GREC-PACA, 2017. Les ressources en eau et le changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les cahiers du GREC-PACA, édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), juil. 2017, 52 p., ISBN : 9782956006053. <http://www.grec-sud.fr/publications/les-ressources-en-eau-et-le-changement-climatique-en-provence-alpes-cote-dazur/Hart-346>
- Liébault F., Melun G., Piton G., Chapuis M., Passy P., 2024. Channel change during catastrophic flood: example of the storm Alex in the Vésubie and Roya valleys. *Geomorphology*, 446, pp. 109008. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.109008>
- Liu J., Dietz T., Carpenter S. R., Alberti M., Folke C., Moran E., Pell A. N., Deadman P., Kratz T., Lubchenco J., Ostrom E., Ouyang Z., Provencher W., Redman C. L., Schneider S. H., Taylor W. W., 2007. Complexity of Coupled Human and Natural Systems, *Science*, American Association for the Advancement of Science, 317, 1513-1516. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1144004>
- Martin N., 2020. Cartographies climatiques à 25 m des températures et des précipitations dans la vallée de la Roya. Congrès final du projet Concert-Eaux, [en ligne], 11 déc. 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=IFC-xgCO3TE>
- Melun G., Liébault F., Piton G., Chapuis M., Passy P., Kuss D., Martins C., 2022. Crues exceptionnelles de la Vésubie et de la Roya (Oct. 2020): caractérisation hydrogéomorphologique et perspectives de gestion. *IS Rivers 2022*, ZABR, GRAIE, Juil. 2022, Lyon, France. [https://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/isrivers2022/A5/A5_ISRivers22%20\(3\).pdf](https://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/isrivers2022/A5/A5_ISRivers22%20(3).pdf). <https://hal.science/hal-04261090>
- https://www.researchgate.net/publication/363108141_Crues_exceptionnelles_de_la_Vesubie_et_de_la_Roya_Oct_2020_caracterisation_hydrogeomorphologique_et_perspectives_de_gestion
- Misset C., Recking A., Legout C., Bakker M., Bodereau N., Borgniet L., Cassel M., Geay T., Gimbert F., Navratil O., Piégay H., Valsangkar N., Cazilhac M., Poiré A., Zanker S., 2020. Combining multi-physical measurements to quantify bedload transport and morphodynamics interactions in an Alpine braiding river reach. *Geomorphology*, vol. 351, pp. 106877. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106877>
- Misset C., Recking A., Legout C., Bakker M., Bodereau N., Borgniet L., Cassel M., Geay T., Gimbert F., Navratil O., Piégay H., Valsangkar N., Cazilhac M., Poiré A., Zanker S., 2020. Combining multi-physical measurements to quantify bedload transport and morphodynamics interactions in an Alpine braiding river reach. *Geomorphology*, vol. 351, pp. 106877. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106877>
- ONF-RTM, ONF-DRN, INRAE-ETNA, 2023. Retour d'expérience technique de la crue du 2 octobre 2020 dans la vallée de la Roya – Volet torrentiel. <https://doi.org/10.57745/B69M20>, Recherche Data Gouv, V1
- Payrastre O., Nicolle P., Bonniaff L., Brigode P., Astagneau P., Baise A., Belleville A., Bouamara N., Bourgin F., Breil P., Brunet P., Cerbelaud A., Courapied F., Devreux L., Dreyfus R., Gaume E., Nomis S., Poggi J., Pons F., Rabab Y., Sevrez D., 2022. The 2 October 2020 Alex storm in south-eastern France : a contribution of the scientific community to the flood peak discharges estimation. *LHB, Taylor & Francis*, pp. 2082891. <https://doi.org/10.1080/27678490.2022.2082891>
- Piton G., Queffelec Y., Liébault F., Kuss D., Carladous S., Robert Y., Martins C., Guitet C., 2021. Alpes-Maritimes – Gestion post-Tempête Alex : Réflexions sur l'estimation de la période de retour des changements morphologiques majeurs associés aux crues extrêmes. Note technique, version 4, INRAE & ONF-RTM, 9 p.
- Piton G., Cohen M., Flipo M., Nowak M., Chapuis M., Melun G., Robert Y., Andréis N., Liébault F., 2024. Large in-stream wood yield during an extreme flood (Storm Alex, October 2020, Roya Valley, France): estimating the supply, transport, and deposition using GIS. *Geomorphology*, 446, pp. 108981. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108981>
- Regione Liguria, 2021. Progetto “Concert-Eaux” – WP 4_3 Modalità di gestione dei sedimenti del tratto terminale del Fiume Roia. Rapport technique (en italien), Regione Liguria, Dipartimento Ambiente e Protezione Civile – Settore Assetto del Territorio, 55 p. <https://www.concert-eaux.eu/it/notizie-it/prodotti-it/category/8-wp-4-studi-analisi-ed-attivita-derivata?download=148:concert-eaux-4-3-1-piano-gestione-sedimenti-rl-it>
- Rhoads B. L., 2004. Whither Physical Geography? *Annals of the Association of American Geographers*, 94(4), 748–755. <http://www.jstor.org/stable/3694094>
- Schumm S.A., 1977. *The Fluvial System*. John Wiley and Sons, New York, 338 p.
- Serrhini-Naji G., 2021. Monographie historique du transport sédimentaire en Cévennes: une approche par les hybrides. Master thesis (in French), Université de Technologie de Compiègne, 75 p.
- Sømme T.O., Holland-Hansen W., Martinsen O.J., Thurmond J.B., 2009. Relationships between morphological and sedimentological parameters in source-to-sink systems: a basis for predicting semi-quantitative characteristics in subsurface systems. *Basin Research*, 21: 361-387. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2009.00397.x>
- Swanson K. J., 1980. Geomorphology and ecosystems. In *Forests: fresh perspectives from ecosystem analysis*. Proceedings of the 40th annual biology colloquium; 1979 Nov. 27-28. Waring, Richard H., ed, Oregon State University Press: 199 p., <https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/iter/pubs/pdf/pub579.pdf>
- Thibaut K., Ayral P.-A., Ozer P., 2023. Development of the chrono-systemic timeline as a tool for cross-sectional analysis of droughts—application in Wallonia. *Water*, 15(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/w15234150>
- Vignal M., 2020. L'impact du changement global sur la flore du Sud-Est de la France : Modélisation multiscalaire de la répartition de 25 espèces à l'horizon 2100 par la dynamique de population. Thèse de doctorat, Université Côte d'Azur, 474 p. + vol. d'annexes, <https://theses.hal.science/tel-03105744>

Activité 3.1 : Poursuite des études liées à la tempête Alex
Attività 3.1 : Continuazione degli studi relativi alla tempesta Alex



Livrables 3.1.1, 3.1.2 et 3.1.3
N. Viaux, D. Fox, M. Chapuis

