



In questa edizione tutti gli aggiornamenti sulle attività legate al Progetto di cooperazione transfrontaliera INTERREG Italia – Svizzera 2014/2020 “RESERVAQUA” / *Dans cette édition, toutes les mises à jour sur les activités liées au Projet de coopération transfrontalière INTERREG Italie - Suisse 2014/2020 "RESERVAQUA".*

Per maggiori informazioni sul progetto è possibile consultare il seguente [link](#) / *Pour plus d'informations sur le projet, vous pouvez consulter le [lien](#) suivant.*

Le passate edizioni della Newsletter “Aquafolio” sono disponibili al seguente [link](#) / *Les éditions précédentes de la newsletter "Aquafolio" sont disponibles sur le [lien](#) suivant.*

La modellazione geologica 3D per la caratterizzazione delle risorse idriche / *Modélisation géologique 3D pour la caractérisation des ressources en eau*

Contributo a cura del dott. geol. D. Bertolo (Dirigente Struttura attività geologiche, Capofila del progetto RESERVAQUA)

Un recentissimo articolo apparso sulla rivista *Advance in Water Resources* presenta una carta molto interessante, che da sola potrebbe riassumere tutto il

senso del progetto RESERVAQUA (Fig.1). Vi si può facilmente osservare come alcune delle aree più densamente irrigate del nostro pianeta siano ubicate ai piedi di importanti catene montuose. Tra queste, la Pianura Padana e la Pianura del Gange. È noto come l'agricoltura della Pianura Padana occidentale tragga un grande vantaggio, in termini di quantità e regolarità di approvvigionamento irriguo, dalle riserve che si trovano nell'area d'intervento di RESERVAQUA. Le risaie del vercellese, per esempio, traggono beneficio dall'acqua immagazzinata nei ghiacciai e nei nevati del Massiccio del Monte Rosa. Sulle nostre montagne le opere di canalizzazione, che risalgono ai secoli passati, permettono la coltivazione sui versanti e nei fondovalle. Nel mondo, poi, l'acqua accumulata in varie forme sulle catene montuose permette la sopravvivenza di milioni di individui.

Eppure, l'acqua che proviene dalle montagne non è solamente immagazzinata sotto forma di neve o di ghiaccio. **Gli ammassi rocciosi sono in grado essi stessi di contenere grandi quantità di acqua!** Comprendere questa realtà non è intuitivo. A prima vista la roccia appare ai più come un qualcosa di compatto, inadatto ad immagazzinare l'acqua. Nondimeno, grazie alle fratture e alle faglie che li intersecano, nei massicci rocciosi l'acqua s'infiltra a profondità ben superiori a 1 km, come ben sanno i progettisti di tunnel o miniere, che raramente vengono realizzati in rocce prive di acqua. Lungo le fratture e le faglie, le acque possono percorrere molti km attraverso le rocce prima di venire a giorno, alimentando sorgenti, corsi d'acqua e falde acquifere di fondovalle.

È quindi evidente che tale proprietà delle catene montuose rappresenta allo stesso tempo un'opportunità, perché abbiamo a disposizione ingenti riserve di acqua da sfruttare, ma anche un potenziale rischio, perché eventuali inquinanti che raggiungessero le zone fratturate potrebbero contaminare le acque per grandi distanze, mettendo a rischio i consumatori e le coltivazioni, senza riguardo per le frontiere e gli altri limiti amministrativi.

È per questo motivo che, tra le attività di base di RESERVAQUA, riveste particolare importanza la conoscenza approfondita della struttura geologica della catena montuosa alpina nel territorio transfrontaliero d'interesse.

Questa attività, attualmente in corso sia sul versante italiano che su quello svizzero, consiste nella raccolta, omogeneizzazione e caratterizzazione della vasta quantità di dati che negli anni sono stati prodotti dagli studi sulla geologia delle Alpi Pennine a fini idrogeologici. **Il prodotto finale sarà un modello digitale 3D della catena alpina nel settore che si estende tra il Col du**

Théodule (Valtournenche) e il Col Ferret (Courmayeur). Sul versante italiano questa attività viene svolta da un team guidato del prof. Andrea Bistacchi, docente di geologia strutturale presso l'Università di Milano-Bicocca. Tale processo richiede la costruzione di **sezioni geologiche a un passo molto ravvicinato**, in modo da ridurre le potenziali fonti di errore nell'interpolazione dei limiti geologici, delle strutture fragili (che sono appunto, faglie e sistemi di fratturazione) e duttili (le pieghe).

Al termine di tale processo, previsto per l'anno 2022 e di cui nelle Fig. 2 e 3 si vedono già i primi risultati intermedi, sarà possibile osservare con ottima approssimazione **l'andamento delle principali direttrici di propagazione delle acque sotterranee, le unità geologiche potenziali “serbatoi” di acqua** e, nel contempo, individuare in ambito transfrontaliero le zone vulnerabili ove intraprendere iniziative volte alla protezione dei corpi idrici sotterranei.

Una curiosità? I sofisticati strumenti informatici che permettono di eseguire queste modellazioni sono stati sviluppati in origine per la ricerca del petrolio... ironicamente quasi una “rivincita” della Storia nei confronti di una delle importanti cause dei cambiamenti climatici!

* * *

Un article très récent paru dans le magazine Advance in Water Resources présente un article très intéressant, qui à lui seul pourrait résumer tout le sens du projet RESERVAQUA (Fig.1). On peut facilement observer que certaines des zones les plus densément irriguées de notre planète sont situées au pied d'importantes chaînes de montagnes. Parmi ceux-ci, la Pianura Padana et la plaine du Gange. On sait comment l'agriculture de la Pianura Padana occidentale tire un grand avantage, en termes de quantité et de régularité de l'irrigation, des réserves présentes dans la zone d'intervention de RESERVAQUA. Les rizières de la région de Vercelli, par exemple, bénéficient de l'eau stockée dans les glaciers et des chutes de neige du Massif du Monte Rosa. Sur nos montagnes, les travaux de canalisation, qui remontent aux siècles passés, permettent la culture sur les pentes et dans les fonds de vallée. Dans le monde donc, l'eau accumulée sous diverses formes sur les chaînes de montagnes permet la survie de millions d'individus.

*Pourtant, l'eau qui provient des montagnes n'est pas seulement stockée sous forme de neige ou de glace. **Les masses rocheuses elles-mêmes sont capables de retenir de grandes quantités d'eau!** Comprendre cette réalité n'est pas intuitif. À première vue, la roche apparaît à la plupart des gens*

comme quelque chose de compacte, inadaptée au stockage de l'eau. Néanmoins, grâce aux fractures et aux failles qui les croisent, l'eau s'infiltre dans les massifs rocheux à des profondeurs bien supérieures à 1 km, comme le savent bien les concepteurs de tunnels ou de mines, rarement construits dans des roches sans eau. Le long des fractures et des failles, les eaux peuvent parcourir de nombreux kilomètres à travers les rochers avant de venir au jour, alimentant les sources, les cours d'eau et les aquifères du fond de la vallée.

Il est donc évident que cette propriété des chaînes de montagnes représente à la fois une opportunité, car nous avons d'énormes réserves d'eau à exploiter, mais aussi un risque potentiel, car tout polluant qui atteindrait les zones fracturées pourrait contaminer les eaux sur de grandes distances, mettant en danger les consommateurs et les cultures, quelles que soient les frontières et autres limites administratives.

C'est pour cette raison que, parmi les activités de base de RESERVAQUA, la connaissance approfondie de la structure géologique du massif alpin dans la zone transfrontalière d'intérêt revêt une importance particulière.

Cette activité, actuellement en cours tant du côté italien que du côté suisse, consiste en la collecte, l'homogénéisation et la caractérisation de la grande quantité de données qui, au fil des années, ont été produites par des études sur la géologie des Alpes Pennines à des fins hydrogéologiques. **Le produit final sera une maquette numérique 3D de la chaîne alpine dans le secteur s'étendant entre le Col du Théodule (Valtournenche) et le Col Ferret (Courmayeur).** Du côté italien, cette activité est réalisée par une équipe dirigée par le prof. Andrea Bistacchi, professeur de géologie structurale à l'Université de Milan-Bicocca.

Ce processus nécessite la construction de **coupes géologiques à un rythme très rapproché**, afin de réduire les sources potentielles d'erreur dans l'interpolation des limites géologiques, de structures fragiles (qui sont bien des failles et des systèmes de fracturation) et ductiles (plis).

A l'issue de ce processus, prévu pour l'année 2022 et dont les premiers résultats intermédiaires sont déjà visibles sur les Fig.2 et 3, il sera possible d'observer avec une excellente approximation **l'évolution des principales lignes de propagation des eaux souterraines, les unités géologiques «réservoirs» potentiels d'eau** et, en même temps, identifier les zones

vulnérables au-delà des frontières, dans lesquelles prendre des mesures à même de protéger les masses d'eau souterraines.

Une curiosité? Les outils informatiques sophistiqués qui permettent de réaliser ces modèles ont été initialement développés pour l'exploration pétrolière... ironiquement presque une «revanche» de l'histoire contre l'une des causes importantes du changement climatique!

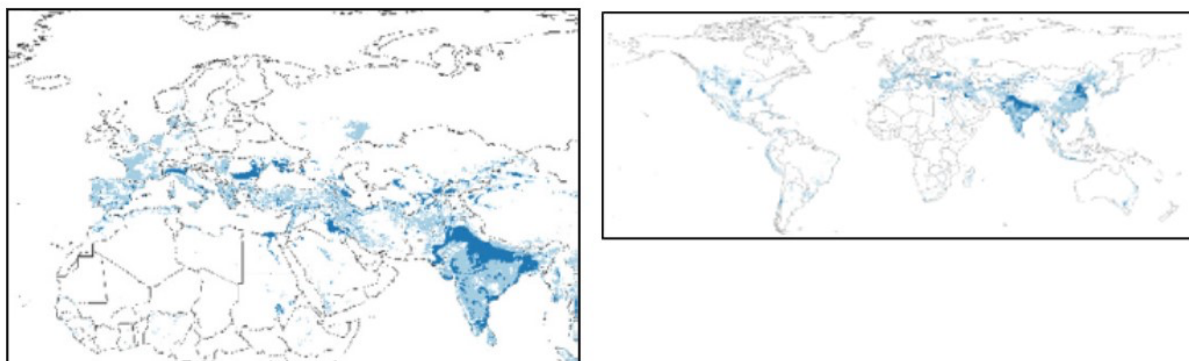


Fig.1 - Distribuzione delle aree a maggior intensità d'irrigazione a scala mondiale (a sx un particolare). Da Nagaraj D., Proust E., Todeschini A., Rulli M.C., D'Odorico P. (2021). A new dataset of global irrigation areas from 2001 to 2015. / Répartition des zones avec la plus grande intensité d'irrigation dans le monde (un détail à gauche). Par Nagaraj D., Proust E., Todeschini A., Rulli M.C., D'Odorico P. (2021). A new dataset of global irrigation areas from 2001 to 2015 (<http://doi.org/10.1016/j.advwatres.2021.103910>).

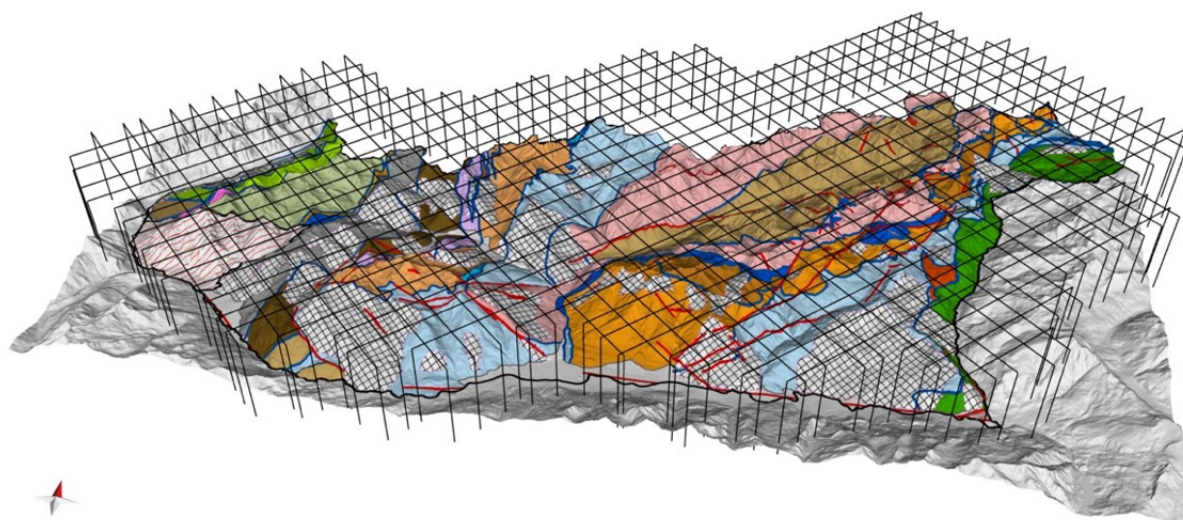


Fig.2 - Sezioni geologiche a passo ravvicinato nel settore tra Val Ferret (Ovest) e Valtournenche (Est) / Coupes géologiques en gros plan dans le secteur entre Val Ferret (Ouest) et Valtournenche (Est).

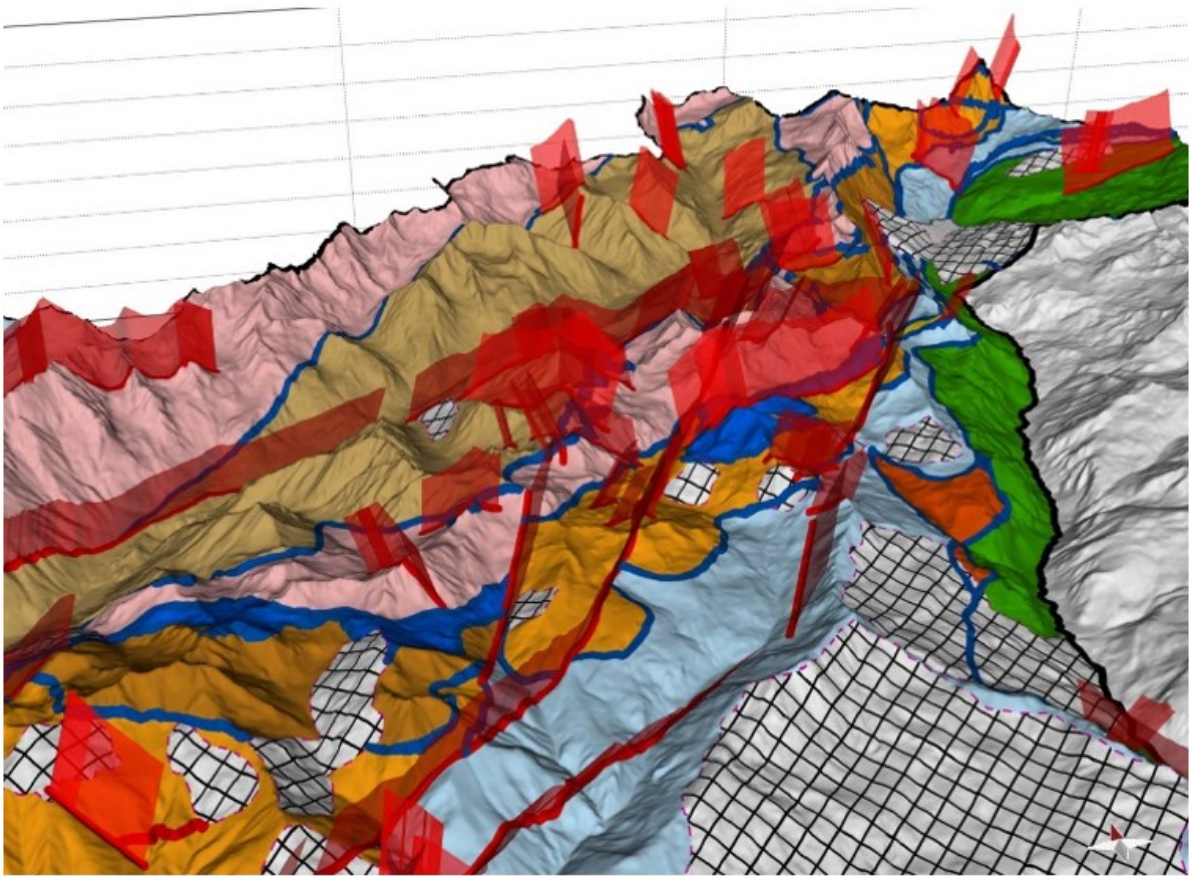


Fig.3 - Strutture fragili a macroscala (piani rossi) nella zona tra Valpelline e St-Barthélemy. / *Structures macroscopiques fragiles (planchers rouges) dans la zone entre Valpelline et St-Barthélemy.*

Sans données, pas de connaissances / Senza dati, nessuna conoscenza

Contributo a cura del dott. geol. P. Christe (SEN - Service de l'Environnement du Canton du Valais, Chef de file du projet RESERVAQUA) e del dott. geol. I. Milenkovic (CREALP - Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin)

Pour assurer un approvisionnement en eau de qualité et de quantité suffisantes, il est essentiel de disposer d'une connaissance sur les ressources disponibles à l'échelle du territoire et d'en suivre l'évolution dans l'espace et dans le temps. Le projet **RESERVAQUA** entend réaliser une telle tâche à l'échelle de la région alpine commune entre le canton du Valais, la Région autonome de la Vallée d'Aoste et la région Piemonte. Le projet vise dans ce sens à stimuler le partage et la diffusion de données de base dans le domaine de l'eau dans le but de développer un modèle conceptuel géo-hydrologique

représentatif de ce secteur alpin et de ses ressources en eau. Pour mener à bien ces objectifs, le projet **RESERVAQUA** a entamé depuis 2019 les activités suivantes (Fig.1).

Élaboration des jeux de données thématiques

En premier lieu, un catalogue de données a été constitué, dont le but est de répertorier les données de base nécessaires à la réalisation des objectifs du projet. Sur cette base, un inventaire a été effectué auprès de chaque partenaire des trois régions concernées par le projet : Vallée d'Aoste (IT), Région Piémont (IT) et Valais (CH). Ce travail a permis de confirmer en priorité la disponibilité, le format et le mode d'accès des données requises.

Afin de garantir l'homogénéité des informations fournies par les différents partenaires du projet et de standardiser le processus d'échange informatique de données, un modèle de données et une base de données spatiale implémentant ce modèle ont définis et transmis aux délégués aux données chargés de coordonner à l'échelle de chaque région la collecte des données primaires. Le résultat de l'exercice a permis de constituer un ensemble des jeux de données thématiques cohérents sur l'ensemble de la zone d'étude.

Valorisation des données de base

Sur la base des informations collectées, la valorisation des données base a été effectuée à travers la constitution d'un catalogue de cartes thématiques. Ces différentes cartes viennent alimenter un atlas cartographique RESERVAQUA offrant une première synthèse des connaissances disponibles de base à l'échelle de la zone d'étude. A ce jour, l'atlas est composé de cinq cartes thématiques couvrant les catégories suivantes : 1) eaux météoriques, 2) eaux de surface, 3) eaux souterraines et 4) gestion des ressources en eau (Fig.2).

Ces cartes offrent une première vision synoptique de l'information disponible sur le territoire d'étude du projet tout en permettant une comparaison des jeux de données thématiques existants et la mise en évidence des disparités régionales en termes d'information (disponibilité, densité, etc.). L'atlas RESERVAQUA constitue un produit de diffusion de l'information mais aussi une base solide pour l'élaboration des modèles conceptuels géo-hydrologiques 3D.

Système d'information transfrontalier

Pour assurer le partage et la diffusion des différents produits élaborés dans le cadre du projet RESERVAQUA, un portail géographique RESERVAQUA (Fig.3) est aujourd'hui en cours d'implémentation. Une version beta est d'ores et déjà disponible à l'adresse suivante: <https://reservaqua.crealp.ch/>.

Un tel portail facilitera la consultation en ligne des cartes de l'atlas

RESERVAQUA et des produits cartographiques qui seront dérivés des modèles conceptuels géo-hydrologiques 3D. Il assurera également la pérennité de l'information au-delà de la période de projet et devra faciliter le maintien d'une collaboration active entre les différentes autorités cantonales et régionales productrices et utilisatrices de données.

Modèles conceptuels géo-hydro-géologiques 3D

L'élaboration des modèles du territoire visant à la fois à la définition et à la délimitation des ressources en eau du sous-sol est en cours. Une collaboration active avec l'équipe du Prof. Andrea Bistacchi de l'Université de Milan a ainsi été engagée dans ce contexte. Pour venir interpréter le potentiel hydraulique du sous-sol alpin, une retranscription des éléments lithologiques et structuraux en concepts hydrogéologiques est ici nécessaire. Pour venir bâtir les modèles conceptuels géo-hydro-géologiques 3D, une attention particulière est dès lors portée à la notion de « réservoir aquifère », élément fondamental du projet RESERVAQUA.

A la fin du 19^{ème} siècle, Lord Kelvin statuait qu'il était impossible d'agir adéquatement sur ce qu'on était incapable de mesurer. Bien que les inconnues affectant notre compréhension du cycle souterrain de l'eau resteront certainement encore très nombreuses au-delà du projet RESERVAQUA, la confrontation non complexée entre données d'observation objectives et données d'interprétation subjectives est la première étape qui ouvre le champ du possible.

* * *

Per garantire un approvvigionamento idrico di qualità e quantità sufficiente, è fondamentale conoscere le risorse disponibili alla scala del territorio e monitorarne l'evoluzione nello spazio e nel tempo. Il progetto RESERVAQUA intende svolgere tale compito alla scala della regione alpina condivisa tra il Canton Vallese, la Regione Autonoma Valle d'Aosta e la Regione Piemonte. Il progetto mira in questo senso a stimolare la condivisione e la diffusione dei dati di base nel campo dell'acqua con l'obiettivo di sviluppare un modello geo-idrologico concettuale rappresentativo di questo settore alpino e delle sue risorse idriche. Per raggiungere questi obiettivi, il progetto RESERVAQUA ha avviato le seguenti attività a partire dal 2019 (Fig.1).

Sviluppo di set di dati tematici

In primo luogo, è stato creato un catalogo di dati, il cui scopo è elencare i dati di base necessari per raggiungere gli obiettivi del progetto. Su questa base, è stato effettuato un inventario con ciascun partner delle tre regioni interessate dal progetto: Valle d'Aosta (IT), Regione Piemonte (IT) e Vallese (CH). Questo

lavoro ha permesso di confermare in via prioritaria la disponibilità, il formato e la modalità di accesso dei dati richiesti.

Al fine di garantire l'omogeneità delle informazioni fornite dai vari partner del progetto e di standardizzare il processo di scambio dati informatizzato, un esempio di dati e un database spaziale che implementano questo modello sono stati definiti e trasmessi ai delegati responsabili del coordinamento della raccolta dei dati primari a livello di ciascuna regione. Il risultato dell'esercizio ha consentito di costituire un insieme di dataset tematici coerenti sull'intera area di studio.

Valorizzazione dei dati di base

Sulla base delle informazioni raccolte, la valorizzazione del database è stata effettuata attraverso la costituzione di un catalogo di carte tematiche. Queste diverse mappe confluiscono in un atlante cartografico RESERVAQUA che offre una prima sintesi delle conoscenze di base disponibili alla scala dell'area di studio. Ad oggi, l'atlante è composto da cinque mappe tematiche che coprono le seguenti categorie: 1) acque meteoriche, 2) acque superficiali, 3) acque sotterranee e 4) gestione delle risorse idriche (Fig.2).

Queste mappe forniscono una prima visione sinottica delle informazioni disponibili nell'area di studio del progetto, consentendo un confronto dei dataset tematici esistenti ed evidenziando le disparità regionali in termini di informazioni (disponibilità, densità, ecc.). L'atlante RESERVAQUA costituisce un prodotto di diffusione delle informazioni ma anche una solida base per lo sviluppo di modelli geoidrologici 3D concettuali.

Sistema informativo transfrontaliero

Per garantire la condivisione e la diffusione dei vari prodotti sviluppati nell'ambito del progetto RESERVAQUA, è attualmente in fase di implementazione un portale geografico RESERVAQUA (Fig.3). Una versione beta è già disponibile al seguente indirizzo: <https://reservaqua.crealp.ch/>.

Tale portale faciliterà la consultazione online delle mappe dell'atlante RESERVAQUA e dei prodotti cartografici che saranno derivati dai modelli geoidrologici concettuali 3D. Garantirà inoltre la sostenibilità delle informazioni oltre il periodo del progetto e dovrebbe facilitare il mantenimento di una collaborazione attiva tra le varie autorità cantonali e regionali che producono e utilizzano i dati.

Modelli geo-idrogeologici 3D concettuali

È in corso lo sviluppo di modelli del territorio finalizzati sia alla definizione che alla delimitazione delle risorse idriche del sottosuolo. In questo contesto è stata

quindi avviata una collaborazione attiva con il team del Prof. Andrea Bistacchi dell'Università degli Studi di Milano. Per arrivare a interpretare le potenzialità idrauliche del sottosuolo alpino è qui necessaria una trascrizione degli elementi litologici e strutturali in concetti idrogeologici. Per arrivare a costruire modelli geo-idrogeologici concettuali 3D, particolare attenzione viene quindi posta alla nozione di “serbatoio acquifero”, elemento fondamentale del progetto RESERVAQUA.

Alla fine del 19 ° secolo, Lord Kelvin ha stabilito che era impossibile agire adeguatamente su ciò che non si era in grado di misurare. Sebbene le incognite che influenzano la nostra comprensione del ciclo dell'acqua sotterraneo rimarranno certamente molto numerose al di là del progetto RESERVAQUA, il confronto tra dati di osservazione oggettiva e dati di interpretazione soggettiva è il primo passo che apre il campo del possibile.

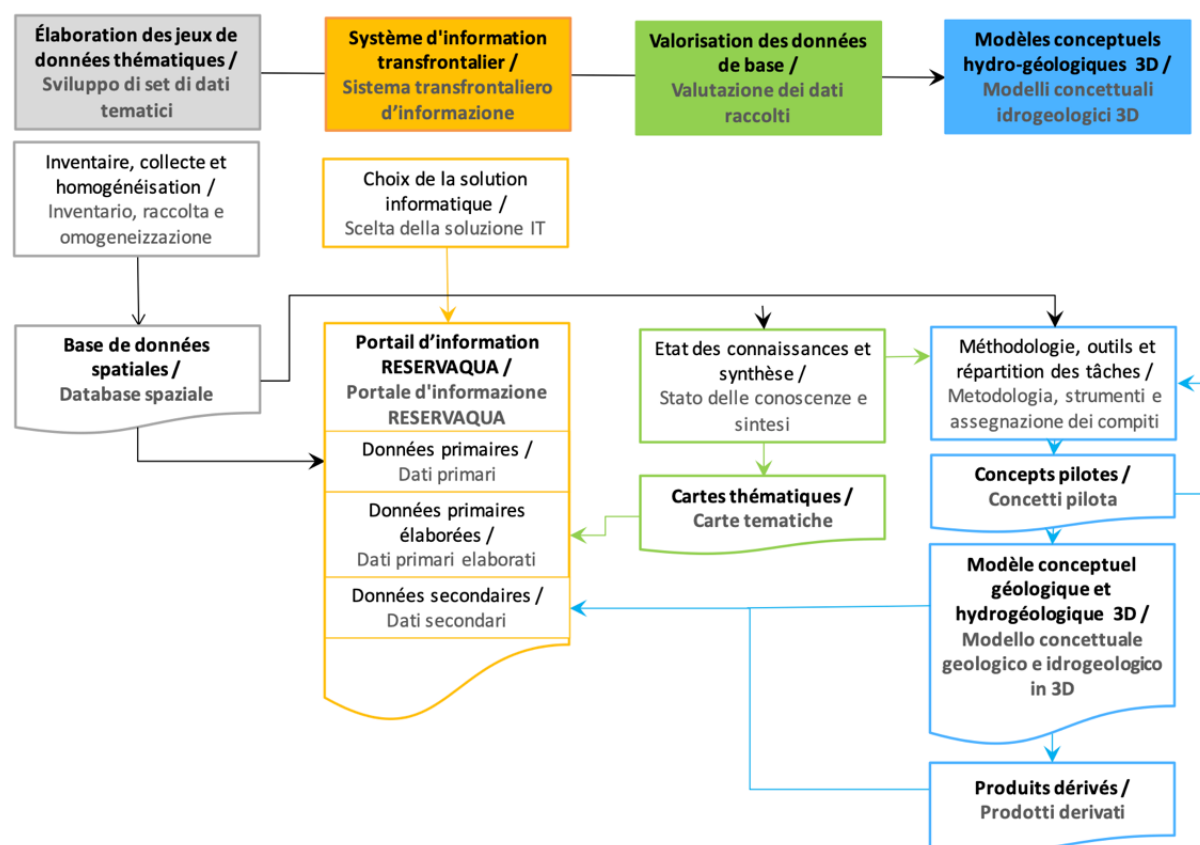


Fig.1 - Structuration des différentes étapes pour l'élaboration d'un système d'information transfrontalier dédié à l'eau et d'assurer la mise en relation des données de base existantes au niveau de modèles conceptuels du territoire et de ses ressources. / *Strutturazione delle varie fasi per lo sviluppo di un sistema informativo transfrontaliero dedicato all'acqua che garantisce la connessione dei dati di base esistenti a livello di modelli concettuali del territorio e delle sue risorse.*



Fig.2 - Principales thématiques et cartes dérivées de l'atlas RESERVAQUA. / *Principali tematiche e mappe derivate dall'atlante RESERVAQUA.*

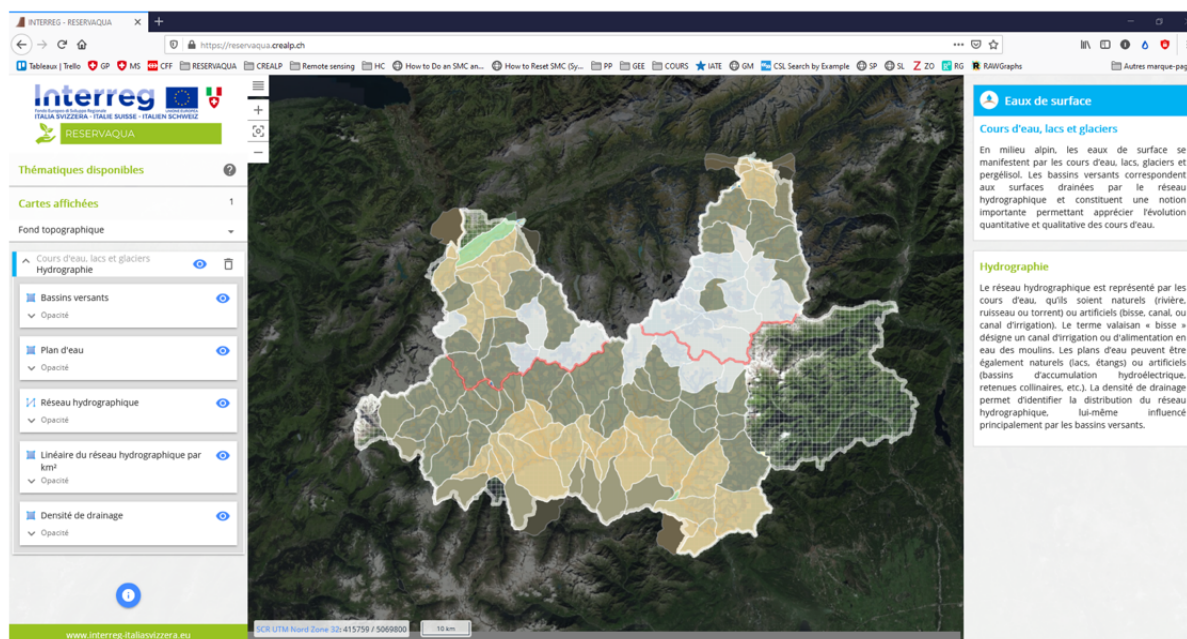


Fig.3 - Capture d'écran du portail géographique RESERVAQUA. / *Screenshot del portale geografico RESERVAQUA.*

ThoulaLab - Un mondo dinamico: da ghiaccio ad acqua / *ThoulaLab - Un monde dynamique: de la glace à l'eau*

Contributo a cura del dott. geol. M. Frasca (Consulente tecnico della Fondazione Montagna sicura - Montagne sûre)

Tra gli effetti conclamati dei cambiamenti climatici a livello globale il ritiro dei ghiacciai è certo uno dei più evidenti. Nell'ambito del lavoro di aggiornamento del Catasto ghiacciai regionale della Valle d'Aosta (<http://catastoghiacciai.partout.it>) realizzato dalla Fondazione Montagna sicura - Montagne Sûre, è stato possibile osservare tale effetto testimoniato da una generale situazione di ritiro degli apparati glaciali, che sono passati dall'occupare nel **2005** sul territorio regionale una superficie pari a circa **135 km²**, nel **2012** una superficie pari a circa **128 km²** ad occuparne nel **2019** una pari a circa **121 km²**, corrispondente ad **una diminuzione di circa 14 km² (-10,37 %) in 14 anni**.

In questo intervallo i ghiacciai si sono ritirati perdendo, in termini di superficie, da diverse centinaia di metri quadrati a circa un chilometro quadrato, come nel caso della Ghiacciaio del Rutor (La Thuile).

Uno specifico approfondimento conoscitivo sulla recente evoluzione dei ghiacciai regionali in riferimento ai cambiamenti climatici in atto è stato condotto sul Gh. del Thoula (Courmayeur) nell'ambito del **ThoulaLab** attraverso diverse attività di ricerca applicata.

Per l'intervallo temporale **1988-2020 (22 anni)** è stato registrato un evidente arretramento della fronte del ghiacciaio, pari a circa **600 m** (misura planimetrica), corrispondente ad una conseguente riduzione della sua superficie **da circa 0,818 km² nel 1988 a circa 0,544 km² nel 2020**, pari ad una **riduzione complessiva di circa 0,274 Km²**, cioè di circa 1/3 (33,5 %) in 22 anni (Fig.1).

Tale indagine testimonia una "rapida" evoluzione della massa glaciale che, nonostante gli apporti nevosi anche abbondanti nella stagione invernale, risente in maniera significativa, anche se in misura minore rispetto ad altri ghiacciai di riferimento sul territorio regionale probabilmente a causa della sua localizzazione geografica (Massiccio del Monte Bianco), del progressivo innalzamento delle temperature degli ultimi decenni.

Tra gli indicatori che ci aiutano a comprendere meglio "lo stato di salute" dei

ghiacciai vi è poi il concetto di bilancio annuale di massa (cumulativo assoluto) che rappresenta la differenza tra l'accumulo e le perdite per ablazione (fusione di neve e ghiaccio), espressa come volume equivalente di acqua, in un anno idrologico.

L'andamento generale del bilancio di massa “storico” del Gh. del Thoula per il periodo **1991-2020 (29 anni)** (Fig.2), ricostruito applicando il metodo della **DEM difference** in ambiente informatico GIS, risulta negativo e pari a circa **-14.274 mm w.e.** (cioè a circa **-492 mm w.e./anno**) in accordo con i valori misurati su terreno per alcuni *World Reference Glacier* (WGSM) per l'Europa centrale (Fig.3) e con alcuni apparati di riferimento regionali (Gh. del Timorion e Gh. del Grand Etret).

Dall'indagine condotta per il periodo 1991-2020, **l'abbassamento medio stimato della superficie del ghiacciaio è pari a circa -15,86 m**, corrispondente ad una perdita di volume di ghiaccio pari a circa **11.427.299,40 m³** equivalenti a circa **10.284.569.460 l** di acqua di fusione del ghiaccio.

Ai fini del progetto RESERVAQUA, la perdita complessiva d'acqua di fusione stimata per il periodo indagato rappresenta un dato di particolare rilevanza in quanto consente di fornire una prima stima del contributo idrico medio stagionale del Gh. del Thoula al ciclo idrologico locale (dato di *input*).

Considerando infatti che la durata del periodo di ablazione del ghiacciaio è stata stimata a circa 2 mesi sulla base dell'analisi delle immagini satellitari ad alta risoluzione, **per il periodo 1991-2020 il contributo idrico medio stagionale delle acque di fusione del Gh. del Thoula al ciclo idrologico locale è pari a circa 67 l/s.**

Per approfondire l'argomento vi invitiamo a consultare il seguente [link](#).

* * *

*Parmi les effets à part entière du changement climatique mondial, le recul des glaciers est certainement l'un des plus évidents. Dans le cadre de la mise à jour du Cadastre régional des glaciers de la Vallée d'Aoste (<http://catastoghiacciai.partout.it>) réalisée par la Fondazione Montagna sicura - Montagne sûre, il a été possible d'observer cet effet, attesté par une situation générale de retrait des systèmes glaciaires, qui d'une superficie d'environ **135 km²** dans la région **en 2005**, sont passés **en 2012** à une superficie d'environ **128 km²** et n'occupent plus qu'une superficie d'environ **121 km²** en 2019.*

Cela correspond à **une diminution de environ 14 km² (-10,37%) en 14 ans.**

Dans cet intervalle, les glaciers ont individuellement reculé, perdant, en termes de surface, de plusieurs centaines de mètres carrés à environ un kilomètre carré, comme dans le cas du Glacier du Ruitor (La Thuile).

Un aperçu spécifique de l'évolution récente des glaciers régionaux en référence aux changements climatiques en cours a été réalisé sur la Glacier du Thoula (Courmayeur) au sein du **ThoulaLab** à travers diverses activités de recherche appliquée.

Pour l'intervalle de temps **1988-2020 (22 ans)**, un recul évident du front glaciaire a été enregistré. Egal à environ **600 m** (mesure planimétrique), il correspond à une réduction conséquente de sa surface **d'environ 0,818 km² en 1988 à environ 0,544 km² en 2020, soit une réduction globale d'environ 0,274 km²**, soit environ 1/3 (33,5%) en 22 ans (Fig.1).

Ce relevé témoigne d'une évolution «rapide» de la masse glaciaire qui, malgré des chutes de neige même abondantes en saison hivernale, est significativement affectée, quoique dans une moindre mesure que les autres glaciers de référence de la région. Cela est probablement dû à sa situation géographique (Mont Massif du Blanc) et à la montée progressive des températures des dernières décennies.

Parmi les indicateurs permettant de mieux comprendre «l'état de santé» des glaciers, il y a le concept de bilan de masse annuel (cumulatif absolu) qui représente la différence entre accumulation et pertes dues à l'ablation (fonte de la neige et de la glace), exprimée en volume équivalent d'eau, au cours d'une année hydrologique.

La tendance générale du bilan de masse «historique» du Glacier du Thoula pour la période **1991-2020 (29 ans)** (Fig.2), reconstruite en appliquant la méthode de **DEM difference** dans l'environnement informatique SIG, est négative et égale à environ **-14,274 mm w.e.** (c'est-à-dire à environ **-492 mm we / an**). Cette évolution est conforme aux valeurs mesurées à terre pour certains glaciers de référence mondiale (WGSM) pour l'Europe centrale (Fig.3) et avec celles de certains référentiels régionaux (Glacier du Timorion et Glacier du Grand Etret).

Dans le relevé réalisé pour la période 1991-2020, **l'abaissement moyen estimé de la surface du glacier est égal à environ -15,86 m**, ce qui correspond à une perte de volume de glace d'environ **11.427.299,40 m³** équivalant à environ **10.284.569.460 l** d'eau de fonte des glaces.

Aux fins du projet RESERVAQUA, la perte globale d'eau de fonte estimée pour la période étudiée représente une donnée particulièrement pertinente car elle permet de fournir une première estimation de la contribution saisonnière moyenne en eau du Glacier du Thoula au cycle hydrologique local (input).

En effet, considérant que la durée de la période d'ablation du glacier a été estimée à environ 2 mois sur la base de l'analyse d'images satellites à haute résolution, **pour la période 1991-2020 la contribution saisonnière moyenne en eau des eaux de fonte du glacier de Thoula au cycle hydrologique local est d'environ 67 l / s.**

Pour en savoir plus sur le sujet, veuillez consulter le [link](#) suivant.

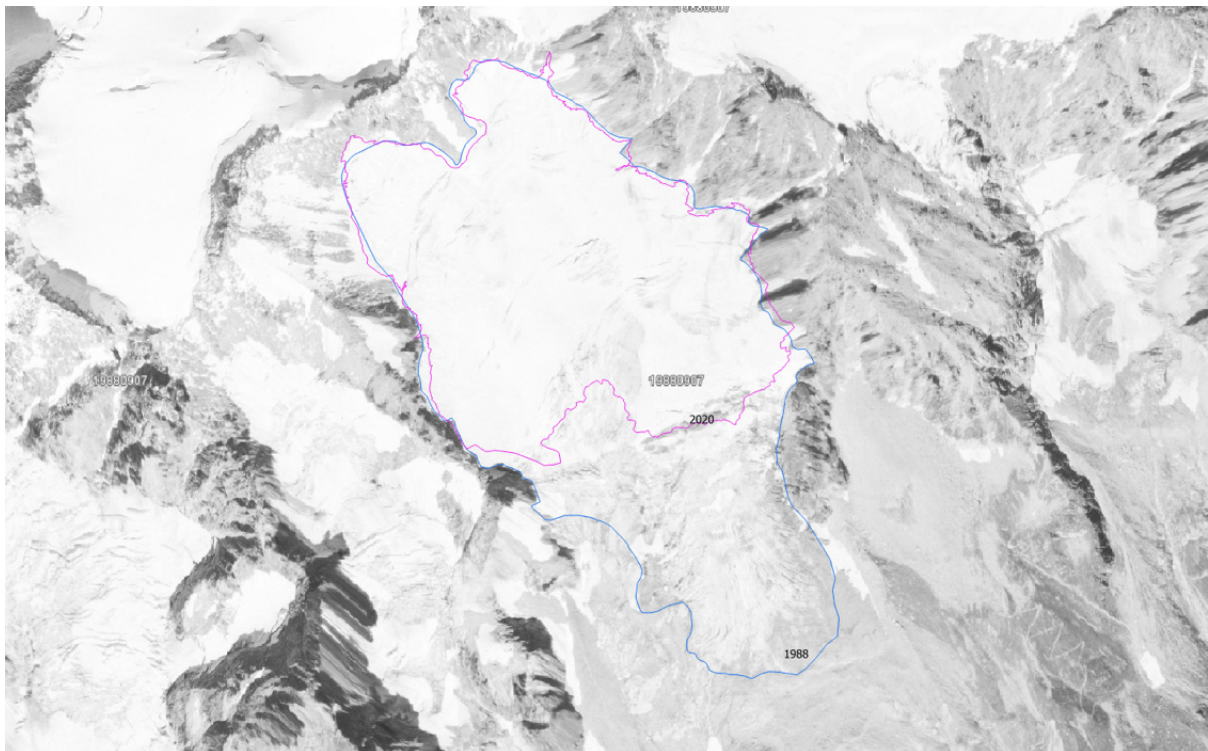


Fig.1 - Confronto tra la superficie del Gh. del Thoula relativa al 1988 (in blu) e a quella attuale 2020 (in fucsia) su ortofoto in bianco e nero del territorio nazionale 1988. / Comparaison de la surface du Gh. del Thoula relatif à 1988 (en bleu) et à l'actuel 2020 (en fuchsia) sur orthophotos noir et blanc du territoire national 1988.

Ghiacciaio del Thoula - DEM difference 2008-2020

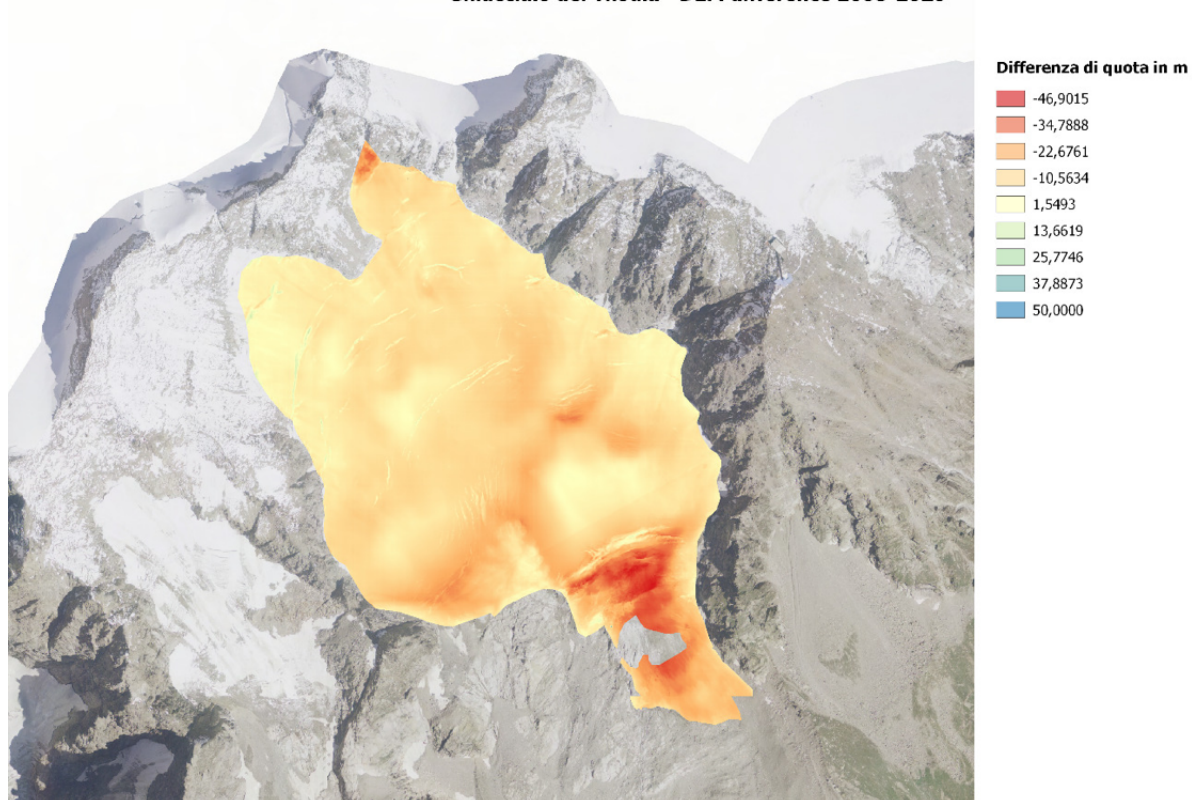


Fig.2 - Output grafico della *DEM difference* per l'intervallo temporale 2008-2020 su ortofoto RAVA (volo 2005). / Output graphique de la *DEM difference* pour l'intervalle de temps 2008-2020 sur orthophotographie RAVA (vol 2005).

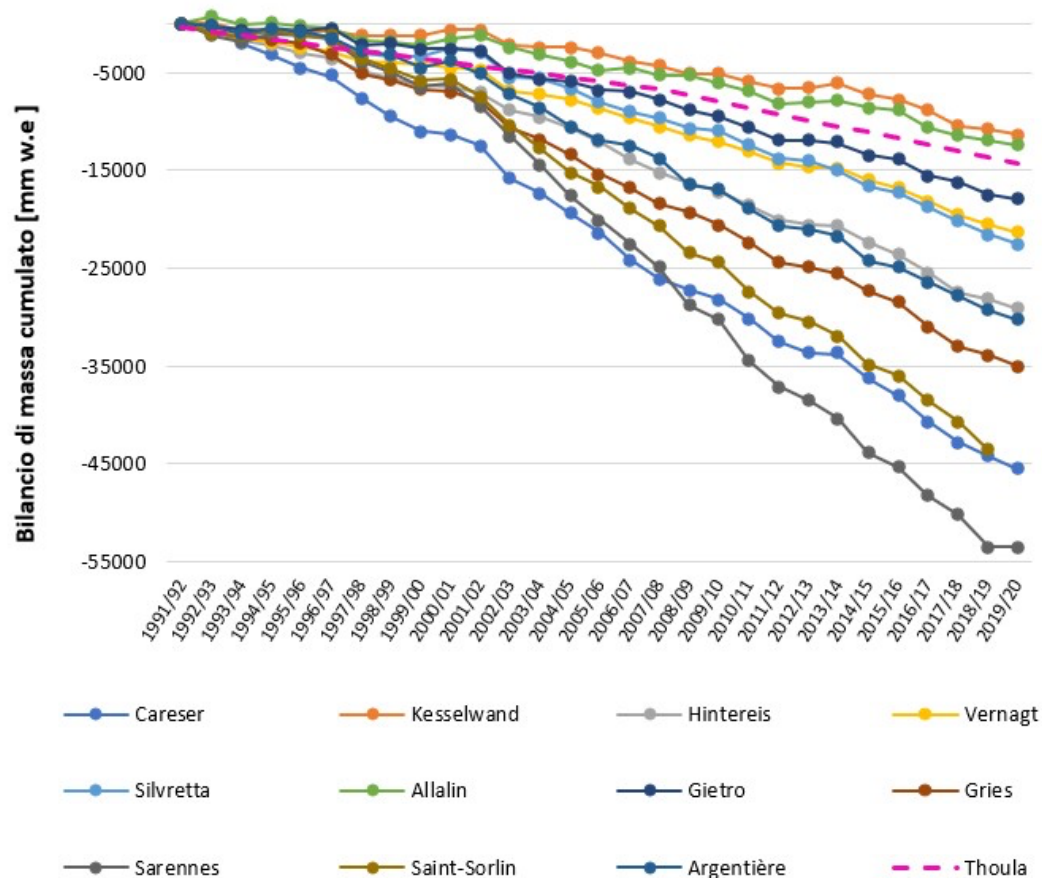


Fig.3 - Confronto tra i bilanci di massa dei *Reference glacier* dell'Europa centrale (WGMS) e del Gh. del Thoula per l'intervallo temporale 1992-2020. / *Comparaison entre les bilans de masse des glaciers de référence d'Europe centrale (WGMS) et Gh. del Thoula pour la période 1992-2020.*

Segnalazioni dai partner / *Rapports des partenaires*

- News sul sito ARPA Piemonte in occasione della Giornata Mondiale dell'Acqua 2021 / *Actualités sur le site ARPA Piemonte à l'occasion de la Journée mondiale de l'eau 2021:*

<https://www.arpa.piemonte.it/news/giornata-mondiale-dell2019acqua-2021/impegno-di-arpa-piemonte-per-il-monitoraggio-e-la-tutela-della-nostra-risorsa-piu-preziosa>

- Pagina web nel sito di ARPA Piemonte dedicata al progetto Reservaqua / *Page Web sur le site ARPA Piemonte dédiée au projet Reservaqua:*

<https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/geologia-e-dissesto/progetti-geologia-e-dissesto/reservaqua>

Partner del progetto RESERVAQUA / *Partenaires du projet RESERVAQUA*



Our mailing address is:
reservaqua@fondms.org

Want to change how you receive these emails?
You can [update your preferences](#) or [unsubscribe from this list](#).

This email was sent to <<Email>>

[why did I get this?](#) [unsubscribe from this list](#) [update subscription preferences](#)

Progetto RESERVAQUA · Località Villard de la Palud, 1 · Courmayeur, AO 11013 · Italy

