

Sullo sfondo

## Cambiamenti climatici e impatti sui territori montani

Luca Mercalli, Daniele Cat Berro

**Riassunto.** *Le montagne sono territori particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici. Sulle Alpi l'aumento di temperatura di 1,3°C nell'ultimo secolo ha ridotto della metà la copertura glaciale e – in assenza di efficaci riduzioni delle emissioni serra – entro il 2100 l'ulteriore aumento termico di 3-4°C potrà far scomparire i ghiacciai sotto i 3500 m e minacciare la disponibilità estiva di acqua, la biodiversità, le foreste e il turismo della neve. Le Alpi possono divenire un laboratorio per l'applicazione di buone pratiche per la mitigazione dei cambiamenti climatici, l'adattamento e la resilienza di fronte alle nuove sfide ambientali.*

**Parole-chiave:** *cambiamenti climatici; Alpi; resilienza; buone pratiche; mitigazione/adattamento.*

**Abstract.** *Mountain territories are particularly sensitive to climate change. In the Alps, the temperature rise of 1.3°C over the last century has reduced by half the ice cover and - in the lack of effective reductions in greenhouse emissions - by 2100 the additional thermal increase of 3-4°C could lead to the disappearance of glaciers below 3500 m and put at risk availability of water in the summer, biodiversity, forests and winter tourism. The Alps may become a workshop for the application of best practices for climate change mitigation, adaptation and resilience facing new environmental challenges.*

**Keywords:** *climate change; Alps; resilience; best practices; mitigation/adaptation.*

### Introduzione: le montagne, sentinelle dei cambiamenti ambientali

Negli ultimi anni si è accumulata un'ampia letteratura scientifica - nonché numerosi documenti politici e progetti di ricerca, in particolare nell'ambito dell'Unione Europea - che evidenziano come le regioni di montagna siano altamente sensibili ai cambiamenti climatici, in quanto riuniscono in un'area ristretta ambienti differenti per quota, esposizione e influenza delle circolazioni atmosferiche. Anche l'Ipcc (*Intergovernmental panel on climate change*) inserisce le zone di montagna tra le regioni a maggior rischio climatico ("hot spots"), e il capitolo 13 di Agenda 21 (Summit della Terra di Rio, 1992), specificatamente dedicato alle regioni montuose, al punto 4 afferma che queste "sono le zone più sensibili ai cambiamenti climatici", questione sempre attuale anche nell'ambito della più recente Conferenza Rio+20 del Giugno 2012.

Variazioni climatiche poco percepibili nelle zone di pianura vengono amplificate nelle aree montane e assumono un valore di diagnosi precoce dell'evoluzione climatica a macroscale, costituendo un'eccezionale fonte di osservazione per la ricerca scientifica e un banco di prova per lo sviluppo e la valutazione delle politiche di adattamento.

L'UNESCO, nel suo rapporto *Our global water towers* (PRICE, EGAN 2014), sottolinea che le montagne del mondo - estese su una superficie pari al 24% dei continenti e abitata da 1,2 miliardi di persone - forniscono l'acqua utilizzata da oltre metà della popolazione mondiale per bere, irrigare i campi, produrre cibo ed elettricità,

alimentare industrie; sono centri di biodiversità da cui derivano materie prime e prodotti di uso quotidiano dal cibo al legname, nonché luoghi di turismo e ricreazione per le crescenti aree urbane sottostanti, e svolgono un insostituibile apparato di servizi 'ecosistemici'. I ghiacciai che ospitano sono inoltre tra i principali e più efficaci indicatori naturali del clima in cambiamento.

Il tema della sensibilità degli ambienti montuosi ai cambiamenti climatici peraltro è stato recentemente oggetto dalla mostra "Climate change impacts on mountains of the world", sviluppata dall'UNESCO Man and Biosphere Programme (MAB) e dall'International Hydrological Programme (IHP), esposta nel 2014 dapprima a Parigi e poi a Cusco (Perù) in occasione del World Mountain Forum. Inoltre, per citare altri documenti aggiornati e frutto di studi di portata internazionale, il problema degli impatti su ecosistemi, economie e società delle regioni di montagna è ampiamente analizzato anche nel recente rapporto Mountains and Climate Change: A Global Concern (KÖHLER ET AL. 2014), attraverso numerosi casi-studio dalle Alpi, alle Ande, all'Asia Centrale e al Kilimanjaro, con particolare riguardo a ghiacciai e regimi idrologici, foreste e agricoltura.

È il caso inoltre di segnalare il progetto "Assessing the Impact of Climate Change and its Effects on Soil and Water Resources on Polar and Mountainous Regions", in corso e coordinato dall'IAEA (International atomic energy agency) per migliorare la conoscenza degli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi delle regioni polari e montane: la regione alpina austriaca degli Alti Tauri è coinvolta tra i casi studio.<sup>1</sup>

In Italia la situazione del monitoraggio dei cambiamenti climatici e ambientali in corso sull'arco alpino e in altre catene montuose del mondo è stata approfondita con il convegno internazionale "Mountains Under Watch 2013. Observing climate change effects in the Alps", tenutosi nel Febbraio 2013 al Forte di Bard, Valle d'Aosta (AA.VV. 2013).

## 1. Un fenomeno complesso e già in atto

I cambiamenti climatici sono già attivi e causano un incremento del rischio idrogeologico (alluvioni, frane) e della vulnerabilità di persone e infrastrutture, riduzione della disponibilità di acqua soprattutto in estate (anche nei territori adiacenti attraversati da corsi d'acqua che traggono origine dai rilievi), cambiamenti nel regime delle portate dei fiumi (nella regione alpina è attesa una maggior frequenza di piene invernali e siccità estive), riduzione dei ghiacciai (dal 1850 sulle Alpi si sono persi circa due terzi del loro volume, con una netta accelerazione dopo il 1985), del *permafrost* e della durata del manto nevoso soprattutto a quote inferiori ai 1500 m, cambiamento di frequenza delle valanghe, minaccia alla biodiversità e alle migrazioni vegetali e animali, cambiamenti nell'economia del turismo invernale ed estivo e nella produzione di energia idroelettrica, incertezze nella produzione agricola e danni alla selvicoltura.

## 2. Nelle 'terre alte' riscaldamento più rapido che in pianura

A conferma della sensibilità delle zone di montagna ai cambiamenti climatici, in molte regioni montuose del mondo - soprattutto equatoriali e tropicali, ma non solo - è stata identificata una tendenza al riscaldamento crescente con l'altitudine (in Colorado,

<sup>1</sup>V. <<https://www.iaea.org/newscenter/news/climate-change-polar-and-mountainous-regions>>.

## Sullo sfondo

Qui sotto: Fig. 1a. Temperature medie giornaliere all'osservatorio di Oropa (1181 m, Alpi biellesi) calcolate sui periodi 1961-1989 e 1990-2014. Il periodo recente ha rilevato un riscaldamento medio annuo di 1,2 °C rispetto al precedente trentennio, ma più evidente tra fine inverno, primavera ed estate, e più modesto invece in autunno e inizio inverno. A destra: Fig. 1b. Situazione analoga ai 2400 m del Lago Sabbione (Val Formazza), qui con incremento termico medio di 1,3 °C a livello annuo.

tra il 1979 e il 2006, incrementi termici complessivi da circa 1°C a 1500 m a oltre 2°C a 4000 m, secondo DIAZ ET AL. 2014). Tra le probabili cause dell'amplificato aumento termico in quota, figurano l'effetto della riduzione di neve e ghiacci sull'albedo (minore superficie riflettente = aumento del riscaldamento della superficie terrestre), la presenza di *aerosol* inquinanti (particolato) che tendono a 'mascherare' l'incremento delle temperature a bassa altitudine, e altri processi fisici che coinvolgono cambiamenti nel vapore acqueo e nei flussi radiativi (PEPIN ET AL. 2015). Sulle Alpi europee questa difformità altitudinale è invece meno evidente, e i tassi di aumento della temperatura sono confrontabili alle diverse quote (+0,12~+0,20°C/decennio negli ultimi 100 anni, secondo KOHLER ET AL. 2014), ma non per questo sono meno preoccupanti: l'aumento di temperatura rilevato in circa 120 anni sulle Alpi (complessivamente +1,3°C/secolo, BRUNETTI ET AL. 2009) è infatti quasi doppio rispetto alla media mondiale di +0,8°C, e la sensibilità dell'ambiente alpino a questa rapida evoluzione climatica ne fa dunque una zona di 'handicap permanente' (figg. 1, 2). Sulle Ande tropicali il riscaldamento medio è stato di 0,5°C tra il 1939 e il 2006, con andamenti fortemente correlati con l'alternanza delle fasi El Niño/La Niña (DIAZ ET AL. 2014). La comunità scientifica invoca un potenziamento delle reti di rilevamento in quota, attualmente molto modeste sopra i 4500 m in tutto il mondo, e il recupero dei dati storici esistenti tramite un grande sforzo internazionale.

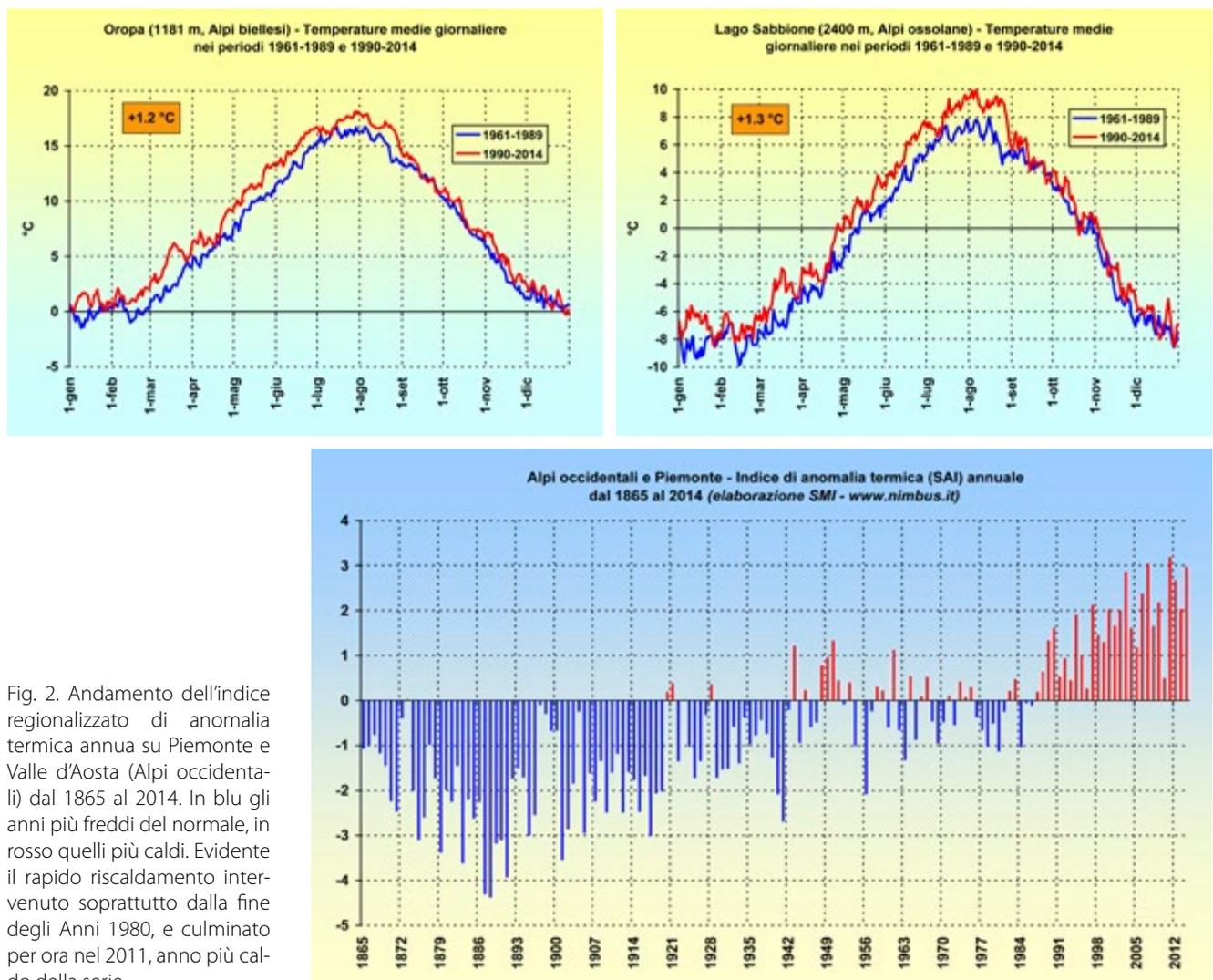


Fig. 2. Andamento dell'indice regionalizzato di anomalia termica annua su Piemonte e Valle d'Aosta (Alpi occidentali) dal 1865 al 2014. In blu gli anni più freddi del normale, in rosso quelli più caldi. Evidente il rapido riscaldamento intervenuto soprattutto dalla fine degli Anni 80, e culminato per ora nel 2011, anno più caldo della serie.

Le previsioni incluse nel V Rapporto di Valutazione dell'Ipcc (IPCC 2014) indicano per la regione alpina incrementi termici a fine XXI secolo compresi tra circa 1°C negli scenari più ottimistici (drastica riduzione delle emissioni serra, RCP<sup>2</sup> 2.6) e 3-4°C in quelli più pessimistici ("business as usual", nessun taglio alle emissioni, RCP 8.5), in questo caso con elevato rischio di gravi degradazioni degli ecosistemi naturali alpini.

### 3. Regimi delle piogge: forti scrosci più probabili ad alta quota

Sulle Alpi italiane il temuto aumento di intensità delle precipitazioni – già individuabile in altre zone del mondo e comunque altamente probabile in futuro a causa del maggiore contenuto di vapore nell'aria più calda e dell'accelerazione del ciclo dell'acqua (IPCC 2014) – ancora non è identificato con chiarezza (CAT BERRO ET AL. 2014), quanto meno a scala giornaliera, mentre si avvertono i primi segnali di maggiore durata dei periodi asciutti (PELOSINI 2010). Tuttavia, anche a pari intensità delle precipitazioni, l'aumento della temperatura rende più probabile la caduta di pioggia a quote superiori a 3000 m sulle Alpi, laddove un tempo le precipitazioni avvenivano pressoché sempre in forma nevosa, con conseguente maggiore contributo ai deflussi di piena, e più marcata mobilizzazione di detriti erosi dai fragili depositi morenici durante gli episodi estivi o d'inizio autunno (quando il suolo è scoperto dalla neve; fig. 3). Inoltre l'entità dei danni in caso di eventi alluvionali risente dell'accresciuta vulnerabilità dovuta all'aumentata occupazione del territorio (edifici, infrastrutture) negli ultimi decenni soprattutto nei fondovalle più popolosi (Val di Susa, Valle d'Aosta, Val d'Ossola, Valtellina, Val d'Adige). L'arco alpino si trova al margine tra la regione mediterranea, che secondo gli scenari futuri potrebbe soffrire di crescenti siccità estive (apporti di pioggia del trimestre Giugno-Agosto in calo tra il 10 e il 20% sulla gran parte d'Italia nel 2081-2100 rispetto al 1986-2005, considerando lo scenario di emissioni intermedio RCP 4.5), e quella mitteleuropea, che invece potrebbe conoscere un aumento delle precipitazioni invernali (fino a +10% anche sulle Alpi, benché sempre più sotto forma di pioggia a bassa quota; simulazioni: <<http://climexp.knmi.nl>> su base IPCC).



Fig. 3. Erosioni sulla morena laterale sinistra del Ghiacciaio Ciardoney (2900 m, Gran Paradiso) dopo i violenti temporali di inizio settembre 2011. L'aumento delle temperature rende più probabile la caduta di pioggia, anche intensa, a quote elevate, con maggiore contributo ai deflussi di piena e aumento del carico solido a causa di erosioni innescate soprattutto tra estate e inizio autunno, quando i fragili suoli non sono protetti dalla copertura nevosa (15.09.2011, f. D. Cat Berro).

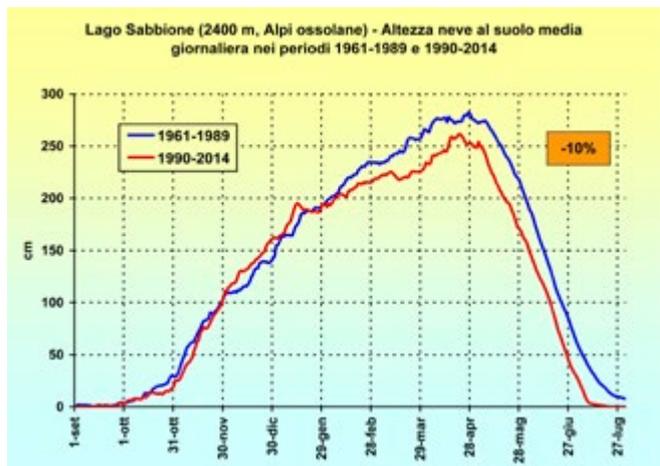
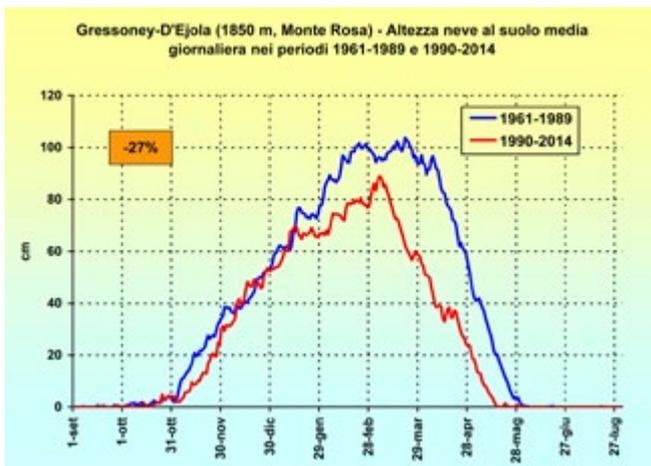
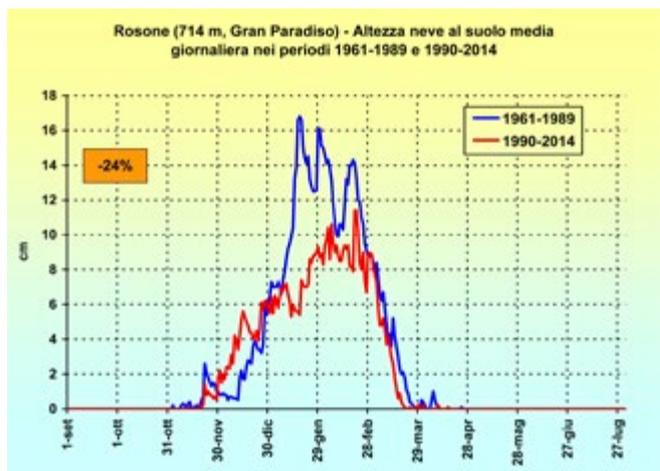
<sup>2</sup> Acronimo di *Representative concentration pathways*, i quattro possibili scenari di tendenza per la concentrazione atmosferica di gas serra utilizzati da IPCC 2014 [N.d.R.].

## Sullo sfondo

Da sinistra in alto: Fig. 4. Innevamento programmato al Fraix (1400 m, Chiomonte, Val Susa) all'inizio dell'inverno 2014-15, molto mite e con manto nevoso confinato sopra i 2000 m sulle Alpi occidentali: gli elevati costi energetici e ambientali rendono sempre più problematico sopperire alla mancanza di neve naturale soprattutto alle quote medio-basse (12.01.2015, f. D. Cat Berro). Di seguito: Fig. 5 (a, b, c). Andamento dello spessore medio giornaliero del manto nevoso nei periodi 1961-1989 e 1990-2014 in tre località a diversa altitudine sulle Alpi occidentali: Rosone (714 m, Valle Orco),

## 4. Innevamento: meno nevicate, soprattutto a bassa quota, e precoce fusione primaverile

Il riscaldamento atmosferico invernale (sulle Alpi occidentali circa  $+1.4^{\circ}\text{C}$  nell'ultimo secolo) sta drasticamente riducendo la frazione nevosa delle precipitazioni soprattutto sotto i 1000-1500 m, laddove le nevicate già in passato avvenivano spesso al limite della trasformazione in pioggia (fig. 4), mentre la diminuzione delle quantità di neve fresca è meno avvertita alle quote superiori: prendendo ancora ad esempio le Alpi piemontesi e valdostane, nel periodo 1990-2014, rispetto al 1961-1989, gli apporti nevosi sono diminuiti del 27% a Formazza (1270 m), 20% a Cuneo (537 m) e Aosta (565 m), 19% a Ceresole Reale (1579 m), 18% a Oropa (1181 m), 13% al Lago Goillet (2526 m), 10% a Gressoney-D'Ejola (1850 m) e Lago Sabbione (2400 m), 8% al Lago Serrù (2275 m). L'aumento di temperatura influisce negativamente anche sulla durata e sullo spessore medio del manto nevoso, pure in diminuzione soprattutto in primavera con anticipo dei periodi di fusione di almeno un paio di settimane, ma in relazione meno stretta con l'altitudine: spessore medio in calo, tra il 1961-1989 e il 1990-2014, del 40% a Entracque (900 m) e Lago Serrù, 27% a Gressoney-D'Ejola, 24% a Rosone (714 m), 10% al Lago Sabbione (fig 5).



Gressoney-D'Ejola (1850, Monte Rosa), Lago Sabbione (2400, Val Formazza). L'impatto del riscaldamento su durata e spessore della neve è più marcato alle quote inferiori a 1500-2000 m.

## 5. Ghiacciai: in regresso in tutto il mondo

La riduzione dei ghiacciai rientra tra le conseguenze più evidenti del riscaldamento globale, con effetti apprezzabili anche da un vasto pubblico non specialistico,

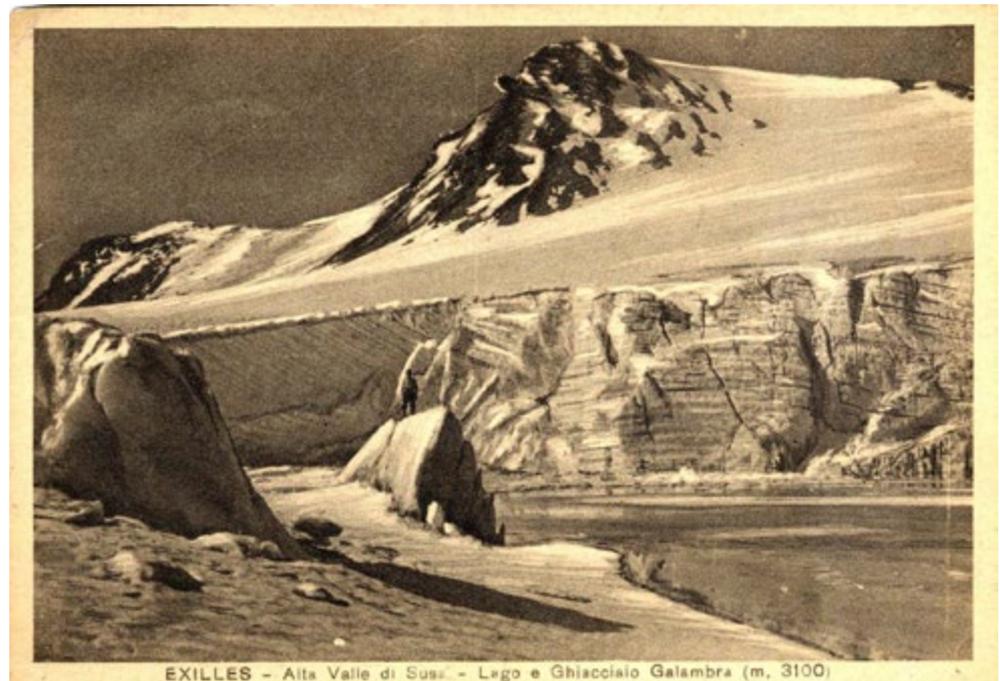
e per questo costituisce un elemento di grande efficacia nella sensibilizzazione sui temi ambientali (figg. 6-7). Salvo isolate e temporanee eccezioni, l'attuale crisi della criosfera riguarda tutte le catene glacializzate del mondo, dalle Ande, al Karakorum, all'Alaska (UNEP-WGMS 2009), con molteplici implicazioni: alterazione dei regimi idrologici e maggiore esposizione di agricoltura e produzione idroelettrica alle siccità estive, diminuzione di stabilità dei versanti per fusione del *permafrost*, perdita di endemismi caratteristici degli ambienti glaciali, minore attrazione turistica dell'alta montagna, aumento dei rischi legati alla mutata dinamica glaciale (improvviso svuotamento di nuovi laghi, crollo di seracchi). I ghiacciai delle Alpi europee, dopo l'ultima avanzata della Piccola Età Glaciale (PEG, 1550-1850), hanno subito fino a oggi un regresso pressoché continuo, sia areale sia volumetrico, interrotto solo da brevi avanzate o stasi intorno al 1880, 1920, e tra il 1970 circa e il 1986 (CITTERIO ET AL. 2007). Si stima che la superficie glaciale delle intere Alpi verso il 1850 (culmine PEG) ammontasse a 4474 Km<sup>2</sup>, ridottisi a 2272 Km<sup>2</sup> nel 2000 (ZEMP ET AL. 2008) e a 2050 Km<sup>2</sup> nel 2003, secondo il catasto di PAUL ET AL. 2011 basato su immagini satellitari LandSat, con una contrazione del 54% in poco più di un secolo e mezzo. A scala regionale si trovano valori analoghi, talora con riduzioni più rilevanti: nelle Province di Torino e Cuneo, dal Gran Paradiso alle Alpi Marittime, tra il 1850 e il 2006 la superficie glaciale perduta sale al 78% (LUCCHESI ET AL. 2013).

Il nuovo Catasto dei ghiacciai italiani (SMIRAGLIA 2015), realizzato dall'Università di Milano con la collaborazione dell'Associazione EvK2CNR e del Comitato glaciologico italiano, e con il supporto di una borsa di studio di Levissima, si è posto l'obiettivo di dare un quadro aggiornato del glacialismo italiano sulla base di ortofoto ad alta definizione del periodo 2005-2011. I risultati mostrano che il glacialismo attuale italiano è costituito da 903 apparati che coprono una superficie complessiva di 370 Km<sup>2</sup>, sensibilmente diminuita (-29%) rispetto ai 518 Km<sup>2</sup> del precedente catasto CGI di inizio anni 1960 (le modalità di raccolta ed elaborazione dati molto diverse fra i due catasti rendono difficile un confronto quantitativo, ma la tendenza all'intenso regresso, che si è concretizzato con sensibili modificazioni del paesaggio dell'alta montagna, è indiscutibile).

Fig. 6 (a, b). L'impressionante regresso del ghiacciaio Pré de Bar (Monte Bianco) tra il 1897 (f. Druetti) e il 2012 (f. L. Mercalli): in poco più di un secolo la fronte si è ritirata di circa 800 m.



Sullo sfondo



EXILLES - Alta Valle di Susa - Lago e Ghiacciaio Galambra (m. 3100)



Fig. 7 (a, b). Molti piccoli ghiacciai in posizioni marginali per il glacialismo alpino, a quote inferiori a 3000 m e in esposizione soleggiata, si sono già estinti o minacciano di scomparire entro pochi anni, come il ghiacciaio Galambra (Valle di Susa), ancora potente intorno al 1930, e oggi ridotto a modestissime placche in disfacimento (settembre 2007, f. M. Tron).

Serie pluridecennali di variazione frontale sono disponibili per numerosi ghiacciai alpini italiani, dal Pré de Bar (Monte Bianco) al Lys (Monte Rosa), dai Forni (Ortles-Cevedale) alla Marmolada (Dolomiti), e tutte evidenziano intensi ritiri dall'apice PEG a oggi compresi tra 400 m e oltre 1,5 Km. Il ghiacciaio del Lys, sul versante valdostano del Monte Rosa (9 Km<sup>2</sup> nel 2010), vanta la più lunga serie di variazione frontale in Italia, iniziata nel 1812: dal massimo PEG (qui raggiunto nel 1860) il regresso ha raggiunto i 1700 m circa e – a testimonianza delle profonde trasformazioni ambientali in corso in alta montagna – con un incremento della temperatura media di poco superiore a 1°C e la conseguente scomparsa del ghiaccio, l'anfiteatro morenico PEG è stato colonizzato da una copertura dapprima erbacea e poi forestale a *Larix decidua* fino a quota 2150 m circa (MERCALLI ET AL. 2006).

Attualmente più nessun ghiacciaio alpino è in reale avanzata attribuibile a favorevoli condizioni di alimentazione. Tra il 1999 e il 2004 la lingua del ghiacciaio del Belvedere (Macugnaga) ha conosciuto un cospicuo inturgidimento, riconducibile però a un fenomeno di *'surge'* originatosi sulla parete nord-orientale del Monte Rosa, senza incremento complessivo del volume glaciale (MORTARA, TAMBURINI 2009).

Tra i ghiacciai oggetto di misure di bilancio di massa (procedura di monitoraggio più laboriosa, che comporta un sopralluogo a fine primavera per la determinazione dell'accumulo stagionale in equivalente d'acqua tramite carotaggio e pesatura di campioni di manto nevoso, e uno a fine estate per la valutazione della fusione del ghiaccio tramite paline ablatometriche), il Ciardoney (Gran Paradiso) ha perso uno spessore medio equivalente a 29 m d'acqua dal 1992 al 2014, con tassi di riduzione dell'ordine di 1,3 m/anno (MERCALLI, CAT BERRO 2005). A partire dal 2003 si è osservata ovunque una forte accelerazione dei regressi, e molti piccoli ghiacciai in situazioni geografiche marginali per il glacialismo si sono già estinti, soprattutto su Alpi Marittime, Monviso, versante Sud del Gran Paradiso, Dolomiti. Al contrario, alle quote più elevate, sopra i 4000 m, per ora l'incidenza del riscaldamento sui volumi glaciali è stata marginale, come attestato per il Monte Bianco da VINCENT ET AL. 2007.

Le cause dell'attuale regresso glaciale risiedono principalmente nella fusione estiva più intensa e prolungata a causa delle temperature più elevate, mentre variazioni nell'alimentazione nevosa invernale sembrano avere un ruolo più modesto alle quote dei bacini glaciali (MERCALLI ET AL. 2008).

Il riscaldamento atmosferico ha altresì moltiplicato la formazione di nuovi e instabili laghi glaciali, con alcuni casi emblematici sulle Alpi occidentali: sul ghiacciaio del Rocciamelone (Alpi Graie) un lago marginale ampliatosi dagli Anni 1980 ha raggiunto nel 2004 un volume di circa 650.000 mc prima di essere artificialmente svuotato dalle autorità francesi per scongiurare un improvviso cedimento verso la Valle dell'Arc (MERCALLI ET AL. 2002; VINCENT ET AL. 2010). Tra il 2001 e il 2003 lo sviluppo del grande Lago Effimero (stimati circa 3 milioni di mc) sul Ghiacciaio del Belvedere (Monte Rosa) ha richiesto il dispiegamento di una grandiosa operazione di protezione civile per il controllo del rischio (MORTARA, TAMBURINI 2009; fig. 8).

Nel 2010 i ricercatori del Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement di Grenoble (LGGE) hanno scoperto un accumulo di circa 65.000 mc d'acqua interno al piccolo ghiacciaio di Tête Rousse (versante francese del Monte Bianco), laddove già nel 1892 la rottura improvvisa di un analogo serbatoio aveva scatenato una violenta GLOF (*Glacial lake outburst flooding*) responsabile di 175 vittime nel sottostante paese di St.-Gervais-Les Bains; anche in questo caso si è proceduto a un delicato drenaggio controllato (GAGLIARDINI ET AL. 2011). All'aumento delle temperature in quota, alla maggiore presenza di acqua liquida all'interfaccia roccia-ghiaccio e allo scongelamento del *permafrost* si riconduce l'incremento di crolli rocciosi e di fronti glaciali sospese.



Fig. 8. Rilievo batimetrico per la determinazione della profondità del Lago Effimero, formatosi sulla superficie del ghiacciaio del Belvedere (Macugnaga, Monte Rosa) tra il 1999 e il 2002. Il lago epiglaciale giunse a invadere circa 3 milioni di m<sup>3</sup> d'acqua, facendone temere una improvvisa rottura con rilascio di una piena rovinosa in Valle Anzasca, e giustificando un'imponente operazione di protezione civile. Tuttavia lo svuotamento avvenne fortunatamente in maniera più graduale, senza danni a valle. Oggi il lago è pressoché scomparso (luglio 2002, f. L. Mercalli).

Il 6 Luglio 1989 due terzi del ghiacciaio Superiore di Coolidge (parete Nord del Monviso), circa 250.000 mc di ghiaccio, sono collassati fino al sottostante Lago Chiaretto spazzando il sentiero per il Rifugio Quintino Sella (MORTARA, PALOMBA 2009). È solo il primo di una lunga serie di recenti episodi di instabilità dei territori d'alta quota, tra cui la valanga di roccia e ghiaccio del 18 Settembre 2004 alla Punta Thurwieser nell'Ortles-Cevedale (circa 2,7 milioni di mc, GODONE ET AL. 2007).

Quanto all'evoluzione glaciale futura, secondo le simulazioni di Huss (2012) che considerano quattro diversi scenari di aumento termico, verso il 2100 potrebbe rimanere solo il 4-18% della superficie glaciale presente nel 2003 sulle Alpi, con estinzione pressoché totale sotto i 3500 m.

## 6. Dalle 'water towers' del mondo, acqua in quantità e tempi diversi

Circa il 40% della popolazione mondiale dipende più o meno direttamente dalle risorse idriche in arrivo dalle montagne per l'approvvigionamento idropotabile, la produzione idroelettrica e l'agricoltura, tanto che le catene montuose vengono spesso denominate 'water towers' delle sottostanti pianure. La riduzione o scomparsa dei ghiacciai e la precoce fusione del manto nevoso stagionale in conseguenza di un'atmosfera più calda sempre più si ripercuoteranno nei regimi di deflusso dei corsi d'acqua a valle, con un anticipo primaverile dei periodi di morbida che potrà lasciare più all'asciutto i mesi centrali dell'estate, proprio quando maggiore è la richiesta d'acqua. In un contesto di riscaldamento e di maggiore variabilità climatica nelle regioni di montagna, una delle maggiori sfide sarà mantenere un adeguato approvvigionamento idrico a fronte anche della popolazione in aumento. Sono le conclusioni del progetto europeo "ACQWA", cui ha partecipato un consorzio internazionale di 37 università, istituti di ricerca e aziende, e coordinato dal prof. Martin Beniston dell'Università di Ginevra, nel periodo 2008-2012.<sup>3</sup>

Queste criticità potrebbero divenire acute proprio sui rilievi dell'Europa meridionale e - nonostante l'assenza di ghiacciai già oggi - soprattutto sugli Appennini, collocati nel pieno della fascia mediterranea considerata un 'hot spot' esposto a crescenti siccità estive a seguito del riscaldamento globale. La vulnerabilità delle risorse idriche alpine è stata esaminata dall'Agenzia europea per l'ambiente nel 2009, con la produzione del rapporto *Regional climate change and adaptation* (EEA 2009).

E il problema è ancor più complesso di quanto possa superficialmente apparire, come mostra un esempio dalla California: dal manto nevoso della Sierra Nevada defluisce il 75-80% dell'acqua utilizzata dai californiani, e ne beneficia circa la metà della produzione statunitense di frutta e verdura; in un clima più caldo una crescente parte delle precipitazioni avverrà in forma liquida, alterando la stagionalità dei deflussi fluviali (in diminuzione d'estate), e oltretutto una maggiore porzione d'acqua potrà essere sottratta ai torrenti a causa dell'evapotraspirazione da parte delle foreste in estensione verso le alte quote: a +4°C di temperatura media entro il 2100 corrisponderebbe infatti un calo del 26% dei deflussi nel bacino del King River, sostengono Goulden e Bales (2014).

## 7. Ecosistemi, foreste, biodiversità: estinzioni in agguato

Le aree montane sono forzieri di biodiversità minacciati dal cambiamento rapido del clima: di tutti i siti Natura 2000, il 43% si trova in zone di montagna, e 118 delle 1148 specie elencate negli Annexes II e IV della Direttiva Habitat sono legate ad ambienti montuosi (EEA 2010).

<sup>3</sup>V. <<http://www.acqwa.ch>>.

In Europa l'estensione complessiva delle foreste - che ricoprono soprattutto le zone di montagna - è attualmente in aumento (in Italia si è passati da 76.000 Km<sup>2</sup> nel 1990 a oltre 91.000 Km<sup>2</sup> nel 2010, pari a +20%, secondo *FOREST EUROPE ET AL.* 2011), e le aree boscate producono un importante effetto di assorbimento del CO<sub>2</sub> in eccesso prodotto dalle attività umane, contribuiscono a migliorare la qualità dell'aria grazie anche all'assorbimento dei metalli pesanti, attenuando così i fenomeni avversi dovuti all'inquinamento, e forniscono importanti risorse idriche e paesaggistiche. Tuttavia i cambiamenti climatici possono divenire più rapidi delle capacità di adattamento e migrazione delle specie (soprattutto vegetali, ma anche animali) verso l'alto lungo i piani altitudinali, e - anche agendo in concomitanza con altri fattori come l'elevata pressione antropica sugli ecosistemi, l'interruzione di corridoi ecologici (*CHESTER ET AL.* 2013) e l'inquinamento - possono causare frammentazione di *habitat* ed estinzioni. A rischio sono soprattutto le specie alpine 'cacuminali', ovvero di vetta, che già oggi si trovano a quote elevate e con l'aumento di temperatura non potrebbero riparare altrove migrando. Tra le ulteriori conseguenze attese: *stress* fisiologico per le comunità vegetali in caso di siccità prolungate, come accaduto nell'estate 2003, e predisposizione all'attacco di parassiti a seguito dell'indebolimento fisiologico delle piante; incendi boschivi più diffusi in estate per la maggiore siccità del sottobosco. Tra l'ampia bibliografia di settore disponibile, segnaliamo il rapporto *Mountain Biodiversity and global change*, pubblicato nel 2010 dall'Università di Basilea (*SPEHN ET AL.* 2010).

## 8. Turismo: un insieme di sfide e opportunità

Per le loro caratteristiche climatiche e di biodiversità, la ricchezza paesaggistica, le risorse idriche, gli aspetti culturali ed edilizi, le tradizioni e i costumi, le zone di montagna rappresentano, assieme a quelle costiere, le aree più importanti per il turismo. Se da un lato la riduzione della copertura glaciale e dell'innevamento renderanno meno attraenti diverse regioni montuose, con ripercussioni in particolare sul turismo invernale legato allo sci, che si trova peraltro di fronte all'insostenibilità economica e ambientale dell'innevamento programmato (*HAHN* 2004), nuove opportunità sono all'orizzonte: conversione dell'offerta verso attività alternative quali l'escursionismo, l'equitazione, il turismo culturale e l'agriturismo, che tenga conto di modi più maturi di vivere il paesaggio e la cultura alpina; maggiore afflusso di persone provenienti dalle città arroventate, alla ricerca di luoghi freschi in cui vivere, lavorare o riposarsi, con possibilità di rivitalizzazione del tessuto sociale alpino.

## 9. Cosa fare? Le montagne come laboratorio di adattamento e sostenibilità ambientale

A fronte dell'insieme di impatti generati dal clima in cambiamento, le montagne d'Europa e del mondo possono divenire uno straordinario laboratorio di innovazione e sperimentazione di modalità di mitigazione e adattamento ai problemi ambientali. Proponiamo di seguito un elenco di considerazioni e suggerimenti, già esposti nell'ottobre 2013 da Luciano Caveri e Luca Mercalli durante la 97<sup>a</sup> sessione plenaria del Comitato delle Regioni a Bruxelles, che ha visto l'approvazione del progetto di parere "Approcci regionali specifici ai cambiamenti climatici nell'Unione Europea sulla base dell'esempio delle regioni montane".

1. Le tradizioni e le culture di montagna si fondano sull'importante concetto della consapevolezza dei limiti ambientali. Le relazioni con gli stretti vincoli fisici del territorio hanno permesso di elaborare nel tempo raffinati criteri di sostenibilità e di uso razionale delle risorse, dagli antichi nuclei abitativi *walser* al progetto CasaClima della provincia autonoma di Bolzano. Questi valori di fondo possono essere integrati in una visione moderna attraverso l'aiuto delle nuove tecnologie, producendo conoscenza e modelli di sviluppo che siano utili non solo alle stesse aree di montagna, ma anche alle zone periferiche, e in molti casi possono assumere valore universale (come il modello di *Rural/urban partnership* RURBAN-TCUM/Eu DG REGIO).
2. Il cambiamento climatico sfiderà le nostre capacità di adattamento più di ogni altro ostacolo che la nostra specie abbia mai affrontato, tuttavia è solo un indicatore parziale di una più complessa crisi ambientale e dell'umanità che interessa anche:
  - disponibilità di risorse naturali rinnovabili (foreste, risorse ittiche, prelievo di biomassa);
  - riduzione della biodiversità;
  - fragilità della produzione alimentare (elevato costo energetico fossile degli alimenti, riduzione del suolo coltivabile, squilibrio dei cicli di carbonio, azoto e fosforo);
  - riduzione della disponibilità di risorse minerarie;
  - riduzione della disponibilità di energia fossile a basso costo (picco del petrolio);
  - inquinamento dell'aria, dell'acqua, dei suoli e accumulo di rifiuti non biodegradabili;
  - aumento demografico e flussi migratori (anche dovuti ai cambiamenti climatici).
3. Questi problemi causeranno diverse reazioni economiche e sociali a seconda delle aree geografiche. Tra i pochi progetti che analizzano gli impatti dei cambiamenti climatici sull'economia europea, il progetto PESETA (2009) del Joint research centre dell'Unione europea (JRC) non considera però le regioni di montagna.
4. Nel Libro bianco sull'adattamento (2009) la Commissione europea riconosce la variabilità regionale degli effetti climatici e il fatto che qualsiasi strategia di adattamento potrà funzionare solo se vedrà la cooperazione di tutti i livelli di *governance*. L'adattamento è un processo dinamico a lungo termine che richiede una stretta relazione tra decisori politici, ricercatori, tecnici, imprenditori e amministratori locali.
5. Nella primavera 2012 è stata lanciata la piattaforma CLIMATE-ADAPT (<<http://climate-adapt.eea.europa.eu>>), strumento utile per riunire gli esempi di buone pratiche e per la pianificazione a livello di regione e di area urbana, comprendente anche una sezione dedicata alle montagne.

## 10. Proposte e obiettivi

1. Favorire l'integrazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici in un più ampio progetto di aumento della resilienza individuale e collettiva che tenga conto di tutte le criticità ambientali, energetiche e sociali inevitabilmente interconnesse.
2. L'aumento di vulnerabilità delle zone montane atteso nei prossimi decenni richiede un incremento di ricerca scientifica e un buon sistema di scambio delle informazioni.

3. In relazione alle nuove criticità indotte dai cambiamenti climatici, è necessario prevedere politiche di miglioramento dell'accesso e della fornitura di servizi d'interesse generale nelle zone montuose.
4. Definire azioni fortemente interconnesse per la soluzione dei problemi esistenti e la gestione di quelli futuri:
  - a. raggiungimento della massima efficienza energetica di edifici nuovi e riqualificazione di quelli esistenti;
  - b. introduzione di energie rinnovabili a seconda delle caratteristiche del territorio (solare termico e fotovoltaico, eolico, idroelettrico, biomassa), fino al raggiungimento ove possibile dell'autosufficienza energetica; necessità di piani energetici regionali integrati, gestione degli invasi idroelettrici di pompaggio in funzione di stoccaggio della produzione fotovoltaica;
  - c. promozione di *audit* energetici a scala comunale e regionale;
  - d. riduzione dei flussi di energia e materia nelle comunità locali a parità di standard di vita (esempio: Società 2000 W, ETH Zürich);
  - e. riduzione della produzione di rifiuti e massima riciclabilità, incentivo alla produzione di *compost* domestico da rifiuti organici;
  - f. riattivazione delle filiere alimentari locali: agricoltura e allevamento di qualità per sostenere principalmente il consumo sul posto e il commercio per i turisti;
  - g. gestione forestale regolamentata in relazione al prelievo di biomassa legnosa a fini energetici e da costruzione e attenta alle pressioni derivanti dai cambiamenti climatici; dimensionamento degli impianti di produzione di calore da biomassa non superiore alla producibilità forestale annuale; mantenimento delle foreste di protezione;
  - h. forte limitazione del consumo di suolo per edilizia e infrastrutture;
  - i. riduzione delle esigenze di mobilità attraverso il potenziamento delle reti informatiche e le ICT, i servizi informatizzati e il telelavoro (che permetterebbero anche il ripopolamento di zone di montagna abbandonate e una miglior fruizione turistica);
  - j. promozione di turismo ambientalmente responsabile; creazione di un osservatorio europeo del turismo, sviluppo dell'agriturismo;
  - k. promozione di un'economia verde e di innovazione in ambiente montano: energia, elettronica, sistemi di controllo e monitoraggio, ricerca scientifica e poli di formazione universitaria;
  - l. formazione e cultura: la sensibilizzazione del pubblico verso l'urgenza climatica è cruciale per l'applicazione delle buone politiche climatiche e per la strategia di adattamento, per questo si dovrà promuovere la diffusione dei temi ambientali nei programmi scolastici e tramite attività di informazione al pubblico, come la creazione di 'sportelli per l'adattamento' regionali per elaborare strategie adeguate al contesto locale e informare i cittadini. Un esempio: l'australiano Victorian centre for climate change adaptation research (VCCCAR, <<http://www.vcccar.org.au>>) che integra localmente la più ampia politica nazionale disposta dal National climate change adaptation research facility (NCCARF, <<http://www.nccarf.edu.au>>).
  - m. programmi di protezione civile e prevenzione del rischio climatico, attraverso infrastrutture, sistemi di previsione e di allerta meteorologici, scambio rapido di informazioni con il pubblico, esercitazioni per la prevenzione dei danni e il salvataggio delle persone.

5. Favorire la conservazione e il sostegno dei modelli edilizi delle aree di montagna e delle zone rurali, con l'elaborazione di piani territoriali estesi anche alle risorse naturali, tali da consentire uno sviluppo urbanistico incompatibile con la speculazione sul suolo. In tal modo si potrà evitare il degrado dei paesaggi, degli ecosistemi, degli *habitat* e degli spazi protetti attuali, prevenire la contaminazione delle risorse idriche e del suolo e contribuire allo sviluppo di un turismo responsabile, e quindi indurre le popolazioni a non abbandonare le zone di montagna.
6. Molte regioni montane hanno già cominciato a sviluppare strategie di adattamento ed è urgente coordinare gli obiettivi ed esaminare i risultati. Occorre armonizzare le iniziative ambientali oggi disperse tra molte associazioni, Enti di ricerca e amministrazioni di zone montuose. Ad esempio, nelle Alpi esistono attività molto avanzate che tuttavia presentano un limitato livello di interazione/coordinamento e spesso si sovrappongono o comportano per i Comuni scelte confuse e mancanza di standard normativi (alcuni esempi: Convenzione delle Alpi, <<http://www.cipra.org>>, <<http://www.alliancealpes.org>>, <<http://www.villedesalpes.org>>, <<http://www.campagna-seeitalia.it/il-patto-dei-sindaci>>, <<http://www.alpine-pearls.com>>).
7. Monitoraggio dei risultati conseguiti, tramite l'elaborazione di indici di efficacia degli interventi, prestazioni raggiunte, banca dati unificata per la consultazione dei progetti e catasto energetico.

## Riferimenti bibliografici

- AA.VV. (2013), *Mountains Under Watch 2013. Observing climate change effects in the Alps. Books of abstracts*, Forte di Bard (Aosta), 20-21 Febbraio 2013.
- BRUNETTI M., LENTINI G., MAUGERI M., NANNI T., AUER I., BÖHM R., SCHÖNER W. (2009), "Climate variability and change in the Greater Alpine Region over the last two centuries based on multi-variable analysis", *International Journal of Climatology*, n. 29, pp. 2197-2225.
- CAT BERRO D., MERCALLI L., BERTOLOTTO P.L., MOSELLO R., ROGORA M., ORRÙ A. (2014), "Il clima dell'Ossola Superiore", *Nimbus*, n. 72, pp. 46-129.
- CHESTER C.C., HILTY J.A., HAMILTON L.S. (2013), "Mountain gloom and mountain glory revisited: a survey of conservation, connectivity, and climate change in mountain regions", *Journal of Mountain Ecology*, n. 9, pp. 1-34, <<http://www.mountainecology.org/index.php/me/article/view/12/9>>.
- CITTERIO M., DIOLAIUTI G., SMIRAGLIA C., D'AGATA C., CARNIELLI T., STELLA G., SILETTO G.B. (2007), "The recent fluctuations of Italian glaciers", *Geografiska Annaler*, vol. 89, n. A3, pp. 164-182.
- DIAZ H.F., BRADLEY R.S., NING L. (2014), "Climatic changes in mountain regions of the American Cordillera and the tropics: historical changes and future outlook", *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, vol. 46, n. 4, pp. 1-9.
- EEA - EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2009), *Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources*, EEA report n. 8/2009, <[http://www.riob.org/IMG/pdf/EEA\\_Report\\_8-2009\\_Alps.pdf](http://www.riob.org/IMG/pdf/EEA_Report_8-2009_Alps.pdf)>.
- EEA - EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2010), *Europe's ecological backbone: recognising the true value of our mountains*, Report n. 6/2010, <<http://www.pedz.uni-mannheim.de/daten/edz-bn/gdf/10/Europes%20ecological%20backbone.pdf>>.
- FOREST EUROPE, UNECE, FAO (2011), *State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*, <[http://www.foresteurope.org/documentos/State\\_of\\_Europes\\_Forests\\_2011\\_Report\\_Revised\\_November\\_2011.pdf](http://www.foresteurope.org/documentos/State_of_Europes_Forests_2011_Report_Revised_November_2011.pdf)>.
- GAGLIARDINI O., GILLET-CHAULET F., DURAND G., VINCENT C., DUVAL P. (2011), "Estimating the risk of glacier cavity collapse during artificial drainage: The case of Tête Rousse Glacier", *Geophysical Research Letters*, vol. 38, n. 10, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011GL047536/epdf>>.
- GODONE F., GODONE D., TAMBURINI A., MORTARA G. (2007), "La valanga di roccia della Cima Thurwieser (SO): determinazione del volume con tecniche di fotogrammetria digitale", in *Atti dell'11ª Conferenza Nazionale ASITA*, Torino 6-9 Novembre 2007.
- GOULDEN M.L., BALES R.C. (2014), "Mountain runoff vulnerability to increased evapotranspiration with vegetation expansion", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, n. 39, pp. 14071-14075.

- HAHN F. (2004), *Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica*, <<http://www.cipra.org/it/dossiers/11>>.
- HUSS M. (2012), "Extrapolating glacier mass balance to the mountain-range scale: the European Alps 1900-2100", *The Cryosphere*, n. 6, pp. 713-727.
- IPCC (2014), *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge UK.
- KOHLER T., WEHRLI A., JUREK M. (2014 - a cura di), *Mountains and Climate Change: A Global Concern*, Centre for Development and Environment, Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Geographica Bernensia, Bern, <[http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/E\\_LOW\\_Fullversion\\_Mountain\\_CC.pdf](http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/E_LOW_Fullversion_Mountain_CC.pdf)>.
- LUCCHESI S., FIORASO G., BERTOTTO S., MORTARA G., NIGRELLI G., CHIARLE M. (2013), "I ghiacciai delle Alpi piemontesi centro-meridionali dalla Piccola Età Glaciale al 2006", *Nimbus*, n. 69-70, pp. 22-30.
- MERCALLI L., MORTARA G., CAT BERRO D., TAMBURINI A. (2002), "Un lago sul ghiacciaio del Rocciamelone, Alpi occidentali: caratteristiche e rischio potenziale", *Nimbus*, n. 23-24, pp. 3-9.
- MERCALLI L., CAT BERRO D. (2005), *Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese*, SMS, Bussoleno.
- MERCALLI L., ACORDON V., CAT BERRO D., DI NAPOLI G. (2006), *Cambiamenti climatici in Valle d'Aosta. Opportunità e strategie di risposta*, SMS, Bussoleno.
- MERCALLI L., ACORDON V., CAT BERRO D., DI NAPOLI G. (2008), *Cambiamenti climatici sulla montagna piemontese*, SMS, Bussoleno.
- MORTARA G., PALOMBA M. (2009), "Il Ghiacciaio Superiore di Coolidge (Monviso) a venti anni dal crollo del 6 luglio 1989", *Nimbus*, n. 53-54, pp. 30-31.
- MORTARA G., TAMBURINI A. (2009 - a cura di), *Il Ghiacciaio del Belvedere e l'emergenza del Lago Effimero*, SMS - Regione Piemonte, Torino.
- PAUL F., FREY H., LE BRIS R. (2011), "A new glacier inventory for the European Alps from Landsat TM scenes of 2003: Challenges and results". *Annals of Glaciology*, vol. 52, n. 59, pp.144-152.
- PELOSINI R. (2010), "Adattamento tra necessità ed opportunità. Progetto STRADA - Interreg IT-CH 2007-2013", presentazione al workshop *Strategie di Adattamento al Cambiamento Climatico. Sviluppi e prospettive per il territorio transfrontaliero*, Milano, 26 Ottobre 2010, <[http://www.progettostrada.net/media/convegni/milano\\_26\\_10\\_2010/adattamento\\_pelosini\\_short.pdf](http://www.progettostrada.net/media/convegni/milano_26_10_2010/adattamento_pelosini_short.pdf)>.
- PEPIN N., BRADLEY R.S., DIAZ H.F., BARAER M., CACERES E.B., FORSYTHE N., FOWLER H., GREENWOOD G., HASHMI M.Z., LIU X.D., MILLER J.R., NING L., OHMURA A., PALAZZI E., RANGWALA I., SCHÖNER W., SEVERSKIY I., SHAHGEDANOVA M., WANG M.B., WILLIAMSON S.N., YANG D.Q. (2015), "Elevation-dependent warming in mountain regions of the world", *Nature Climate Change*, vol. 5, n. 5, pp. 424-430.
- PRICE M.F., EGAN P.A. (2014), *Our global water towers: ensuring ecosystem services from mountains under climate change*, Mountain Ecosystems Thematic Group, IUCN Commission for Ecosystem Management - UNESCO, <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002308/230850e.pdf>>.
- SMIRAGLIA C. (2015 - a cura di), *Nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani*, <[www.levissima.it/mappa-dei-ghiacciai-italiani](http://www.levissima.it/mappa-dei-ghiacciai-italiani)>.
- SPEHN E.M., RUDMANN-MAURER K., KÖRNER C., MASELLI D. (2010 - a cura di), *Mountain Biodiversity and Global Change*, GEMBA-DIVERSITAS, Basel, <<http://www.fao.org/docrep/017/i2868e/i2868e00.pdf>>.
- UNEP-WGMS (2009), *Global Glacier Changes: facts and figures*, <<http://www.grid.unep.ch/glaciers/pdfs/glaciers.pdf>>.
- VINCENT C., LE MEUR E., SIX D., FUNK M., HOELZLE M., PREUNKERT S. (2007), "Very high-elevation Mont Blanc glaciated areas not affected by the 20th century climate change", *Journal of Geophysical Research*, n. 112, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006JD007407/epdf>>.
- VINCENT C., AUCLAIR S., LE MEUR E. (2010), "Outburst flood hazard for glacier-dammed Lac de Rochemelon, France", *Journal of Glaciology*, vol. 56, n. 195, pp. 91-100.
- ZEMP M., PAUL F., HOELZLE M., HAEBERLI W. (2008), *Alpine glacier fluctuations 1850-2000: An overview and spatio-temporal analysis of available data and its representativity*, in ORLOVE B., WIEGANDT E., LUCKMAN B. (a cura di), *The Darkening Peaks: Glacial Retreat in Scientific and Social Context*, University of California Press, Oakland, pp. 152-167.

**Luca Mercalli**, giornalista e divulgatore scientifico specializzato in climatologia, glaciologia, ambiente e sostenibilità, conduttore televisivo ("Scala Mercalli" su Rai3 nel 2015 e 2016), scrive di meteo, clima e ambiente su *La Stampa*, presiede la Società meteorologica italiana ONLUS e ne dirige la rivista *Nimbus*. Mail: [luca.mercalli@nimbus.it](mailto:luca.mercalli@nimbus.it).

Nell'ambito della Società meteorologica italiana, **Daniele Cat Berro** si occupa di clima e ghiacciai delle Alpi occidentali, nonché di recupero, analisi e valutazione di serie storiche di dati meteorologici; è inoltre redattore della rivista *Nimbus* e consulente del quotidiano *La Stampa* su temi meteo-climatici. Mail: [d.catberro@nimbus.it](mailto:d.catberro@nimbus.it).