

RAPPORTO DELL'EVENTO TEMPORALESICO DEL 07-08-2009 ALTA VAL DI SUSÀ

Confronto con l'evento alluvionale del 06-08-2004



Torino, 22 ottobre 2009



SOMMARIO

Analisi della situazione meteorologica	3
Stima e confronto degli eventi temporaleschi dell'agosto 2004 e dell'agosto 2009 tramite l'utilizzo dei sistemi radar	6
06/08/2004 – T. Frejus (Bardonecchia)	6
07/08/2009 – T. Frejus (Bardonecchia)	7
Confronto 06/08/2004 - 07/08/2009 Rio Fenils (Cesana T.se)	9
Confronto 06/08/2004 - 07/08/2009 Rio Fourn (Bardonecchia, Loc. Rochemolles)	11
Effetti al suolo	13
Rio Fourn - Evento 2009	13
T. Frejus - Evento 2009 e confronto con l'evento 2004	16

Introduzione

Eventi meteorologici a carattere temporalesco si sono verificati in Alta Valle di Susa (Comune di Bardonecchia) il pomeriggio-sera del 7 agosto 2009, determinando fenomeni torrentizi parossistici lungo alcuni corsi d'acqua minori, come evidenziato da alcuni quotidiani (es. *La Stampa* del 9 agosto 2009).

In particolare processi di colata detritica si sono verificati nei bacini idrografici del T. Rochemolles, del T. Frejus, del T. Rho e del T. Dora di Valle Stretta.

L'obiettivo del presente documento è inquadrare in modo mirato la situazione meteorologica dell'evento, ma soprattutto confrontare l'analisi pluviometrica e gli effetti al suolo con quelli dell'evento che ha interessato la stessa area il 6 agosto 2004 (con valori di pioggia misurata confrontabili).

Analisi della situazione meteorologica

Nei giorni precedenti il 7 agosto 2009, un anticiclone di matrice africana ha stazionato sul Mediterraneo, con valori dell'altezza di geopotenziale in quota e del campo barico al suolo decisamente elevati (Fig. 1).

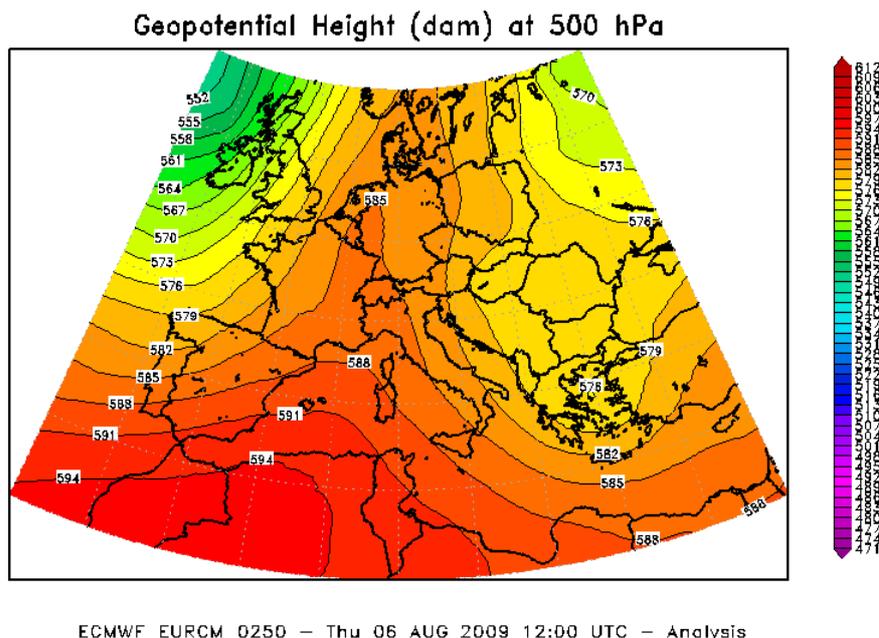


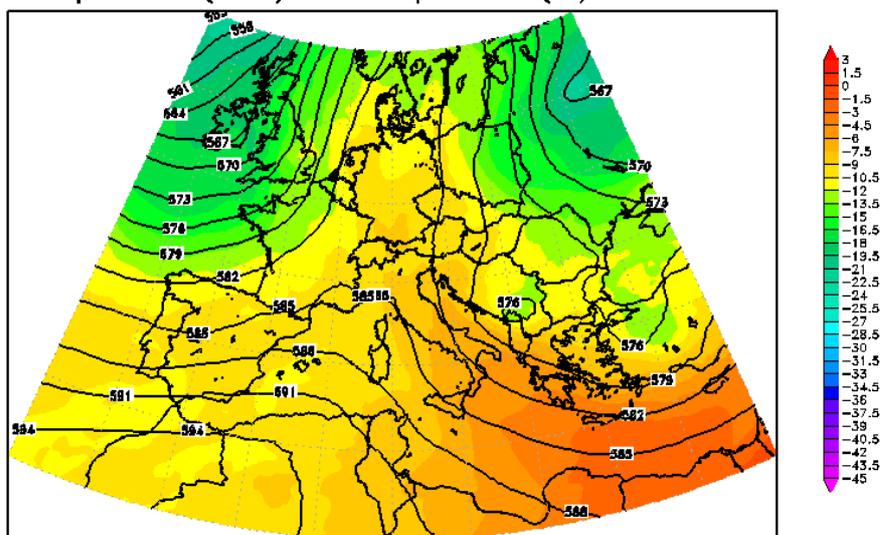
Figura 1 - Altezza di geopotenziale a 500 hPa del modello ECMWF relativa al 6 Agosto 2009 ore 12:00 UTC.

Tale configurazione sinottica ha mantenuto condizioni di tempo stabile nei giorni precedenti l'evento, con temperature massime alte (oltre 20°C a Bardonecchia ed oltre 30°C sulle pianure piemontesi) e zero termico che è salito sul territorio piemontese fino a 4400 m.

Il 6 agosto, le condizioni di subsidenza anticiclonica hanno raggiunto i massimi relativi, con le correnti in quota disposte da SudOvest in corrispondenza del settore più umido dell'alta pressione africana. Dalla mattina del 7 agosto però la pressione in quota è iniziata lentamente a calare, sotto la spinta di un'area depressionaria di origine nordatlantica (Fig. 2).

Nel contempo la temperatura in quota ha iniziato a diminuire progressivamente, raggiungendo a partire da -7°C al livello barico di 500 hPa registrati il 6 agosto alle ore 18:00 UTC, -10°C del 7 agosto alle ore 12:00 UTC.

Geopotential (dam) and temperature (°C) at 500 hPa

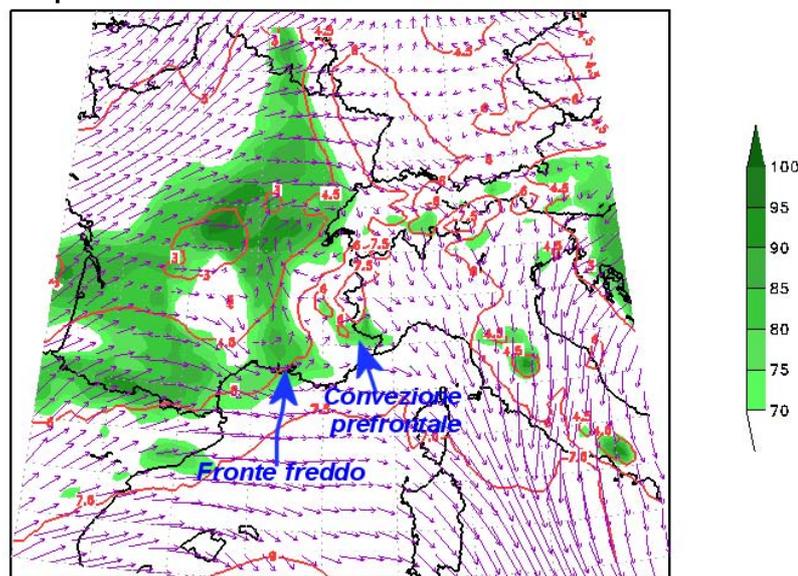


ECMWF_EURCM_0250 - Fri 07 AUG 2009 00:00 UTC - Analysis

Figura 2 - Altezza di geopotenziale e temperatura a 500 hPa del modello ECMWF relativa al 7 agosto 2009 ore 00:00 UTC.

Tale ingresso di aria fredda ha contribuito ad accrescere le condizioni di instabilità già generalizzate, soprattutto sulle aree alpine dove l'influsso di correnti umide da SudOvest ha creato i presupposti per lo sviluppo di linee convettive prefrontali (Fig. 3).

Temperature and moisture advection at 700 hPa



ECMWF_EURCM_0250 - Fri 07 AUG 2009 12:00 UTC - Analysis

Figura 3 - Mappa di temperatura (isolinee) e di advezione dell'umidità a 700 hPa del modello ECMWF relativa al 7 Agosto 2009 ore 12:00 UTC.

Tra il 7 agosto alle 18:00 UTC e l'8 agosto alle 00:00 UTC, si nota poi il passaggio di un transiente ciclonico in corrispondenza delle Alpi Cozie e Marittime, che comprende la parte più fredda della perturbazione. I temporali più intensi si sono verificati però prima del passaggio del nucleo più freddo, e sono da collocarsi quindi nella fenomenologia dei temporali prefrontali, per

quanto una lenta e progressiva diminuzione della temperatura in quota abbia comunque avuto un ruolo determinante nello sviluppo degli stessi (Fig. 4).

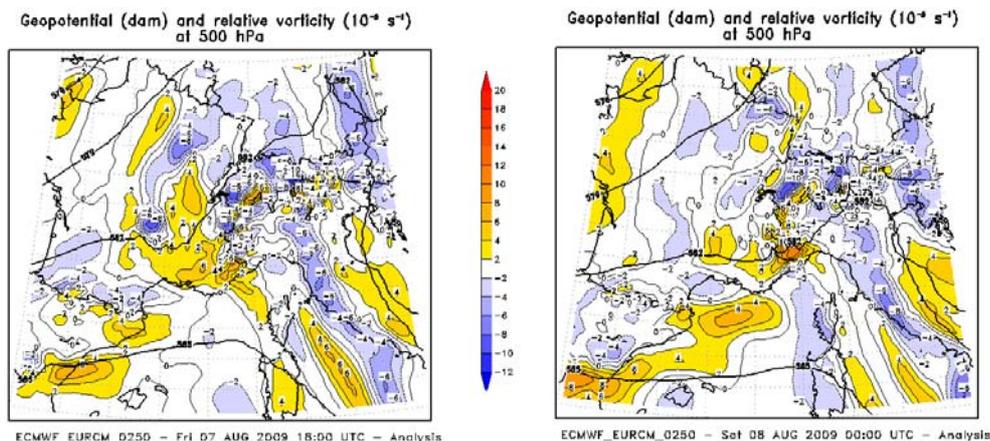


Figura 4 – Altezze di geopotenziale e valori di vorticità relativa a 500 hPa del modello ECMWF relative rispettivamente al 7 agosto 2009 ore 18:00 UTC e all'8 agosto 2009 ore 00:00 UTC.

Nei bassi strati dell'atmosfera nel contempo si sono instaurate, già a partire dalla mattina del 7 agosto correnti nordorientali umide, le quali hanno contribuito a favorire la creazione di un ambiente preconvettivo. Lo si nota anche dai valori molto alti degli indici di instabilità atmosferica già dal mattino e dal radiosondaggio di Cuneo del 7 agosto alle 12:00 UTC (CAPE oltre 2000 J/kg, Lifted index di -6°C, acqua precipitabile oltre 30 mm).

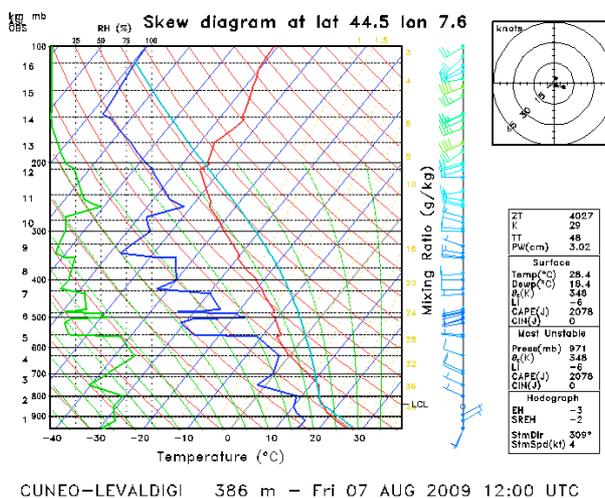


Figura 5 – Radiosondaggio acquisito da Cuneo –Levaldigi il 7 Agosto 2009 ore 12:00 UTC.

In sintesi una debole onda depressionaria atlantica, in transito tra le Alpi Cozie e le Marittime ed in seguito sul Cuneese è stata sufficiente, a causa delle precedenti condizioni di caldo umido protrattesi per giorni, ad innescare una serie di celle temporalesche prefrontali sulla catena alpina, con fenomeni precipitativi localmente molto forti.

Stima e confronto degli eventi temporaleschi dell'agosto 2004 e dell'agosto 2009 tramite l'utilizzo dei sistemi radar

La seguente analisi pluviometrica è volta sia alla descrizione dell'evento dell'agosto 2009 sia ad un confronto con quello verificatosi nell'agosto del 2004. La scelta di confrontare proprio questi due eventi è dovuta all'estrema similitudine delle dinamiche d'evento e alla simile consistenza e qualità dei dati riguardanti l'analisi delle colate detritiche verificatesi, in particolare per quanto riguarda il bacino del T. Frejus (Comune di Bardonecchia).

L'analisi comparativa risulta utile per evidenziare come il centro di scroscio di un evento convettivo, avente una data intensità, debba necessariamente interessare il bacino per innescare una colata detritica. Ad ulteriore conferma si riportano gli esempi delle colate detritiche che hanno interessato il Rio Fenils a Cesana T.se (agosto 2004) e il Rio Fourn in Loc. Rochemolles a Bardonecchia (agosto 2009).

06/08/2004 – T. Frejus (Bardonecchia)

Nel pomeriggio del 6 agosto 2004, un temporale ha interessato il Comune di Bardonecchia tra le 17:20 UTC e le 18:00 UTC. In Fig. 6 è possibile osservare la formazione della cella temporalesca sul confine Italo-francese ed il successivo passaggio su Bardonecchia.

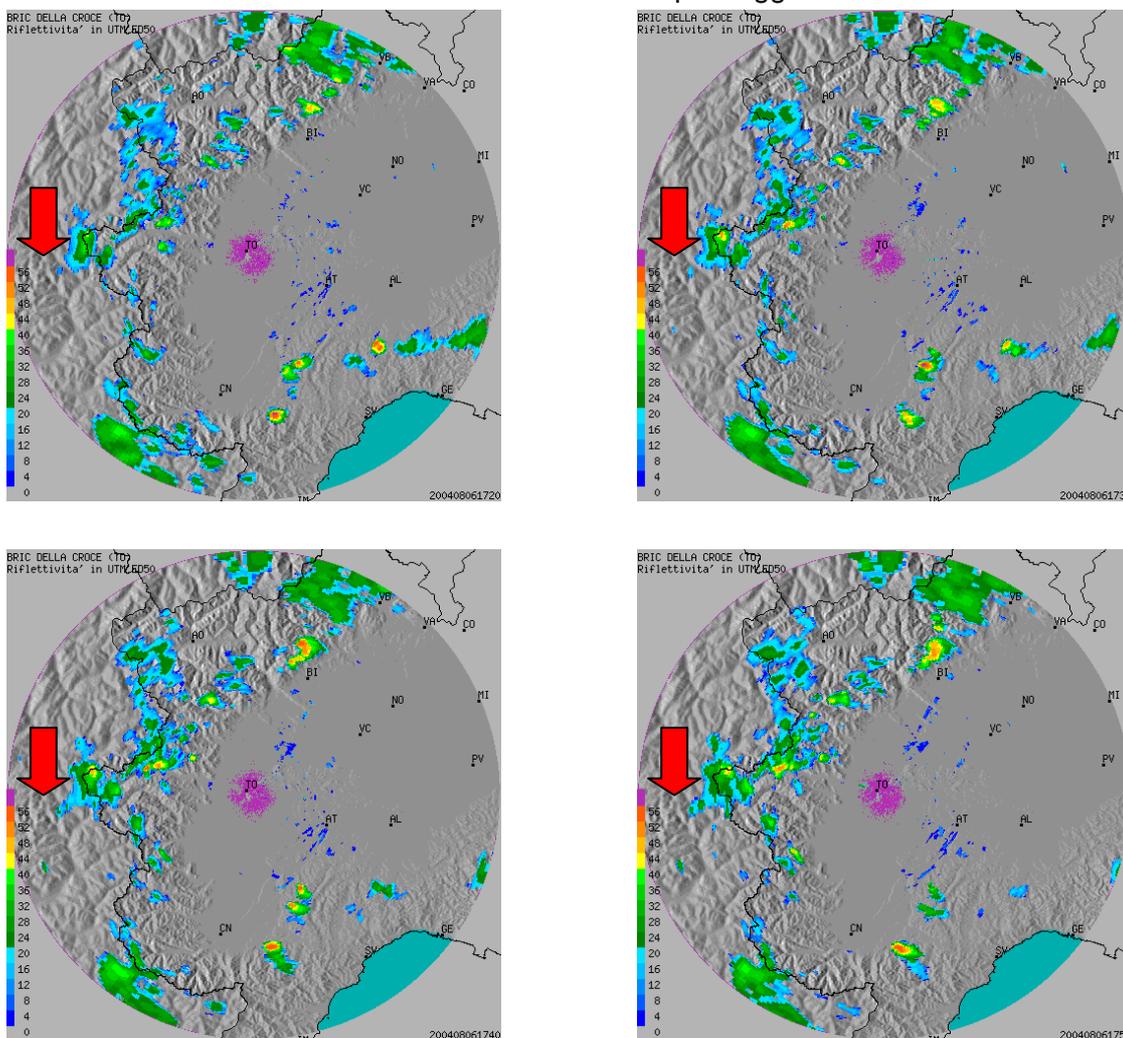


Figura 6 – Evoluzione della cella temporalesca che ha attraversato il Comune di Bardonecchia tra le 17:20 UTC e le 18:00 UTC del 06/08/2004. La riflettività al suolo, misurata dal radar di Bric della Croce, ha toccato 50 dBZ, equivalenti ad una intensità di precipitazione al suolo di circa 50 mm/h.

In Fig. 7 è riportata la mappa di precipitazione cumulata al suolo sul Comune di Bardonecchia tra le 12:00 UTC del 06/08/2004 e le 00:00 UTC del 07/08/2004, stimata dai sistemi radar meteorologici. Si osserva che il temporale ha dato luogo ad un totale di pioggia al suolo compreso tra 8 mm ed 10 mm sulla testata della Valle del Frejus.

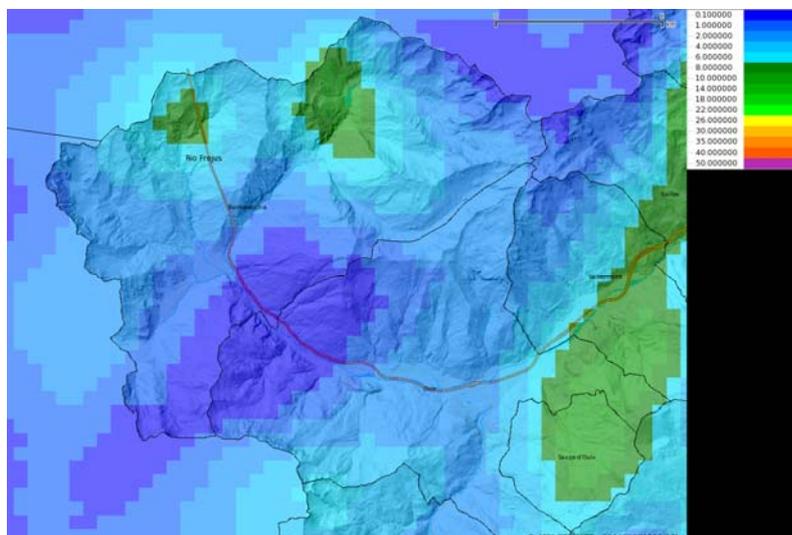


Figura 7 – Cumulata di precipitazione al suolo sulle 12 ore sul Comune di Bardonecchia. Le tonalità del verde indicano precipitazioni superiori a 8 mm.

Dal confronto con i dati pluviometrici delle stazioni presenti sul Comune di Bardonecchia (Tabella 1) si osserva una leggera sottostima da radar, che resta comunque l'unico mezzo per evidenziare con precisione il centro di scroscio della cella temporalesca.

Denominazione	Comune	Cumulata 12 h
Bardonecchia Melezet	Bardonecchia	12.4 mm
Camini Frejus	Bardonecchia	9.4 mm
Bardonecchia Pian del Sole	Bardonecchia	8.4 mm

Tabella1 – Precipitazione cumulata al suolo da rete pluviometrica tra le 12:00 UTC del 06/08/2004 e le 00:00 UTC del 07/08/2004.

07/08/2009 – T. Frejus (Bardonecchia)

Nel pomeriggio del 7 agosto 2009 una cella temporalesca di moderata intensità si è formata sul confine tra Italia e Francia ed ha successivamente attraversato il Comune di Bardonecchia, tra le 16:20 UTC e le 16:50 UTC.

In Fig. 8 sono riportate le mappe di massima riflettività ricavate dai radar di Bric della Croce e Monte Settepani per gli istanti di interesse. Le mappe radar evidenziano che, tra le 16:20 UTC (immagine in alto a destra) e le 16:40 UTC (immagine in basso a sinistra), il temporale ha interessato proprio le zone in cui nasce il T. Frejus. Le riflettività misurate sono state superiori a 50 dBZ, indicate con le tonalità del giallo nelle mappe, che equivalgono ad intensità di precipitazione al suolo superiori a 50 mm/h.

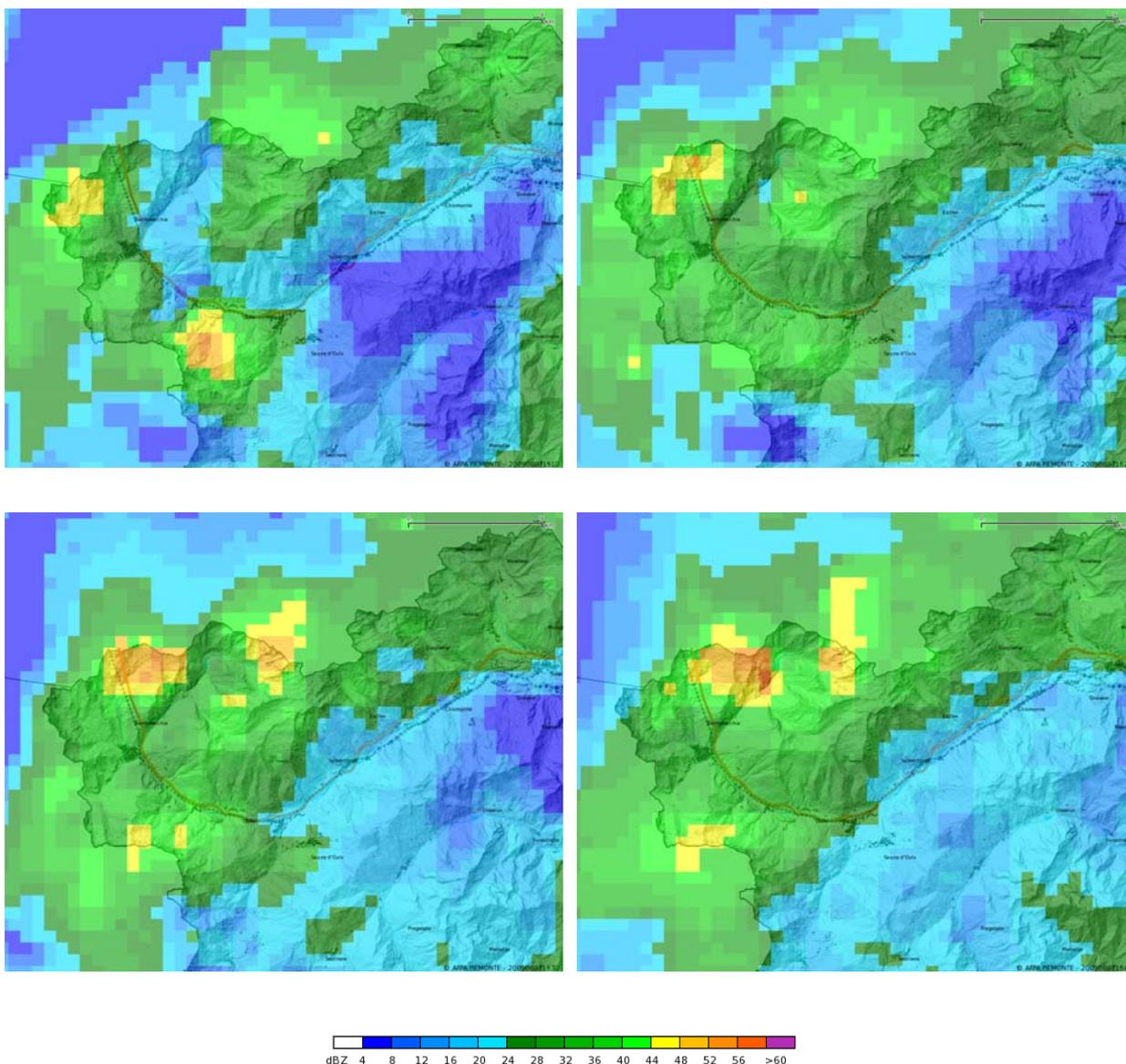


Figura 8 – Evoluzione del fenomeno temporalesco verificatosi sul Comune di Bardonecchia nel pomeriggio del 07/08/2009. Si sottolinea il passaggio sul T. Frejus tra le 16:20 UTC (in alto a dx) e le 16:40 UTC (in basso a sn).

Nella Fig. 9 è riportata la precipitazione cumulata stimata dai radar e quella misurata dai pluviometri tra le 15:00 UTC e le 18:00 UTC del 07/08/09: si osserva come nessuno dei pluviometri della rete regionale ARPA si trovi nel centro di scroscio, facendo registrare quantità di pioggia al suolo decisamente inferiori a quelle relative alle zone interessate dal temporale. Gli episodi analizzati hanno mostrato caratteristiche dinamiche molto simili tra loro: celle temporalesche, non particolarmente violente, con durate inferiori all'ora ed apporti di pioggia modesti, che si formano sul confine interessando i pendii in quota del versante italiano. Le stime quantitative derivate dai sistemi radar meteorologici sono affette da incertezze per la scarsa visibilità, d'altro canto mostrano come le stazioni pluviometriche della rete regionale non siano mai state interessate dai centri di scroscio, aventi estensioni molto limitate: da 15.4 km² del 2004 a 12.8 km² del 2009.

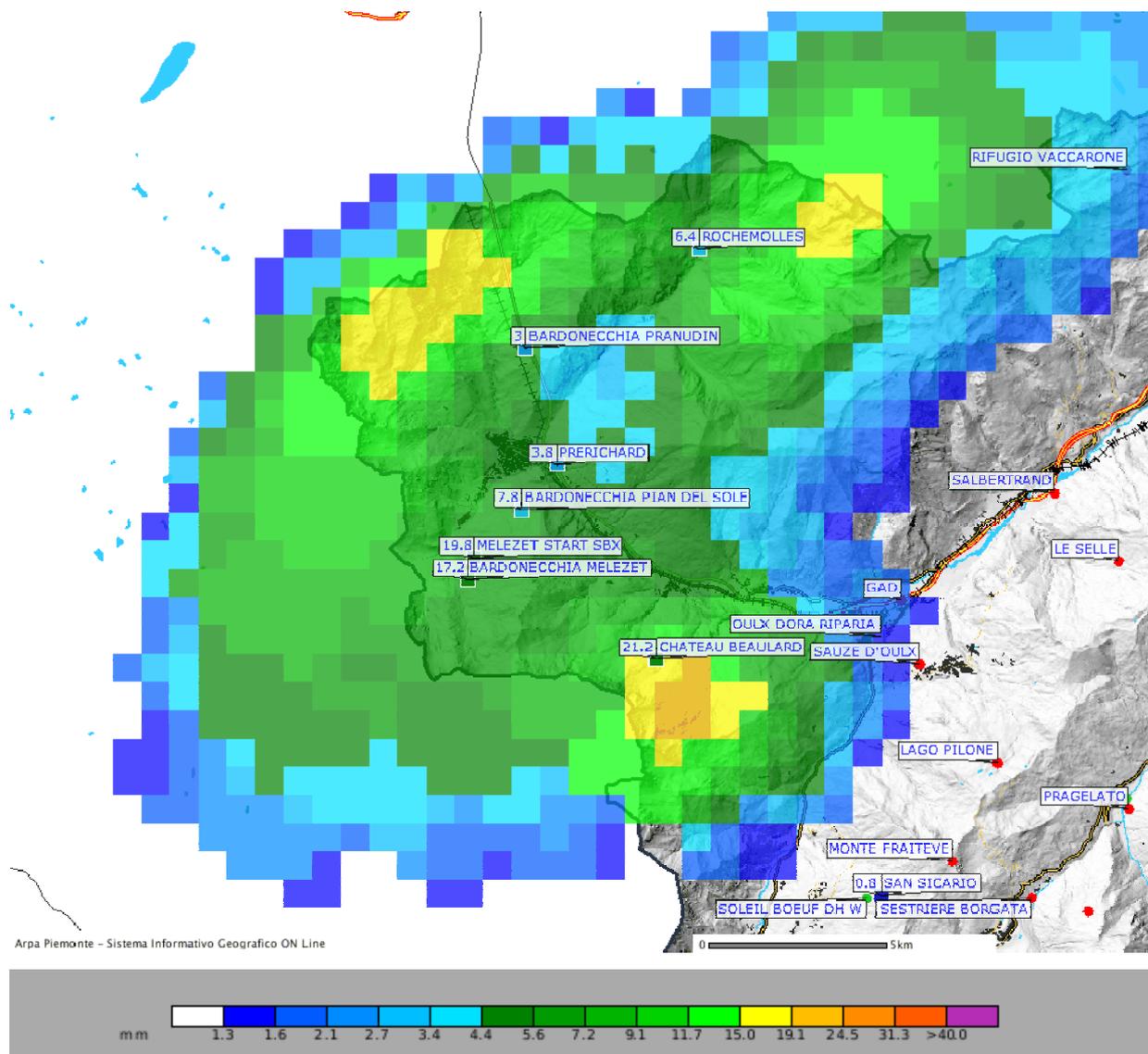


Figura 9 – Precipitazione cumulata al suolo da radar e da rete pluviometrica sul Comune di Bardonecchia, tra le 15:00 UTC e le 18:00 UTC del 07/08/2009. La mappa radar, nonostante una leggera sottostima della precipitazione dovuta alla scarsa visibilità (vedi Fig. 11), evidenzia il passaggio del centro di scroscio sull'area nordoccidentale di Bardonecchia.

Confronto 06/08/2004 - 07/08/2009 Rio Fenils (Cesana T.se)

L'osservazione delle precipitazioni stimate dai radar di Bric della Croce (TO) e Monte Settepani (SV) alle 18:50 UTC del 06/08/2004 (Fig. 10), mostra attività convettiva sulle Alpi nordoccidentali, con rovesci in alta Val Susa, nelle Valli di Lanzo e con un piccolo centro di scroscio nella zona del Comune di Cesana Torinese, in corrispondenza del Rio Fenils.

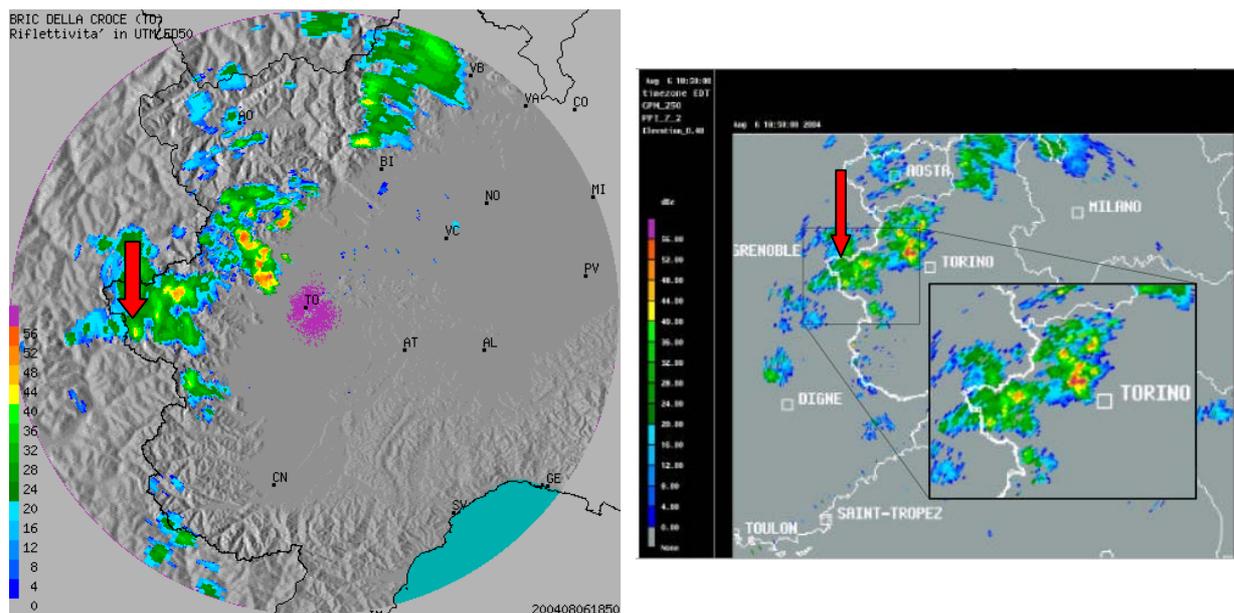


Figura 10 – Mappe di riflettività al suolo misurate alle 18:50 UTC del 06/08/2004 dei radar di Bric della Croce (sx) e Monte Settepani (dx). Il colore giallo indica una riflettività compresa tra 40 e 44 dBZ, il che equivale ad una intensità di precipitazione di circa 10 mm/h.

In Fig. 11 è riportata la mappa che indica la quota, rispetto al terreno, alla quale viene rilevato l'eco della precipitazione dai sistemi radar meteorologici (mappa di visibilità): nella zona di interesse il fascio radar usato per stimare l'intensità di pioggia è ad una quota compresa tra 3000 e 4000 m sul terreno. Tale condizione aumenta alquanto le incertezze della stima stessa. Ciò nonostante la precipitazione cumulata al suolo, stimata da radar, è in sostanziale accordo con i dati pluviometrici (vedi Tabella 2), seppur con una sottostima.

Denominazione	Comune	Cumulata 12 h
Lago Pilone	Sauze d'Oulx	17.0 mm
Chateau Beaulard	Oulx	15.4 mm
San Sicario	Cesana	9.8 mm

Tabella2 – Precipitazione cumulata al suolo da rete pluviometrica tra le 12:00 UTC del 06/08/2009 e le 00:00 UTC del 07/08/2004.

Dal dettaglio sull'area riportato in Fig. 12, non si rilevano precipitazioni particolarmente intense sull'alta Val di Susa, ma sulla testata del Rio Fenils è evidente un centro di scroscio, la cui quantificazione non risulta possibile per le limitazioni dovute alla scarsa visibilità dei sistemi radar meteorologici.

Nell'agosto del 2009 il Rio Fenils non ha invece fatto registrare attività legata a colate detritiche, nonostante i simili valori di pioggia registrati dai pluviometri. Ciò è spiegabile confrontando le mappe radar dei due eventi (Fig. 12 per il 2004, Fig. 9 per il 2009), da cui si evince che nel 2009 il centro di scroscio ha interessato il versante al di là dello spartiacque (località di Chateau Beaulard) e non il bacino del Rio Fenils, come invece avvenuto nell'agosto del 2004.

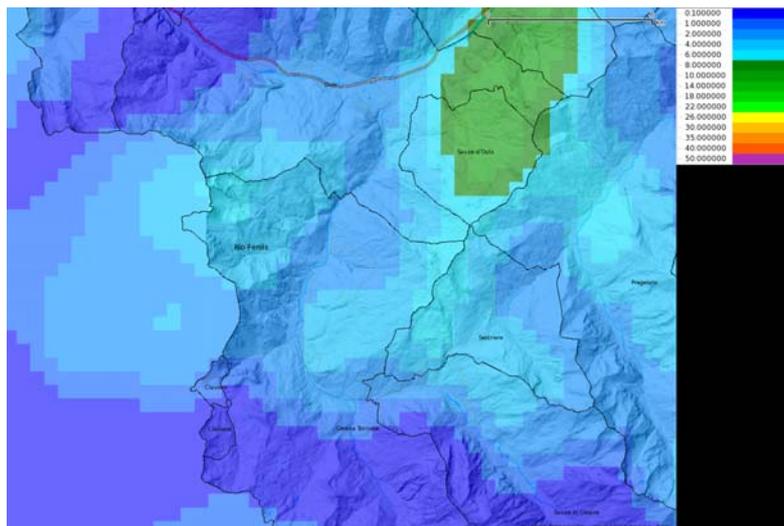
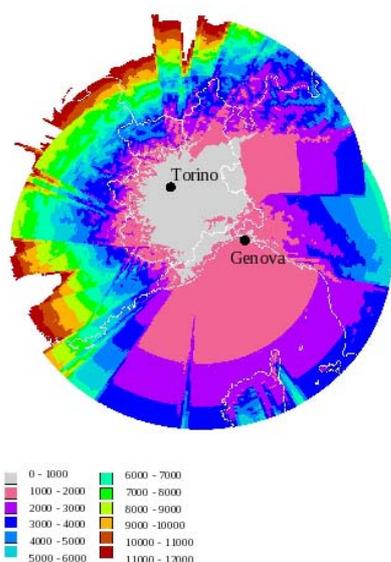


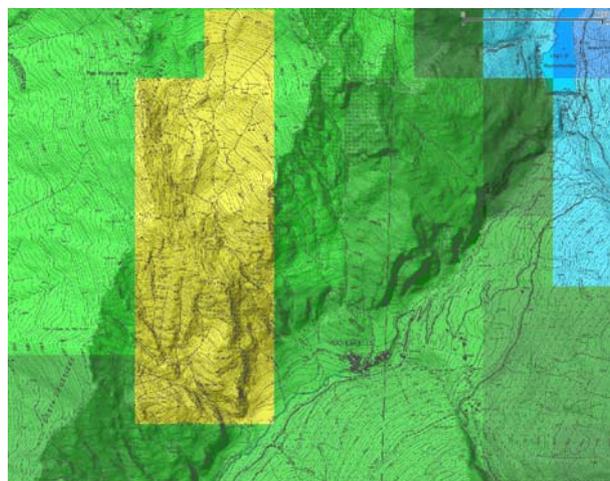
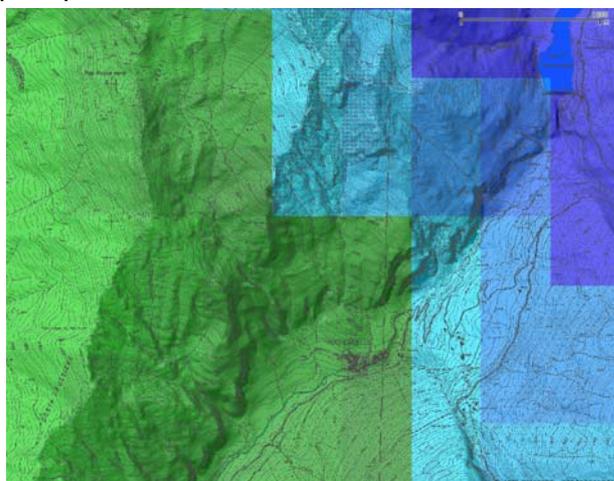
Figura 11 – Mappa della quota del fascio radar rispetto al terreno sull'area coperta dai radar meteorologici.

Figura 12 – Cumulata di precipitazione al suolo da radar, tra le 12:00 UTC del 06/08/2004 e le 00:00 UTC del 07/08/2004.

Confronto 06/08/2004 - 07/08/2009 Rio Fourn (Bardonecchia, Loc. Rochemolles)

Per quanto concerne il Rio Fourn, trattandosi di un tributario di destra del torrente Rochemolles dal bacino di area decisamente ristretta, è necessario analizzare i dati in maniera più specifica. In entrambi gli eventi considerati il temporale formatosi sul confine Italo-francese si è spostato velocemente verso Est, attraversando longitudinalmente il Comune di Bardonecchia e lambendo il bacino del Rio Fourn.

Nelle mappe di riflettività al suolo misurata dal Bric della Croce per l'evento del 6/08/2004 (Fig. 13) si distinguono i bordi della cella temporalesca in avvicinamento alla zona di interesse alle 17:40 UTC; si osserva il suo passaggio sul bacino del Rivo del Vallone alle 17:50 UTC, ma già nell'istante successivo, alle 18:00 UTC, il temporale sembra essersi esaurito, dando luogo a precipitazioni di debole intensità sul bacino del Rio Fourn.



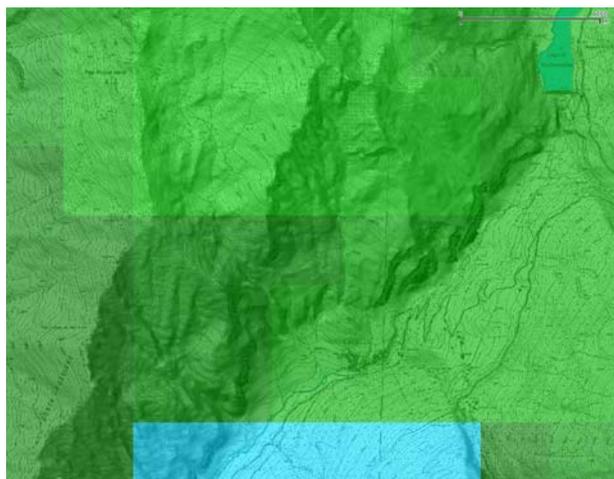


Figura 13 – Mappe di riflettività al suolo sul bacino del Rio Fourn misurate dal radar di Bric della Croce tra le 17:40 UTC (in alto a sinistra) e le 18:00 UTC (in basso a sinistra) del 6 agosto 2004 . La precipitazione associata ha raggiunto la massima intensità (circa 20mm/h) sul Rivo del Vallone alle 17:50 (in alto a destra), ma il temporale si è andato esaurendo negli istanti successivi, senza dar luogo a significativi contributi di pioggia sul Rio Fourn.



Per quanto riguarda invece l'evento temporalesco verificatosi il 7 agosto 2009, i radar piemontesi hanno osservato un andamento leggermente diverso, come si evince dalle mappe in Fig. 14. In questo caso è evidente che la cella temporalesca, in avvicinamento da Ovest alle 16:25 UTC, investe la testata del bacino del Rio Fourn tra le 16:30 UTC e le 16:35 UTC, facendo registrare riflettività superiori a 50 dBZ, equivalenti a piogge di intensità maggiore di 50 mm/h.

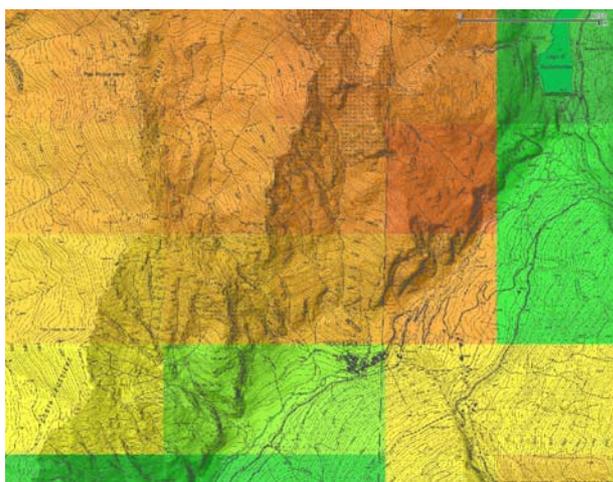
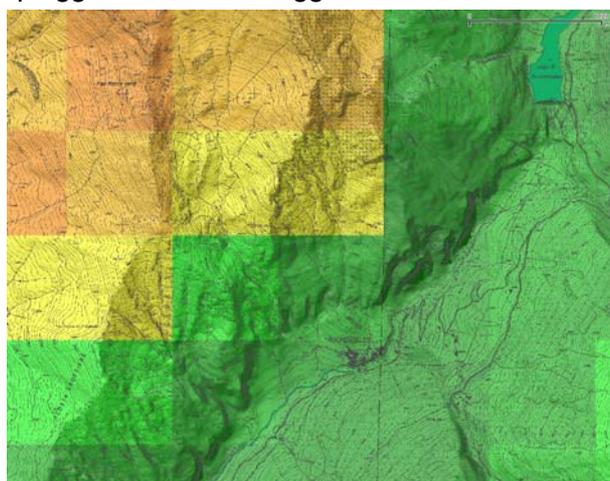
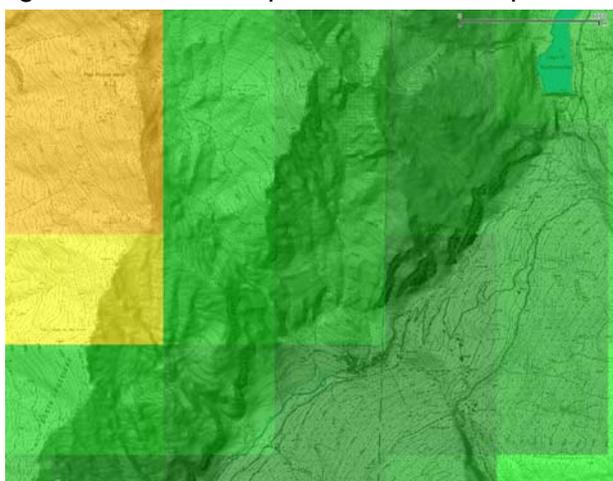


Figura 14 – Mappe di riflettività al suolo sul bacino del Rio Fourn misurate dai radar di Bric della Croce e Monte Settepani tra le 16:25 UTC (in alto a sinistra) e le 16:35 UTC (in basso a sinistra) del 7 agosto 2009 . La precipitazione associata ha raggiunto la massima intensità sul bacino del Rio Fourn (oltre 50mm/h) tra le 16:30 e le 16:35 UTC.



Effetti al suolo

Di seguito viene descritto quanto dedotto dalle osservazioni degli effetti al suolo rilevati a seguito del recente evento temporalesco del 7 agosto 2009 nel Comune di Bardonecchia.

I danni più rilevanti sono stati riscontrati sul conoide del Rio Fourn (Loc. Rochemolles), dove sono stati alluvionati alcuni edifici e distrutte due opere di attraversamento, e sul conoide del T. Frejus, dove in più punti sono state coinvolte opere viarie e di attraversamento.

Si soprassiede sulla descrizione di quanto avvenuto nei bacini del T. Rho e del T. Dora di Valle Stretta, in quanto nel primo caso le colate detritiche si sono arrestate su versante e non hanno interferito con il reticolo idrografico principale (né con l'area di conoide alluvionale), mentre nel secondo caso gli effetti principali sono circoscritti al territorio francese.

Rio Fourn - Evento 2009

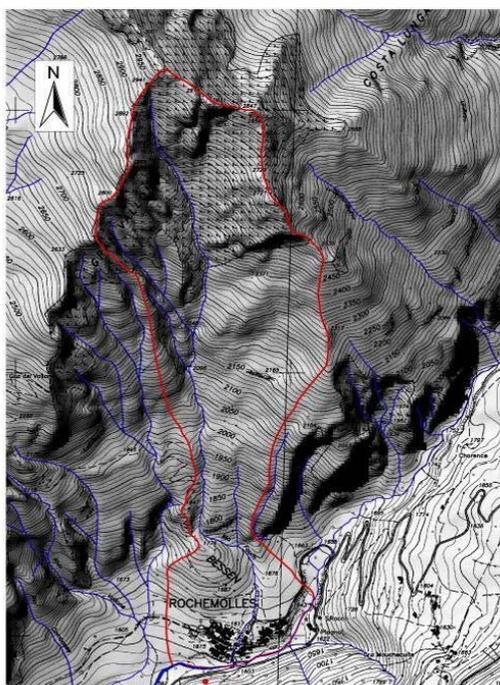


Figura 15 - Bacino del Rio Fourn (linea rossa)

Nella serata di venerdì 7 agosto 2009, il Rio Fourn (Fig. 15) è stato interessato da un processo di tipo *mud-debris flow* (colata di fango e detriti). In base alle testimonianze di alcuni residenti della località Rochemolles, ubicata in area di conoide, il fenomeno si è verificato tra le ore 18 e le 20 (ora legale) ed è stato caratterizzato da alcune pulsazioni in cui la colata "rallentava la sua corsa per poi ripartire con accelerazioni". Il fronte della colata si presentava come una massa viscosa a componente solida prevalente, assimilabile ad una "colata di cemento" contenente massi fino a 100-120 cm di dimensione massima.

Effetti e Danni

Seguendo le tracce della colata lungo l'asta torrentizia nella parte superiore del bacino, si è potuto osservare il passaggio fino ad una quota di 2100 m s.l.m.; l'innescò della colata è presumibilmente avvenuto oltre 2300-2400 m di quota.

Nel settore apicale del conoide di origine mista (Fig. 16), caratterizzato da pendenza media di circa 25°, la colata è defluita in parte attraverso la tubazione di attraversamento dell'opera paravalanghe, con conseguente interessamento della frazione di Rochemolles, ed in parte è stata deviata dall'opera stessa in seguito alla parziale ostruzione (pari al 50% circa) della tubazione stessa, a causa del cedimento di un componente in cemento armato di una briglia selettiva e della deposizione di grossi massi depositati dalla colata (Figg. 17 e 18).

La porzione di colata deviata è defluita verso Est nel T. Rochemolles, depositando 2500-3000 m³ di materiale in area prativa senza provocare danni (Fig. 17). Il deposito è costituito da ghiaia e ciottoli con massi di dimensioni rilevanti (fino a 4-5 m³ di volume) immersi in matrice siltoso-sabbiosa.

Il transito della colata all'interno della frazione di Rochemolles ha provocato gravi danni ad alcuni edifici ed alla viabilità, nonché destato forte preoccupazione per i residenti.

I problemi principali si sono riscontrati nel tratto immediatamente a monte della confluenza con il T. Rochemolles, dove la colata ha colmato la sezione libera del canale ed è fuoriuscita sulla sede stradale e contro gli edifici circostanti: in particolare la tracimazione è avvenuta nel tratto compreso tra il penultimo e l'ultimo ponte sul Rio Fourn (Figg. 19, 21 e 22), entrambi sormontati e completamente distrutti.

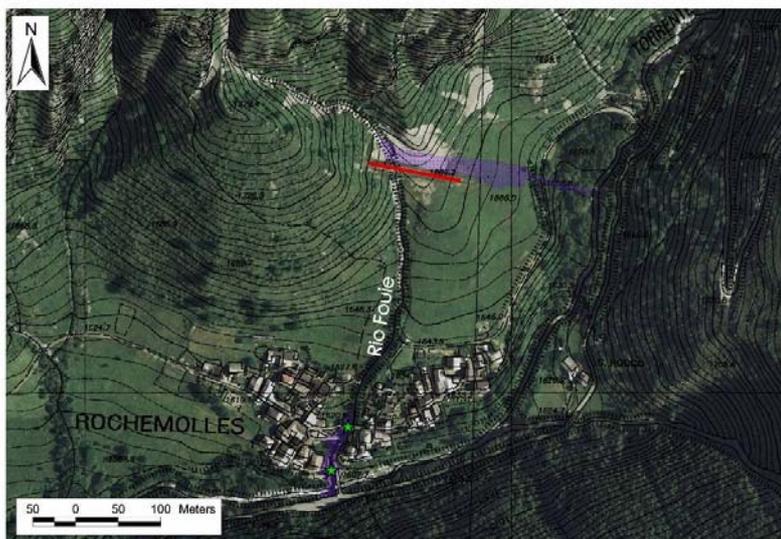


Figura 16 - Conoide del Rio Fourn. In blu si evidenziano i settori dove la colata è fuoriuscita dal canale: in apice del conoide è visibile la componente deviata dal paravalanghe (linea rossa) e nella frazione di Rochemolles la porzione che ha distrutto i ponti di attraversamento (stelle verdi) e che ha raggiunto alcuni edifici.

Sulla base delle evidenze morfologiche e di testimonianze di residenti si è stimata la deposizione di oltre un metro di fango e detriti, contenenti massi di notevole dimensioni (dimensione massima 100-120 cm).



Figura 17 - Depositi della colata deviata dall'opera paravalanghe (sulla destra nell'immagine).



Figura 18 – Ostruzione della tubazione di attraversamento del paravalanghe ad opera di grossi massi e briglia selettiva piegata dai massi stessi.

La colata ha lambito diversi edifici tra cui quello di un attività di ristorazione in destra idrografica, alluvionato al piano terra (Fig. 20). Un'autovettura parcheggiata sulla strada in prossimità del canale è stata trascinata fino alla confluenza con il T. Rochemolles.



Figura 19 - Ultimo ponte di attraversamento sul Rio Fourn prima della confluenza con il T. Rochemolles



Figura 20 - Particolare dell'edificio alluvionato.



Figura 21 - Penultimo ponte di attraversamento sul Rio Fourn prima della confluenza con il T. Rochemolles.



Figura 22 - Ponte della figura 21 visto da valle e tracce del passaggio della colata.

La frazione Rochemolles è rimasta temporaneamente isolata dalla strada provinciale che la collega all'abitato di Bardonecchia; sono state danneggiate dalla colata detritica le staccionate in legno lungo il canale ed alcuni tratti della sede stradale.

In base alla documentazione storica esistente negli archivi del Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche di ARPA Piemonte, diversi eventi di piena torrentizia hanno interessato il T. Rochemolles in prossimità della frazione omonima, con danni anche gravi (edifici compromessi, distruzione del ponte che collega la frazione alla strada provinciale).

Sul Rio Fourn sono segnalati un evento particolarmente intenso nel settembre 1947 e un fenomeno di colata detritica nel giugno 1957, che ha causato la distruzione di alcuni ponti in legno. Il fenomeno di colata detritica più recente e degno di nota è avvenuto il 16 luglio 2006, con intensità minore rispetto all'evento 2009.

Sempre il 7 agosto 2009 si segnala invece l'attivazione di una colata detritica lungo il Rivo del Vallone, il cui bacino idrografico sbocca nel T. Rochemolles immediatamente a valle dell'abitato omonimo; la colata ha interessato una porzione rilevante del conoide alluvionale, senza danni.

Conclusioni

Il bacino di alimentazione del Rio Fourn ha un'estensione di poco superiore a 1 km² e presenta versanti piuttosto acclivi (mediamente >40°÷50°). La testata della valle è caratterizzata da pareti in roccia sub-verticali coperte alla base da falde di detrito. Il versante in sinistra idrografica presenta condizioni di instabilità diffusa evidenziata da un esteso fenomeno gravitativo.

I litotipi che caratterizzano il substrato pre-quadernario appartengono principalmente all'*Unità Tettonostratigrafica del Lago Nero*, costituita in questo areale da scisti carbonatici, localmente

ricchi di alternanze filladiche. Tali caratteristiche determinano condizioni particolarmente favorevoli all'innescò di fenomeni di colata detritica suscettibili a rovesci a carattere temporalesco; tali fenomeni, come nel caso del 16 luglio 2006 e del 7 agosto scorso, rappresentano un serio pericolo per l'abitato di Rochemolles.

Occorre sottolineare che, nel tratto di attraversamento della frazione, il Rio Fourn presenta un canale a sezione rettangolare talvolta inferiore a 12-15 m², certamente sottodimensionato per smaltire portate di picco relative ad eventi temporaleschi importanti. Inoltre la mancanza di tratti di alveo lungo l'asta principale sufficientemente ampi, ove il corso d'acqua possa depositare parte del carico solido e/o diminuire di velocità, comporta lo sviluppo di correnti ad alta energia che trovano sfogo unicamente allo sbocco del vallone, in prossimità dell'abitato.

L'opera paravalanghe, sebbene costruita per altre finalità, risulta avere una funzione di trattenuta e deviazione delle colate; tuttavia il diametro della tubazione di attraversamento pare non adeguatamente dimensionato, in quanto consente il passaggio di portate in grado di provocare ingenti danni nell'abitato di Rochemolles. Inoltre, attualmente, le briglie selettive a monte dell'opera sono danneggiate.

Non ultimo, dovrebbe essere verificato il tipo di sollecitazione indotto dalle colate detritiche sull'opera paravalanghe, in quanto tale processo risulta differente da quello per cui è stata progettata l'opera stessa.

T. Frejus - Evento 2009 e confronto con l'evento 2004

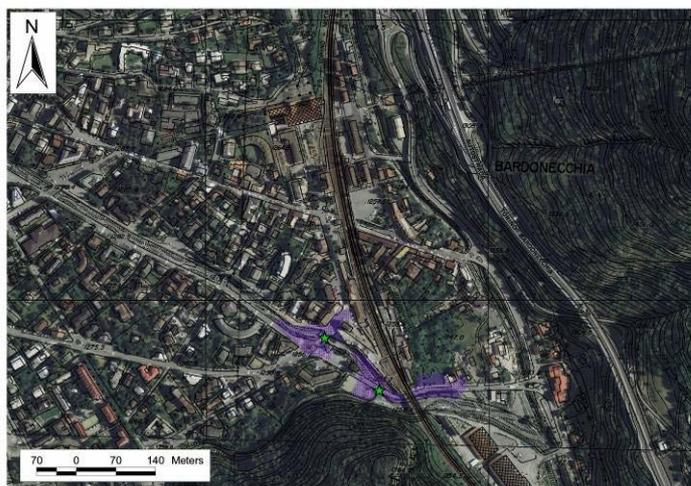


Figura 23 - Area di esondazione della colata del T. Frejus (in blu) e ponti sormontati (stelle verdi) a monte della confluenza con la Dora di Valle Stretta.

La sera del 7 agosto 2009 verso le ore 19:00–19:30 (testimonianze di residenti), una colata di fango e detriti ha interessato il T. Frejus a Bardonecchia. Tale processo, che nel settore di conoide alluvionale ha manifestato un comportamento tipico delle correnti detritiche inerziali ibride pietroso-fangose in moto turbolento, nelle zone di innesco e trasporto ha dimostrato caratteristiche tipiche di una corrente detritica matura.

Effetti e danni in conoide

Lungo il canale attivo in conoide, in corrispondenza dell'abitato di Bardonecchia, la colata in più punti ha colmato completamente la sezione libera del canale ed è tracimata nel tratto terminale in corrispondenza

degli ultimi due ponti a monte della confluenza con la Dora di Valle Stretta (Fig. 23).

In particolare, in prossimità del ponte di Via Europa la colata è tracimata in destra idrografica invadendo con fango e detriti la strada adiacente al canale e la rotonda. Il ponte medesimo è stato sormontato dalla colata, come testimonia la completa occlusione della luce dell'impalcato ad opera di depositi ghiaioso-ciottolosi e blocchi, immersi in matrice composta da silt argilloso e sabbia fine (Fig. 24). In sinistra idrografica tutta l'area compresa tra il distributore di carburante e il piazzale della stazione è stata coperta da depositi ghiaioso-sabbiosi in abbondante matrice siltoso-argillosa di spessore massimo superiore a 50 cm (Fig. 25).



Figura 24 - Ostruzione delle luci di attraversamento del ponte di Via Europa da parte dei depositi di colata (vista verso valle).



Figura 25 - Evidenti tracce in sinistra idrografica del sormonto del ponte di Via Europa.

La colata ha inoltre sormontato il ponte di Via Torino, interrompendone temporaneamente l'agibilità, con altezze di flusso sulla sede stradale superiori al metro; fortunatamente non si sono registrati danni ad auto o persone. Al termine dell'evento, la luce di tale attraversamento risultava pressoché occlusa da depositi ghiaioso-ciottolosi (con clasti di circa 20÷40 cm di diametro) in matrice siltoso-argillosa (Fig. 26).

Parte della colata è defluita verso valle lungo via Torino, sotto la prima arcata del ponte della linea ferroviaria, fino al distributore di carburante sottostante; in tale tratto depositi siltoso-argillosi con ghiaia e clasti fino a 20-30 cm di diametro sono stati rilevati su entrambi i lati della strada, fino agli edifici posti di fronte al distributore (Figg. 9 e 13).

Si evidenzia come già a seguito dell'evento dell'agosto 2004 si fosse segnalato (http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Pubblicazioni/Dalla_valutazione_alla_previsione_dei_rischi_naturali/4.3Trasporto_Rio_Frejus.pdf) come questi due ponti risultassero quelli in cui, rispetto ad un rilievo di dettaglio effettuato sulle opere di attraversamento nel 2001, dopo l'evento la riduzione nella luce fosse pari all'80%.



Figura 26 - Confluenza del T. Frejus nella Dora di Valle Stretta. Tracce del passaggio della colata di fango e detriti che ha sormontato il ponte di Via Torino.



Figura 27 - Colata del T. Frejus; depositi siltoso-argillosi con clasti di 20-30 cm di diametro, rilevati in sinistra Dora di Valle Stretta a valle della confluenza (Via Torino in prossimità del distributore di carburante).

Rispetto all'evento dell'agosto 2004 le superfici alluvionate sono di entità superiore sia in destra sia in sinistra idrografica nella zona distale del conoide e risultano colpite in modo più gravoso in termini di quantità di materiale solido depositato rispetto agli eventi registrati negli ultimi 20 anni. Ad ulteriore conferma della maggiore intensità della recente colata rispetto a quella del 2004, si riportano due immagini del canale a valle del ponte di Via Medail, che evidenziano la maggiore

altezza delle tracce del passaggio della colata dell'agosto 2009 (Fig. 28) rispetto a quelle dell'evento del 2004 (Fig. 29).



Fig. 28 - Edifici in sinistra idrografica posti poco a valle del ponte di Via Medail, lambiti dalla colata del 2009.



Fig. 29 - Stesso tratto descritto in Fig. 28, ripreso dopo l'evento del 2004.

Si segnala inoltre il sormonto da parte della colata del 2009 del ponte di Via Montenero (Fig. 30), e del ponte di Via Cavour (Fig. 31); nella precedente colata dell'agosto 2004 tali situazioni di criticità non si erano registrate.



Fig. 30 - Vista da monte verso valle del ponte di Via Montenero, sormontato dalla colata del 7 agosto scorso.



Fig. 31 - Effetti della colata del 7 agosto 2009 sull'impalcato del ponte di Via Cavour.

In alcuni tratti del canale di scarico, come ad esempio a valle dell'attraversamento di Via Grandis, o a monte dell'attraversamento di Via Montenero, sono presenti alcune "discontinuità" in senso lineare del muretto di protezione della sponda destra, che risulta talvolta ribassato, talaltra sostituito da mancorrenti in legno, laddove la sponda sinistra appare decisamente più rilevata. Tali settori sono risultati punti di debolezza nel contenimento della colata, fungendo da punti di sfogo "locale", come testimoniato dalla presenza in corrispondenza dei medesimi di spalmate in destra idrografica di depositi ghiaioso-ciottolosi in matrice fine. Fortunatamente tali effetti non hanno comportato gravi conseguenze, ma non devono essere sottovalutati nell'ipotesi che si verifichino colate di magnitudo più rilevante.

Situazione rilevata nel bacino idrografico e confronto con gli effetti dell'evento 2004

Per ciò che attiene il bacino di alimentazione del T. Frejus, ci si sofferma sulla descrizione di alcuni punti di particolare interesse nell'ambito di un confronto con quanto accaduto nell'agosto 2004, o di particolare criticità per l'evoluzione in futuro di processi analoghi a quello recentemente osservato, procedendo nell'osservazione degli effetti da valle verso monte, a partire dalla situazione in apice di conoide.

- Le ali della briglia in calcestruzzo posta poco a monte dell'apice di conoide (quota 1370 m s.l.m. ca.) sono state sormontate dalla colata del recente 7 agosto (Fig. 32). Le tracce del passaggio della colata a tergo dell'opera in sponda sinistra e in sponda destra denotano un'altezza di flusso di circa 30-40 cm superiore a quelle del 2004 (Fig. 33).



Figura 32 - Briglia a monte dell'apice di conoide, le cui ali sono state sormontate dalla colata dell'agosto 2009.



Figura 33 - Per confronto particolare dell'ala destra della stessa briglia a seguito dell'evento dell'agosto 2004.

Si ritiene opportuno evidenziare come poco a monte della briglia a trattenuta presente a quota 1380 m s.l.m. ca., lo sperone roccioso presente in destra idrografica risulti instabile a causa di una frattura beante importante (Fig. 20): circa 200-300 m³ di roccia e detriti rischiano di riversarsi in alveo, che in tale tratto presenta una larghezza di 6-7 m circa. Il rischio potenziale è che si crei un'ostruzione temporanea e un conseguente rilascio improvviso di acqua e detriti. Tenuto conto del livello raggiunto dalla colata dell'agosto 2009 a monte dell'opera, di circa 1.5 m sull'attuale livello di fondo alveo (Fig. 21) e data la posizione prossima al conoide di Bardonecchia, tale scenario ravvisa una situazione che richiede particolare attenzione. In questa zona il confronto con quanto avvenuto nell'agosto del 2004 permette di evidenziare che l'altezza media delle tracce di passaggio della colata sia superiore di 0.8-1.0 m rispetto a quella dell'evento precedente.



Figura 34 - Porzione di versante instabile (il tratteggio indica la frattura beante).



Figura 35 - Vista da valle della piazza di deposito a monte della briglia di quota 1380 m s.l.m.; visibili in sinistra idrografica le tracce lasciate dalla colata del 2009.

- La grande briglia fenestrata presente a quota 1400 m s.l.m. è stata sormontata dalla colata del 2009 nella parte centrale (gàveta); dopo l'evento si è riscontrata un'ingente deposizione a tergo dell'opera di massi e detriti fino al livello del secondo ordine di aperture (Fig. 36a, 37 e 38). Il livello raggiunto dai depositi di colata nell'agosto 2004 nello stesso settore non superava il primo ordine di aperture (Fig. 36b).

Sulla base delle tracce rilevate sulle sponde a tergo dell'opera, il livello raggiunto dalla colata dell'agosto 2009 appare superiore a quello dell'evento precedente, sfiorando i due metri sulla superficie dell'attuale piazza di deposito (Fig. 37); è però opportuno tenere presente che il materiale solido rilasciato dall'ultimo evento è stato depositato su una superficie che risentiva degli effetti in termini di deposizione del precedente evento 2004 e delle pulsazioni minori successive (es. 16 luglio 2006).

Durante gli eventi estivi del 2004 e del 2009 è stata dimostrata la buona funzionalità dell'opera in termini di trattenuta selettiva; si teme però che lo stesso grado di protezione non possa essere garantito in caso di un altro evento, in quanto la capacità di trattenuta residua è notevolmente ridotta.



Figura 36a - Vista verso valle della grande briglia fenestrata (quota 1400 m s.l.m. ca.), dopo l'evento dell'agosto 2009.



Figura 36b - Vista della stessa briglia dopo il precedente evento dell'agosto 2004.



Figura 37 - Vista da valle del settore laterale sinistro della piazza di deposito a monte della grande briglia fenestrata. È ben visibile il livello raggiunto dalla colata del 7 agosto 2009 sulla sponda sinistra (h = 2 m a partire dall'attuale superficie di deposito).



Figura 38 - Vista laterale della briglia fenestrata: si riconoscono i depositi sulla gàveta della briglia, a testimoniare il sormonto dell'opera durante la colata del 7 agosto 2009.

- Dall'esame della situazione alla confluenza tra il Rio Gautier e il Rio Merdovine si riscontra come, a differenza di quanto avvenuto nell'evento 2004, sia stato prevalente il contributo dato dal Rio Merdovine in termini di portata totale e volume solido trasportato (Figg. 39-40). L'energia della colata ha modellato in modo rilevante l'alveo e le sponde del Rio

Merdovine poco a monte della confluenza, asportando una passerella a quota 1650 m s.l.m. e alcuni blocchi di roccia di volumetria 3-5 m³ posti in prossimità della confluenza stessa (in primo piano sulla destra nella Fig. 39).



Figura 39 - Vista panoramica verso monte della confluenza tra il Rio Gautier (sulla sx) e Rio Merdovine (sulla dx) dopo l'evento 2004. La colata del Rio Gautier ha raggiunto una notevole profondità di flusso, trasportando blocchi di diversi metri cubi.



Figura 40 - Stessa panoramica dopo l'evento 2009: la colata proveniente dal Rio Gautier, di entità inferiore rispetto al 2004, è stata contenuta nel canale principale. I depositi della colata che ha interessato il Rio Merdovine ricoprono in destra idrografica entrambe le sponde del Rio Gautier.



Figura 41a - Vista panoramica da valle del Rio Merdovine, immediatamente a monte della confluenza con il Rio Gautier (evento 2004). Con il tratteggio rosso è indicata per confronto l'altezza raggiunta dalla colata del 2009 (Foto 41b).



Figura 41b - Stessa panoramica dopo l'evento 2009: le sponde sono completamente rimodellate rispetto alla situazione registrata nel settembre 2004 e sono ben visibili i depositi della recente colata (h= 3 m in dx e 1.5 m in sx).

- La briglia in pietrame realizzata nel 1935 nel tratto intermedio tra la Loc. Camini Frejus e la confluenza Gautier-Merdovine, già danneggiata prima dell'evento 2004 ed ulteriormente minata da tale colata (Fig. 42), è stata completamente distrutta nel corso dell'ultimo evento (Fig. 43). Tale danno ha comportato il notevole incremento della portata solida della colata, dovuto al rilascio improvviso di un rilevante quantitativo di detriti stoccati dall'opera nel tempo, nonché alla presa in carico per erosione del materiale presente a valle.
- In corrispondenza della grande briglia in calcestruzzo presente in Loc. Camini Frejus a quota 1730 m s.l.m. ca., dai rilievi post-evento si sono registrate alcune differenze rispetto a quanto osservato a seguito dell'evento 2004. A tergo dell'opera lungo la linea d'alveo si rinvenivano diversi massi di volumetria superiore a 5-10 m³, non presenti nel 2004, trasferiti verso valle dalla colata che ha interessato il Rio Merdovine (vedere punto successivo). Alcuni blocchi isolati di volumetria confrontabile si ritrovano poco a valle dell'opera.



Figura 42 - Briglia in pietrarame danneggiata nel corso dell'evento 2004.



Figura 43 - La stessa briglia, completamente distrutta e svuotata durante l'evento del 2009.

La briglia risulta raggirata in sinistra con progressivo arretramento della scarpata per erosione al piede (Fig. 44a e 44b) ed ulteriormente sottoscavata dall'azione erosiva delle acque (Fig. 45a e 45b) rispetto a quanto osservato nel 2004. La causa può essere ricercata nel ruolo di sbarramento esercitato dall'opera sui deflussi di magra, che cercano i punti a minor resistenza, offerti in questo caso dalla sponda sinistra in deposito su cui poggiava l'opera stessa; in secondo luogo l'improvvisa perdita di carico solido indotta sui deflussi dall'opera di trattenuta, incrementa l'erosione di fondo a valle dell'opera stessa.



Figura 44a - Briglia in calcestruzzo raggirata in sinistra in Loc. Camini Frejus e sottoscavata (foto settembre 2004).



Figura 44b - Stessa opera dopo l'evento 2009: visibili in secondo piano a tergo dell'opera grossi massi trasportati verso valle dalla colata che ha interessato il Rio Merdovine.



Figura 45a - Briglia in calcestruzzo sottoscavata (foto settembre 2004).



Figura 45b - Marcata sottoscavazione registrata in seguito all'evento del 2009.

- L'energia della colata che ha interessato lo scorso agosto il Rio Merdovine è stata tale da asportare un "tappo" di blocchi rocciosi caratterizzati da volumetrie di 5-10 m³, che dopo l'evento 2004 ostruivano la sezione d'alveo (Fig. 46a). Alcuni blocchi, come precedentemente evidenziato, si rinvengono ora a monte della briglia in loc. Camini Frejus (Fig. 44b). In Fig. 46a è segnata con un tratteggio rosso l'altezza della colata dell'agosto 2009 (le cui tracce sono ben visibili nel dettaglio di Fig. 46b); in Figura 46a con il tratteggio blu è evidenziata l'altezza raggiunta dalla colata dell'agosto 2004.



Figura 46a - Vista del Rio Merdovine alla confluenza con il Rio Comba Frejus (sulla sx; foto settembre 2004). Visibile in secondo piano l'ostruzione dell'alveo ad opera di grossi blocchi, asportata dalla colata dell'agosto 2009.



Figura 46b - Tracce della colata del 2009 sulle sponde del Rio Merdovine allo sbocco nel Rio Comba del Frejus. L'altezza raggiunta dal flusso in tale sezione è decisamente superiore rispetto a quanto rilevato dopo l'evento 2004.

- Il tratto del Rio Merdovine a monte della confluenza con il Rio Comba del Frejus è interessato da diversi fenomeni franosi afferenti direttamente l'asta torrentizia (Figg. 47 e 48). In particolare una frana complessa (già attivata nel corso dell'evento del 2004) si è attivata in seguito alle precipitazioni dell'agosto 2009, a causa dell'erosione al piede da parte del Rio Merdovine (Fig. 48); il fronte di tale fenomeno precipita in diversi punti direttamente sul corso d'acqua e contribuisce a fornire materiale solido alle colate detritiche che interessano il Rio Merdovine. In caso di attivazioni con volumi coinvolti più importanti di quella del 2009, potrebbe determinarsi un'ostruzione temporanea del corso d'acqua; pertanto sarebbe opportuno accertare l'assetto morfologico sul corpo di frana a monte della nicchia di distacco più recente, per verificarne le condizioni di stabilità.



Figura 47 - Riattivazione dell'agosto 2009 di una frana complessa presente in sinistra idrografica poco a monte della confluenza tra Rio Merovine e Comba del Frejus.



Figura 48 - Attivazioni di una frana complessa che interferisce con l'alveo del Rio Merdovine in sinistra idrografica tra quota 1770 e 1790 m s.l.m.

Per ciò che concerne le aree di innesco della colata detritica che il 7 agosto 2009 ha interessato il bacino del T. Merdovine, si fa riferimento a quanto rilevato dai tecnici del CFAV subito dopo l'evento, che hanno individuato come sorgente principale il settore in sinistra idrografica dell'alveo del Rio Pian dell'Acqua, immediatamente a monte della confluenza nel Rio Merdovine (quota 2350-2150 m s.l.m. ca.); tale settore era stato individuato dal settore scrivente come una delle aree sorgente principali della colata che aveva interessato il Rio Merdovine nel 2004. In tale tratto l'attivazione di alcune frane di tipo rotazionale (ben note alla struttura scrivente) presenti a ridosso dell'alveo del Rio Pian dell'Acqua, espressione del fronte terminale di un'enorme settore in frana ad evoluzione complessa che riguarda l'intero versante, contribuisce in modo determinante all'innesco di colate detritiche.

Conclusioni

La colata di fango e detriti lungo il T. Frejus dell'agosto 2009 si inserisce in un quadro del dissesto ben noto, in cui si ricadono le recenti attivazioni del 2004 e del 1997, ben documentate nel Sistema Informativo Geologico di ARPA Piemonte. Le notizie storiche ed i documenti tecnici recenti indicano chiaramente che tali fenomeni si verificano con elevata frequenza, soprattutto nel periodo estivo (da maggio a settembre), procurando ogni volta danni di varia gravità.

L'analisi delle altezze di pioggia registrate nel corso dell'evento 2009, e nel corso di quelli passati, che hanno accompagnato l'innesco dei fenomeni, fornisce un quadro nel quale, in relazione ai sistemi di riferimento delle piogge critiche adottate a livello regionale, le precipitazioni del giorno d'innesco appaiono poco significative come elemento determinante. L'innesco di piene torrentizie impulsive e violente con forte carico solido è piuttosto da imputare alla localizzazione del centro di scroscio, caratterizzato da valori di picco dell'intensità di pioggia, in corrispondenza di zone caratterizzate da grande quantità di materiali detritici mobilizzabili in alveo e/o sui versanti.

In questo contesto si spiega l'attivazione di processi in alcuni bacini e non in altri adiacenti.

La maggiore magnitudo della colata verificatasi nel 2009 rispetto alle attivazioni precedenti, può essere, almeno in parte, ricondotta all'eccezionale innevamento che ha caratterizzato la zona alpina piemontese lo scorso inverno ed alle conseguenti ripercussioni manifestatesi nella stagione tardo-primaverile/estiva. In particolare ci si riferisce al contributo da parte dei fenomeni di valanga che, particolarmente abbondanti nella primavera del 2009, sono stati responsabili dell'accumulo in alveo di notevoli quantità di detrito composto da frammenti rocciosi, terreni sciolti e resti vegetali.

I versanti del bacino del T. Frejus, impostati nelle unità di calcescisti, sono pesantemente interessati da estesi fenomeni gravitativi di differente tipologia e grado evolutivo, principali responsabili della presenza di imponenti accumuli detritici in diretta interferenza con il reticolo idrografico.

È opportuno pertanto monitorare quelle situazioni di potenziale pericolo indotte da possibili occlusioni d'alveo per frana; la rottura improvvisa dello sbarramento in alveo operato da un accumulo di frana anche di modeste dimensioni può determinare ondate di piena a carattere impulsivo e conseguenti situazioni di rischio geologico-idraulico in area di conoide dove sorge l'abitato di Bardonecchia.

Questi aspetti assumono una rilevanza specifica soprattutto in relazione all'elevata densità di infrastrutture presenti lungo le sponde del canale principale del conoide.

Nel caso del T. Frejus occorre inoltre porre particolare attenzione al dimensionamento delle opere di attraversamento, alla distanza da mantenere tra canale e opere antropiche, all'efficienza e soprattutto alla manutenzione delle opere di difesa passiva.