

**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE**

**PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE  
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)**

**CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO**

**GENIE CIVIL – OPERE CIVILI**

**RISQUE DE GLISSEMENT DES COÛTS ET DES TEMPS –  
RISCHIO DI SLITTAMENTO DEI COSTI E TEMPI DI COSTRUZIONE  
ANALYSE DAT – ANALISI DAT**

**PRÉSENTATION DES RÉSULTATS – PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	20/01/2017	Première émission PRV / Prima emissione PRV	F. REDOUTEY (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
A	10/03/2017	Révion suite aux commentaires de TELT / Revisione a seguito commenti TELT	F. REDOUTEY (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
B	31/03/2017	Révision suite aux échanges avec TELT / Revisione a seguito condivisione commenti con TELT	F. REDOUTEY (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI

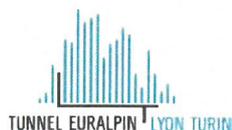


COD E DOC	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>B</b>
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente		Numero			Indice			

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>C3A</b>	<b>//</b>	<b>//</b>	<b>39</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>10</b>	<b>02</b>
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

<b>ECHELLE / SCALA</b>



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"  
13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)  
Tel. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)

## SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE .....	6
1.2 Modifiche rispetto al PR.....	6
1.3 Documenti di riferimento .....	7
1.4 Riepilogo dei dati di input .....	8
1.4.1 Tratte .....	8
1.4.2 Tempi .....	9
1.5 Nota sui principali limiti dello studio .....	9
2. LUNGHEZZA DEGLI ATTACCHI.....	10
2.1 Presentazione dei risultati .....	10
2.2 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici .....	10
3. RIPARTIZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....	11
3.1 Presentazione dei risultati .....	11
3.2 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici .....	12
4. DURATA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI AVANZAMENTO.....	16
4.1 Planning dei lavori di avanzamento.....	16
4.2 Presentazione dei risultati .....	16
4.3 Curva di frequenza.....	18
4.4 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici .....	20
5. COSTI E COEFFICIENTI DI ALEA .....	26
5.1 Presentazione dei risultati .....	26
5.2 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici .....	27
5.3 Coefficienti di alea.....	28
6. CONCLUSIONE.....	29

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Tratte modellate .....	9
Figura 2: Rappresentazione statistica dell'impatto in termini di tempi .....	19
Figura 3: Grafico tempo-posizione per i tunnel 1 e 2 .....	21
Figura 4: Grafico tempo-posizione per il tunnel 3 .....	22
Figura 5: Grafico tempo-posizione per il tunnel 4 .....	23
Figura 6: Grafico tempo-posizione per il tunnel 5 .....	23
Figura 7: Grafico tempo-posizione per il tunnel 6 .....	24
Figura 8: Grafico tempo-posizione per il tunnel 8 .....	25
Figura 9: Grafico tempo-posizione per il tunnel 10 .....	26

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Programma dei lavori .....	8
Tabella 2: Lunghezza degli attacchi (1 canna) .....	10
Tabella 3: Lunghezza delle tratte per l'analisi probabilistica e deterministica .....	11
Tabella 4: Ripartizione media delle classi di costruzione per lo scavo con metodo tradizionale .....	11
Tabella 5: Ripartizione media delle classi di costruzione per lo scavo con metodo meccanizzato .....	11
Tabella 6: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 1 .....	12
Tabella 7: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 2 .....	12
Tabella 8: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nelle zone Sub-Brianzonesi (zone 8 e 9). In giallo le differenze maggiori. ....	13
Tabella 9: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nei flysch scisto-arenarici (zona 6). In giallo le differenze maggiori. ....	13
Tabella 10: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 3 .....	14
Tabella 11: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nell'unità Encombres (zona 11). In giallo le differenze maggiori. ....	14
Tabella 12: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nel fronte Houllier (zona 10). In giallo le differenze maggiori. ....	15
Tabella 13: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 5 .....	15
Tabella 14: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 6 .....	15
Tabella 15: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 8 .....	16
Tabella 16: Sintesi dei risultati per il TdB (per 1 canna) .....	16
Tabella 17: Durata degli attacchi (1 canna, a partire dalla data di inizio dei lavori di ogni tunnel) .....	17
Tabella 18: Valori di durata corrispondenti alle probabilità di superamento di 50%, 90%, 95% e 99% .....	19
Tabella 19: Valori di durata corrispondenti a probabilità del 50% (valore medio), 90%, 95% e 99% determinati sulla base del valore medio e della deviazione standard sulla base della legge normale .....	19
Tabella 20: Tempo di fine realizzazione risultante dalle analisi DAT e deterministica .....	20
Tabella 21: Mese di fine realizzazione risultante della analisi DAT e deterministica .....	20
Tabella 22: Costi degli attacchi (1 canna) .....	26
Tabella 23: Costi dei lavori di avanzamento provenienti dalle analisi probabilistiche e deterministiche per le tratte .....	27

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

---

Tabella 24: Tratte e lotti costruttivi.....	27
Tabella 25: Costi per le tratte .....	28
Tabella 26: Costi e coefficienti di alea per il TdB .....	28
Tabella 27: Coefficienti di alea per le tratte .....	29
Tabella 28: Costi e coefficienti di alea provenienti dalle analisi probabilistiche e deterministiche per lotti di costruzione.....	29

## RESUME / RIASSUNTO

La présente étude concerne l'analyse probabiliste DAT (Decision Aids for Tunneling) sur tout le long du tunnel de Base de la nouvelle liaison Lyon-Turin. Le DAT est un logiciel de support au processus de décision dans la conception/réalisation des tunnels et est utilisé pour simuler, de façon probabiliste, le processus de construction en souterrain, permettant ainsi d'illustrer les effets des incertitudes liées à la géologie et, aux méthodes de construction en termes de temps et de coûts.

Le creusement du Tunnel de Base a été simulé à partir des données géologiques, géotechniques, hydrogéologiques et des données construction (méthodes d'excavation, profil de soutènement/revêtement, cadences d'avancement), élaborés en considérant une sélection de différents paramètres identifiés dans les études de Projet de Référence Final côté France et de Progetto in Variante côté Italie. Ainsi le DAT a permis de mettre en interaction les risques liés à la complexité du milieu naturel et des méthodes de construction.

Ce rapport présente les résultats de l'analyse. Le modèle est présenté dans le rapport *PRV\_C3A\_TS3\_8200 – Illustration du modèle*.

De l'analyse effectuée on obtient les résultats principaux suivants :

- § Le prix de vente moyen de réalisation des travaux d'avancement des tunnels seuls (sans les rameaux, sans les cross-over et sans les sites de sécurité) est de 2 223 M€ la valeur maximale étant de 2 362 M€
- § La durée moyenne de réalisation (temps de fin) du premier tube du Tunnel de Base est de 8 ans, la valeur maximale étant de 8,5 ans.

Lo studio presentato riguarda l'analisi probabilistica DAT (Decision Aids for Tunneling) per l'intero Tunnel di Base della Nuova Linea Torino-Lione. Il DAT è un programma di supporto al processo di decisione nella progettazione/realizzazione delle gallerie, ed è utilizzato per simulare, in modo probabilistico, il processo di costruzione in sotterraneo, il che permette di illustrare, in maniera probabilistica, gli effetti delle incertezze legate alla geologia e ai metodi di costruzione in termine di tempi e costi.

Lo scavo di Tunnel di Base è stato simulato a partire da dati geologici, geotecnici ed idrogeologici e dai dati di costruzione (metodi di scavo, sezioni tipo di sostegno e rivestimento e cadenze d'avanzamento), elaborati considerando una selezione di parametri differenti identificati negli studi del Projet de Référence Final per il lato Francia e di Progetto in Variante per il lato Italia. In questo modo il DAT ha permesso di mettere in relazione i rischi legati alle complessità dell'ambiente naturale dei metodi di costruzione.

Questo documento presenta i risultati dell'analisi. Il modello è presentato nel documento *PRV\_C3A\_TS3\_8200 – Illustrazione del modello*.

Dall'analisi effettuata risultano i principali punti seguenti:

- § Il prezzo medio di realizzazione dei lavori di scavo delle sole gallerie di linea (esclusivo di rami, cross over, aree di sicurezza) è di 2 223 M€ il valore massimo è di 2 362 M€
- § La durata media di realizzazione (tempo di fine) della prima canna del Tunnel di Base è di 8 anni, il valore massimo è di 8 anni e 6 mesi.

## 1. Introduzione

### 1.1 Generalità

Lo studio in oggetto riguarda l'analisi probabilistica DAT (Decision Aids in Tunneling) delle incertezze riguardanti i costi e i tempi di realizzazione del Tunnel di Base di lunghezza 57 km circa, dei quali 45 km in Francia e 12 km in Italia. Tale opera è costruita a partire da Saint-Jean-de-Maurienne (Pk 3+921) fino a Susa (Pk 61+075).

Il DAT consente di simulare il processo di costruzione sotterranea in maniera probabilistica tenendo conto dei rischi individuati e degli scenari di scavo con la loro relativa probabilità di occorrenza. I dati d'ingresso sono rappresentati dalle condizioni geologiche e dai parametri di costruzione lungo il tracciato, dal loro grado di variabilità e di incertezza. I risultati dell'analisi DAT illustrano gli effetti delle condizioni geologiche incontrate lungo il tracciato e dei metodi di costruzione, fornendo una distribuzione dei tempi e dei costi nel corso della fase di costruzione.

Il gruppo TSE3 ha elaborato, in collaborazione con GEOMOD, una metodologia atta a consentire la modellazione del Tunnel di Base grazie al software DAT.

La messa a punto dei dati d'ingresso («input») che rappresentano il progetto dell'infrastruttura, integrando gli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici della tratta oggetto di studio, così come i diversi metodi di costruzione adottati, è stata realizzata da TSE3.

Nelle fasi precedenti, l'illustrazione del modello e la presentazione dei risultati erano conglobate nella stessa relazione. Queste due entità sono state dissociate, questa relazione comprende la parte di sintesi ed analisi dei risultati della modellazione.

### 1.2 Modifiche rispetto al PR

Rispetto allo studio precedente, sono stati modificati i seguenti elementi:

- Modifica del punto di incontro dei tunnel 1 e 2 (fronti provenienti da Saint-Julien-Montdenis e dal ramo Ovest di Saint-Martin).
- Spostamento dell'area di sicurezza di Clarea verso est, in territorio Italiano.
- Aggiunta di un possibile contrattacco (tunnel 7) a partire dall'area di sicurezza di Clarea, a causa della forte incertezza sui tempi di realizzazione della tratta tra Modane e Susa osservata negli studi precedenti.
- Modifica del fasaggio sul lato Italia e del metodo di scavo in prossimità dell'imbocco a Susa (unità oceaniche) con la creazione di una nuova sezione tipo TM6 per trattare il passaggio della TBM nelle rocce verdi in corrispondenza dell'unità oceanica.
- Aggiunta della galleria Maddalena 2 nei tempi di realizzazione dell'analisi DAT (corrispondente a 2 nuove zone).
- Aggiornamento delle zone e dei parametri geologici, geomeccanici e idrogeologici (GP1 a GP4) e degli incidenti, principalmente sul lato Italia al fine di integrare il ritorno di esperienza della galleria geognostica della Maddalena (denominata Maddalena 1).
- Creazione di una nuova sezione tipo di scavo tradizionale (S11) per il lato Italia, al fine di tener conto dei fenomeni di rilascio osservati nella galleria geognostica della Maddalena (Maddalena 1).
- Creazione di nuove classi di terreno e classi di costruzione (nonché modifica di quelle precedentemente definite) al fine di tener conto dei nuovi profili.

### 1.3 Documenti di riferimento

#### PRV\_C3A\_8200\_39-01-01\_10-01\_Analisi DAT Illustrazione del modello

##### Riferimenti del progetto

- PRF\_C3B\_TS3\_0033\_00-06-00-10-01 – Rapport de synthèse (côté France)
- PRF\_C3B\_TS3\_0016\_00-03-02\_10-01 – Rapport géomécanique général
- PR\_C3B\_TS3\_0018\_00-03-02\_30-01 – Maquette géotechnique-côté France
- PRF\_C3B\_TS3\_0034\_00-06-00\_40-01 – Maquette des risques géologiques
- PRF\_C3B\_TS3\_0014\_00-02-02\_40-01 – Coupe hydrogéologique verticale le long du tracé du Tunnel de Base – côté France
- PRV\_C3B\_TS3\_0088\_00-06-00\_10-01 – Relazione di sintesi (lato Italia)
- PRV\_C3B\_0053\_00-02-01\_40-01 – Sezione idrogeologica
- PRV\_C3B\_0093\_00-01-01\_40-02 – Profilo geologico schematico
- PRV\_C3B\_TS3\_0142\_00-01-03\_40-03 – Profilo geologico verticale del Tunnel di Base
- PRV\_C3B\_TS3\_0103\_00-03-03\_40-01 – Profilo geomeccanico lato Italia
- PRV\_C3B\_TS3\_0056\_00-02-03\_40-01 – Profilo idrogeologico lato Italia
- PRV\_C30\_0087\_35-00-00\_90-02 – Planning "chemin de fer" genie civil
- PR\_C3A\_TS3\_3001\_26-03-00\_10-02 – Rapport technique sur l'analyse des risques
- PR\_C3A\_TS3\_6550\_33-02-01\_10-03 – Rapport descriptif sur les méthodes de creusement des tunnels et des ouvrages connexes
- PRF\_C3A\_TS3\_3002\_26-03-00\_10-03 – Rapport technique et de calcul
- PRF\_C3A\_TS3\_3003\_26-03-00\_40-01 – Profil en long géotechnique/géomécanique avec application des profils types
- PR\_C3A\_TS3\_6541\_33-02-01\_10-02 – Méthodes d'excavation pour le tronçon Saint Martin la Porte – La Praz
- PRV\_C3A\_0880\_33-02-02\_10-01 Relazione illustrativa sui metodi di scavo delle gallerie e delle opere connesse
- PRV\_C3A\_3949\_26-19-00\_10-02 Relazione tecnica e di calcolo
- PRV\_C3A\_3948&3951\_26-19-00\_40-01&02 Profilo geologico-geomeccanico con applicazione delle sezioni tipo
- PRV\_C3A\_0896\_33-02-02\_10-05 Scavo meccanizzato con fresa
- PRV\_C3A\_TS3\_7811\_39-01-01\_90-01 – Analyse DAT –Diagramme probabiliste "chemin de fer"
- PRV\_C3B\_7207\_26-48-01\_40-03 – Profilo geologico-geomeccanico Galleria Maddalena2

##### Bibliografia

**Dudt J.P.** *Presentation of the DAT (Decision Aids for Tunneling)*. Laboratoire de mécanique des roches. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

**Dudt J.P.** (1999): *Risk assessment for tunnel construction cost and time*. Gibraltar Strait Fixed Link 3rd UN/ITA Workshop Rabat, 22 au 24 avril 1999.

**Gaillard C.,Humbert E., Rival F., Robert A.** : *Le management des risques géotechniques est-il toujours pertinent*. Centre d'Etudes des Tunnel (CETU)

**Grasso.P., Chiriotti. E., S.XU** (2005) : *La maitrise des risques une approche indispensable dans le développement des tunnels en terrains difficiles* ; Geodata Spa.

**Min.S.Y , Kim.T.K., Lee J.S., Einstein H.H.**,(2008): *Design and construction of a road tunnel in Korea including application of the Decision Aids for Tunneling – A case study*. Tunneling and Underground Space Technology.

## 1.4 Riepilogo dei dati di input

### 1.4.1 Tratte

Il planning generale dei lavori del TdB viene riassunto nella Tabella 1. È suddiviso in 10 tratte di tunnel chiamati comunemente "tunnels".

Tunnel	ATTACCO		Simulazione binario	PK		PK Finale	Attacco iniziale	Inizio (giorno)		Costo fisso TBM M€
	Inizio	Fine		Inizio	Fine			Data	Variazione	
1	Saint-Julien Montdenis		BP	3+921		Variabile	S	547	+/- 30 gg	-
2	Ramo Ovest SMP		BP	9+950*		Variabile	S	1307	+/- 30 gg	-
3	Ramo Ovest SMP	Saint-Martin-La-Porte	BD	10+000*	11+604	Fissa	S	1307	+/- 30 gg	-
4	Saint-Martin-La-Porte	La Praz	BD	11+604	20+133	Fissa	TB	1490	+/- 30 gg	26
5	La Praz	Modane	BD	21+048	29+920	Fissa	TS	1095	+/- 30 gg	25
6	Modane	Clarea Ouest	BD	33+341	51+640	Fissa	TS	851	+/- 30 gg	25
7	Clarea Ovest	Variable	BD	51+640		Variabile	S	Variabile		-
8	Clarea Est	Innesto Maddalena 2 TdB	BP	52+598	53+514	Fissa	S	1398	+/- 30 gg	-
9	Maddalena	Innesto Maddalena 2 TdB	1 tubo	0+160	3+058	Fissa	TM	881	+/- 30 gg	
10	Innesto Maddalena 2 TdB	Susa	BP	53+514	61+075	Fissa	TM	Fine tunnel 9 + 90 giorni	0 / +15 gg	25

**Tabella 1: Programma dei lavori**

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

*S* : Metodo tradizionale (esplosivo o attacco puntuale) ; *TS* : Fresa aperta roccia dura ; *TB* : Fresa scudata con conchi ; *TM* : Fresa mista con conchi.

\* Piede del ramo ovest spostato alla pk 10+140 di seguito ai lavori di SMP4

La rappresentazione schematica del TdB è presentata alla Figura 1. La canna non simulata è rappresentata in trasparenza.

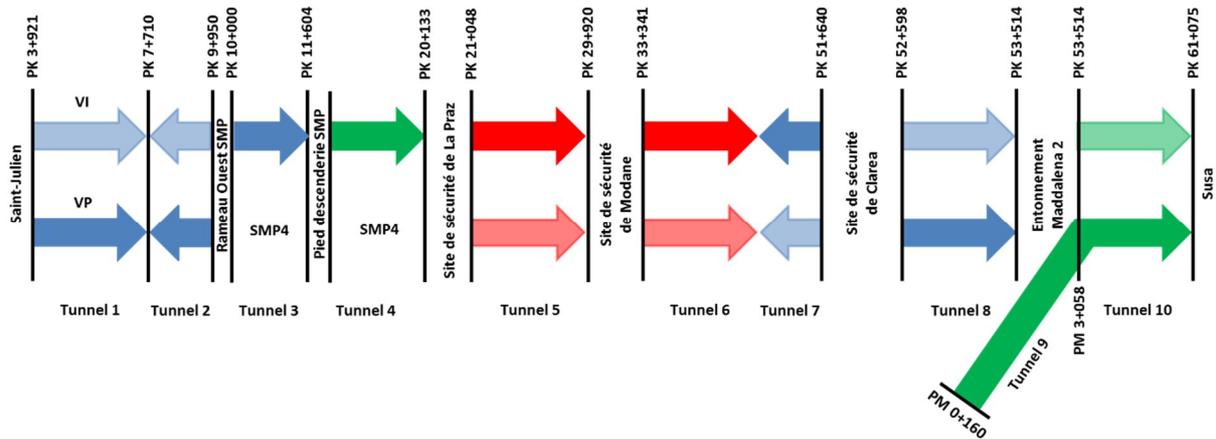


Figura 1: Tratte modellate

Blu: scavo in tradizionale

Rosso: scavo con fresa aperta

Verde: scavo con fresa con conchi e con fresa mista (tunnel 10)

Il tunnel 7, ossia il contrattacco a partire dall'AdS di Clarea, viene scavato solamente nel caso in cui il tunnel 6 sia troppo in ritardo rispetto al planning deterministico (il criterio quantitativo è presentato nella relazione dell'illustrazione del modello).

#### 1.4.2 Tempi

Il DAT considera i tempi di realizzazione in giorni. Un anno è composto da 365 giorni.

#### 1.5 Nota sui principali limiti dello studio

I limiti principali dell'analisi DAT sono riassunti di seguito:

- La validità dei risultati riconduce ovviamente alla questione dell'affidabilità della definizione del contesto geologico/geotecnico/idrogeologico reso dallo schema geotecnico, così come dell'affidabilità delle basi di costo e di planning considerate.
- Le basi di ideazione generale e di calcolo prese in considerazione nell'analisi sono ricavate dai documenti di sintesi di PRF e PRV. Riflettono pertanto il livello di studio attuale del progetto.
- I rischi geologici e idrogeologici sono considerati, ma non quelli di carattere congiunturale (incidenza possibile sui costi) né, tanto meno, quelli di tipo contrattuale (incidenza sui costi e sui tempi).

## 2. Lunghezza degli attacchi

### 2.1 Presentazione dei risultati

Le tabelle di sintesi per il TdB nel suo insieme e per ognuna delle dieci tratte sono rappresentate qui di seguito:

Lunghezza (m)	minimo	media	massimo	deviazione standard
Tunnel 1	3 310	3 782	4 471	154
Tunnel 2	1 558	2 247	2 719	154
Tunnel 3	1 604	1 604	1 604	0
Tunnel 4	8 529	8 529	8 529	0
Tunnel 5	8 872	8 872	8 872	0
Tunnel 6	15 356	18 196	18 299	385
Tunnel 7 <sup>1</sup>	916	1 500	2 943	385
Tunnel 8	916	916	916	0
Tunnel 9	2 898	2 898	2 898	0
Tunnel 10	7 561	7 561	7 561	0

Tabella 2: Lunghezza degli attacchi (1 canna)

L'intersezione dei fronti provenienti da Saint-Julien-Montdenis (tunnel 1) e dal piede del ramo ovest di St-Martin (tunnel 2) è situata ad una distanza media di 3 782 m dal portale ovest del TdB, con dei valori min e max pari rispettivamente a 3 310 m e 4471 m. Il punto di intersezione medio corrisponde dunque alla PK 7+703 mentre che i valori min e max corrispondono alla PK 7+231 e alla PK 8+392. Si ricorda che la PK d'intersezione del planning deterministico corrisponde a 7+710.

### 2.2 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici

La lunghezza delle tratte dei tunnel che hanno un punto di incontro è riassunta nella Tabella 3 per l'analisi DAT e lo studio deterministico. L'intervallo di confidenza indicato per l'analisi DAT corrisponde ad un valore medio  $\pm 2$  deviazioni standard (intervallo di confidenza del 95% per una legge normale). Per il tunnel 7, i dati presentati corrispondono ai casi dove esso viene attivato (6.9% dei casi).

Lunghezza (m)	Analisi DAT					Analisi deterministica
	minimo	media	massimo	Variazione standard	Intervallo di confidenza	
Tunnel 1	3 310	3 782	4 471	154	3 474 - 4 090	3 789
Tunnel 2	1 558	2 247	2 719	154	1 939 - 2 555	2 240
Tunnel 6	15 356	18 196	18 299	385	17 426 - 18 966	18 299
Tunnel 7	916	1 500	2 943	385	730 - 2 270	0

<sup>1</sup> I dati statistici del tunnel 7 si basano sulle 6 875 simulazioni per le quali quest'ultimo viene attivato, ossia nel 6.9% dei casi.

**Tabella 3: Lunghezza delle tratte per l'analisi probabilistica e deterministica**

Per quanto riguarda l'intersezione tra i tunnel 1 e 2, il valore medio dell'analisi probabilistica è sensibilmente simile al valore deterministico, il che mostra una certa corrispondenza delle due analisi su questo punto. In termini di PK, il punto di incontro è alla PK 7+710 secondo l'analisi deterministica e PK 7+703 secondo l'analisi DAT.

Il tunnel 7 non è stato considerato nello studio deterministico siccome viene attivato soltanto nel 6.9% dei casi più sfavorevoli. Tale probabilità, relativamente bassa, spiega come la lunghezza media del tunnel 6 sia poco variabile, siccome nel 93% dei casi il tunnel 6 finisce a Clarea e quindi alla lunghezza fissa di 18 299 m.

### 3. Ripartizione delle sezioni tipo

#### 3.1 Presentazione dei risultati

Il programma consente di determinare le percentuali delle sezioni tipo (o classi di costruzione) per zone e per incidenti. La ripartizione di tali sezioni tipo nei diversi tunnel è riassunta nelle tabelle seguenti.

Il tunnel 7 (contrattacco da Clarea) viene attivato in soltanto 6 875 simulazioni su 100 000, e presenta lunghezze molto variabili tra una simulazione e l'altra. Non è quindi possibile determinare una ripartizione dei profili tipo rappresentativa per questo tunnel.

L'Allegato A presenta la ripartizione delle classi di costruzione per zona. La ripartizione delle classi di costruzione per gli incidenti non ha nessun significato fisico, siccome gli incidenti sono considerati come quasi-puntuali nel modello.

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Tunnel 1	0%	11%	68%	0%	5%	0%	2%	0%	14%	0%	0%	0%	0%
Tunnel 2	0%	20%	72%	3%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Tunnel 3	0%	14%	14%	20%	8%	0%	3%	0%	0%	0%	36%	4%	0%
Tunnel 8	0%	9%	57%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%

**Tabella 4: Ripartizione media delle classi di costruzione per lo scavo con metodo tradizionale**

	TS1a	TS1b	TS2	TS3	TS4a	TS4b	TS5	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TB1	TB2
Tunnel 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	87%	12%
Tunnel 5	0%	2%	40%	42%	1%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tunnel 6	0%	12%	48%	18%	4%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tunnel 9	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	43%	42%	10%	3%	0%	0%	0%
Tunnel 10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	47%	16%	6%	13%	6%	0%	0%

**Tabella 5: Ripartizione media delle classi di costruzione per lo scavo con metodo meccanizzato**

### 3.2 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici

Le ripartizioni delle sezioni tipo di sostegno risultanti dall'analisi DAT e dall'analisi deterministica sono confrontate nelle tabelle seguenti. Il confronto non viene realizzato per i tunnel 4 e 10 siccome lo scavo con fresa scudata (con conci prefabbricati a tergo) non presenta delle sezioni tipo di sostegno. Non viene realizzato nemmeno per il tunnel 7 siccome esso è assente nell'analisi deterministica. Le lunghezze riportate per il DAT sono dei valori medi.

La Tabella 6 confronta i valori ottenuti per il tunnel 1. Si può constatare una buona corrispondenza tra i due approcci.

		Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale											
Tunnel 1	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT (3782m)	0%	11%	68%	0%	5%	0%	2%	0%	14%	0%	0%	0%	0%
Deterministico (3789m)	0%	11%	64%	3%	8%	1%	0%	0%	13%	0%	0%	0%	0%

Tabella 6: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 1

La Tabella 7 confronta i valori ottenuti per il tunnel 2.

		Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale											
Tunnel 2	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT (2247m)	0%	20%	72%	3%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Deterministico (2240m)	0%	21%	52%	6%	17%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabella 7: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 2

L'analisi dettagliata delle differenze ottenute tra i due tipi di analisi situa tali differenze nelle zone Sub-Brianzonese (zone 8 e 9 secondo Allegato A del documento *PRV\_C3A\_TS3\_8200 – Illustration du modèle*) e Flysch scisto-arenarici (zona 6 secondo Allegato A del documento *PRV\_C3A\_TS3\_8200*).

Si constata innanzi tutto (Tabella 8) che l'analisi DAT, rispetto all'analisi deterministica, nella zona Sub-Brianzonese ovest (zona 8) privilegia la sezione tipo S3b. La classe RMR III (valore simile per le due analisi, qui 70%) genera per l'analisi DAT la sezione tipo S3a (vedi matrice di passaggio) anche se è presente il rischio di ammassi spingenti. L'analisi deterministica è più prudente e considera delle sezioni tipo S3b a causa della presenza di ammassi molto fratturati in prossimità (fronte Pennidico).

Si constata anche sulla Tabella 8 che l'analisi DAT privilegia, rispetto all'analisi deterministica, la sezione tipo S3a alla S4 nella zona Sub-Brianzonese est (zona 9). L'analisi DAT associa sistematicamente la sezione tipo S3a ad un RMR III (79%) in assenza di altri fenomeni (ossia GP3-I e GP4-I). L'analisi deterministica vi associa invece le sezioni tipo S3a, S3b e S4. L'analisi deterministica è stata realizzata in modo più prudente e considera le zone in prossimità delle zone fratturate come ammassi di qualità mediocre, con sezioni tipo S4, tra le PK 9+500 e 10+000 circa. Si noti come questo valga anche nei flysch scisto-arenarici (Tabella 9).

Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale													
Sub-Brianzonese Ovest (zone 8)	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT	0%	27%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
Deterministico	0%	30%	60%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sub-Brianzonese Est (zone 9)	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT	0%	14%	75%	6%	2%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Deterministico	0%	15%	46%	3%	30%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tabella 8: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nelle zone Sub-Brianzonesi (zone 8 e 9). In giallo le differenze maggiori.**

Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale													
Flysch scisto-arenarici (zone 6)	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT	0%	22%	63%	0%	4%	1%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Deterministico	0%	19%	60%	0%	10%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tabella 9: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nei flysch scisto-arenarici (zona 6). In giallo le differenze maggiori.**

Si può constatare che nella zona Flysch scisto-arenarici e Sub-Brianzonese l'analisi DAT privilegia la sezione tipo S5b alle sezioni tipo S5a e S6 rispettivamente.

Nei Flysch scisto-arenarici l'analisi DAT associa la sezione tipo S5b alla classe RMR V in assenza di condizioni particolari (8%) e la sezione tipo S4 alla classe RMR IV (3%). L'analisi deterministica invece associa direttamente la sezione tipo S5a alle classi RMR IV e V (11%) in questo settore. La sezione tipo S5a è stata ritenuta più adatta alle caratteristiche del terreno poiché presenta un presostegno con bulloni autoproforanti al fronte.

Nella zona Sub-Brianzonese la matrice di passaggio attribuisce una sezione tipo S5b a condizioni predominanti di RMR V (GP2-I, GP3-I e GP4-I) e sezioni tipo più leggere per RMR che vanno da I a IV con forti plasticizzazioni (8% si GP4-II). La combinazione di RMR V (GP1-V) e di forti plasticizzazioni (GP4-II) che genera una sezione tipo S6 non è sufficientemente importante per creare una percentuale significativa (<1%). L'analisi deterministica associa su questa tratta la sezione tipo S6 ad un RMR di IV e V (6%) siccome considera simultaneamente a tali classi di RMR un livello di plasticizzazione significativo.

La Tabella 10 confronta i valori ottenuti per il tunnel 3. Si nota che l'analisi DAT fornisce una ripartizione delle sezioni tipo piuttosto differente rispetto all'analisi deterministica.

Tunnel 3	Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale												
	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT (1604m)	0%	14%	14%	20%	8%	0%	3%	0%	0%	0%	36%	4%	0%
Deterministico (1604m)	0%	1%	26%	16%	3%	0%	0%	28%	0%	0%	11%	15%	0%

Tabella 10: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 3

La Tabella 11 mette in evidenza come la sezione tipo S9 sia più presente che la S10 nell'unità Encombres (zona 11 secondo Allegato A del documento *PRV\_C3A\_TS3\_8200 – Illustration du modèle*). Nella matrice di passaggio dell'analisi DAT viene in effetti considerato che in condizioni di squeezing importante (nel 90% dei casi per l'analisi DAT) la sezione tipo S9 è associata ad un RMR IV (65%) e la S10 ad un RMR V (10%). Il planning deterministico si è dimostrato più prudente in questo settore che presenta delle incertezze legate ai fenomeni spingenti considerando la S10 in maggiore quantità.

Al di fuori delle zone indicate precedentemente, l'analisi DAT ha considerato una sezione tipo S3b conformemente alla matrice di passaggio. Nell'analisi deterministica è stato ritenuto necessario prevedere una consolidazione del fronte ed è stata quindi scelta una sezione tipo di sostegno S6.

Encombres (zone 11)	Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale												
	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT	0%	0%	0%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%	8%	0%
Deterministico	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	20%	50%	0%

Tabella 11: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nell'unità Encombres (zona 11). In giallo le differenze maggiori.

La Tabella 12 mette a confronto la ripartizione dei sostegni nel fronte Houllier. L'analisi DAT associa sistematicamente, in assenza di fenomeni particolari, la sezione tipo S2 alla classe di RMR II (75%), la S3 a RMR II (10%), la S4 a RMR IV (5%) e la S3b a RMR V (10%). In questo settore l'analisi deterministica ha associato la sezione tipo S3a ad un RMR II, la S3b a RMR II (per i rischi di comportamento rigonfiante) e RMR III, e le sezioni S6, S9 e S10 a RMR IV e V siccome un comportamento spingente è previsto a causa della vicinanza dell'unità Encombres (queste tratte sono situate a est di questa zona). Si noti che la scelta della sezione S3a piuttosto che la S2 a RMR II è stata motivata dalla presa in conto di un livello di fratturazione della roccia superiore e si avvera quindi poco coerente con quello che è stato fatto sulle altre tratte del Tunnel di Base.

Fronte Houllier (zone 10)	Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale												
	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT	0%	67%	16%	0%	6%	0%	10%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Deterministico	0%	0%	64%	21%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	3%	8%	0%

**Tabella 12: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno nel fronte Houllier (zona 10). In giallo le differenze maggiori.**

Le Tabelle 19 e 20 mettono a confronto i valori ottenuti per i tunnel 5 e 6. L'analisi deterministica restituisce una proporzione di TS3 maggiore e di TS2 più bassa. Questo si spiega con l'utilizzo della sezione tipo TS3 per grandi coperture per RMR di classe II nell'analisi deterministica. L'influenza della copertura non è stata presa in conto sistematicamente nell'analisi DAT, che, per un RMR di classe II, associa la sezione tipo TS3 solo in caso di forti plasticizzazione.

Si noti anche un aumento della TS4b ed una conseguente diminuzione di TS4a e TS5. La proporzione quasi nulla delle sezioni tipo TS5 generata dall'analisi DAT è legata al fatto che gli incidenti sono presi in conto separatamente.

Tunnel 5	Sezioni tipo di sostegno con TBM						
	TS1a	TS1b	TS2	TS3	TS4a	TS4b	TS5
DAT (8872m)	0%	2%	40%	42%	1%	14%	0%
Deterministico (8872m)	0%	6%	38%	45%	4%	6%	1%

**Tabella 13: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 5**

Tunnel 6	Sezioni tipo di sostegno con TBM						
	TS1a	TS1b	TS2	TS3	TS4a	TS4b	TS5
DAT (18196m)	0%	12%	48%	18%	4%	18%	0%
Deterministico (18299m)	0%	16%	27%	39%	4%	11%	3%

**Tabella 14: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 6**

La Tabella 15 confronta i valori ottenuti per il tunnel 8. L'analisi probabilistica considera una sezione tipo di sostegno S2 per un RMR di classe II senza condizioni di scavo particolari. L'analisi deterministica ha considerato che la sezione tipo S11, ideata per i fenomeni di rilascio (dunque forti anisotropie), sia presente nella stessa misura che la S3a (50%). Il modello probabilistico associa la sezione tipo S11 solo in caso di anisotropia, combinata ad una RMR di classe II. Questo spiega la differenza tra i due approcci.

Tunnel 8	Sezioni tipo di sostegno per il metodo tradizionale												
	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11
DAT (916m)	0%	9%	57%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%
Deterministico (916m)	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%

Tabella 15: Ripartizione delle sezioni tipo di sostegno per il tunnel 8

## 4. Durata di realizzazione dei lavori di avanzamento

### 4.1 Planning dei lavori di avanzamento

I valori dei planning “chemin de fer” sono riportati nel documento PRV\_C3A\_TS3\_8211 per i lavori di avanzamento nella galleria in linea. Essi non vengono riportati nella seguente relazione per motivi di formato.

Tale documento riporta:

- In grassetto, il cronoprogramma dei lavori ricavato dalla media sulle 100.000 simulazioni.
- Con il tratto fine si indicano i valori (minimi e massimi) di tutti i cronoprogrammi dei lavori delle 100.000 simulazioni effettuate. Non corrisponde pertanto a un «cronoprogramma dei lavori» ma è composto dai punti minimi e massimi delle 100.000 simulazioni.
- Con il tratteggio si indicano le curve «media +/- 2 deviazioni standard». Non si tratta quindi neppure in questo caso di «cronoprogrammi dei lavori».

In aggiunta, per tracciare queste ultime due serie di curve, il programma non considera i tempi min e max per una data posizione ma le posizioni min e max dei tunnel ancora oggetto di scavo in un dato momento.

### 4.2 Presentazione dei risultati

Le tabelle di sintesi per il TdB nel suo insieme e per ognuna delle dieci tratte sono rappresentate qui di seguito:

Tunnel di Base	Tempo fine (giorni)	Tempo fine (anni)
minimo	2 531	6,9
media	2 960	8,1
massimo	3 502	9,6
Deviazione standard	116	0,3

Tabella 16: Sintesi dei risultati per il TdB (per 1 canna)

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

Durata (gg)	minimo	media	massimo	deviazione standard
Tunnel 1	1 175	1 328	1 522	42
Tunnel 2	413	568	762	42
Tunnel 3	732	1 245	1 798	132
Tunnel 4	617	783	1 296	85
Tunnel 5	614	883	1 426	91
Tunnel 6	1 526	2 072	2 626	129
Tunnel 7*	369	509	918	68
Tunnel 8	188	315	529	39
Tunnel 9	288	340	415	15
Tunnel 10	1 004	1 305	1 944	97

\* I dati statistici del tunnel 7 si basano sulle 6 875 simulazioni per le quali quest'ultimo viene attivato, ossia nel 6.9% dei casi.

**Tabella 17: Durata degli attacchi (1 canna, a partire dalla data di inizio dei lavori di ogni tunnel)**

La durata di realizzazione dei lavori è sintetizzata per il Tunnel di Base interno e per ogni tratta nelle tabelle precedente. Dall'analisi dei risultati in termini di durata di realizzazione si ricavano gli insegnamenti principali che seguono:

- La durata media (la più probabile) di realizzazione dei lavori è di 2 333 giorni, ossia 6 anni e 5 mesi circa.
- Le durate minime e massime corrispondono al tunnel 6 e sono pari a 1 526 giorni e 2626 giorni, ossia rispettivamente 4 anni e 2 mesi e 7 anni e 2 mesi.
- Le differenti tratte situate tra Modane e Susa (tunnel 6 a 10) e la tratta situata tra il ramo ovest ed il piede della discenderia di St-Martin-La-Porte (tunnel 3) presentano delle forchette di valori (min,max) e delle deviazioni standard molto più importanti rispetto alle altre tratte:
  - Sul tunnel 3 queste variazioni derivano dalla diversità dei profili ottenuti. La percentuale delle sezioni tipo S9 e S10 che presentano velocità molto inferiori rispetto alle altre sezioni tipo "classiche" risulta molto variabile da una simulazione all'altra, da un lato a causa dell'incertezza legata ai limiti del settore Encombres (incertezza che diventa importante soprattutto se paragonata alla lunghezza totale del tunnel 3) e dall'altro lato a causa del contesto particolare che conduce, a livello della matrice, a considerare solamente l'associazione dei GP1 III a V con i GP4 II e III: le combinazioni conducono ai profili S3b, S6, S9 e S10. Si noti che il rapporto tra le velocità di avanzamento dei profili S3b e S9 è di circa 5, variabilità raramente riscontrata per le combinazioni possibili in una PK data a livello di insieme del TdB.
  - Sui tunnel 6 e 10, le variazioni importanti della deviazione standard sono legate da un lato alla lunghezza importante della tratta e dell'altro alla grande variazione constatata su certe zone.

In maniera generale si nota che l'attacco proveniente da Modane è sottoposto a involuppi di rischio molto importanti (già constatato nelle fasi progettuali precedenti). Tale incertezza è legata alla lunghezza totale degli attacchi. Inoltre, a causa della profondità e delle difficoltà di accesso dalla superficie, poche indagini geognostiche sono state effettuate nel massiccio d'Ambin nella zona Brianzese. Queste zone presentano dunque un R-index basso e molte zone di faglia sono state estrapolate in profondità a partire dalla superficie. Si nota un miglioramento delle condizioni nella zona di Clarea rispetto agli studi precedenti. Si è potuto tener conto di questo miglioramento grazie al ritorno di esperienza del cunicolo esplorativo della Maddalena.

L'influenza dell'incidente E (fermo prolungato del cantiere) sui risultati è limitata a causa della bassa probabilità di avere simultaneamente più incidenti E sulla stessa tratta o sull'insieme del TdB:

- 0 incidenti E nell' 84,89% dei casi;
- 1 incidente E nel 13,62% dei casi;
- 2 incidenti E nell' 1,37% dei casi;
- 3 incidenti E nello 0,12% dei casi;
- 4 incidenti E in meno dello 0,01% dei casi.

L'incidente di tipo E corrisponde ad un incidente importante non rilevato dai sondaggi sistematici in avanzamento. Il cantiere è fermo per un periodo piuttosto lungo (più di 3 mesi) e bisogna sostenere spese significative per ripristinarne gli impianti.

#### 4.3 Curva di frequenza

La curva di frequenza in funzione dei tempi ha la forma della curva di Gauss secondo una legge normale. Si è calcolato l'intervallo di confidenza limitando questo intervallo a  $\pm 1.96$  x la deviazione standard  $\sigma$  attorno alla media.

Ricordiamo che l'intervallo di confidenza è definito come l'intervallo associato ad una data probabilità P di contenere il valore x vero della grandezza misurata, ovvero in questo caso i tempi ed i costi.

L'intervallo di confidenza è definito come l'intervallo associato ad una probabilità data P di contenere il valore x vero del parametro misurato (tempi e costi in questo caso). Esso è del 95% per i tempi.

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

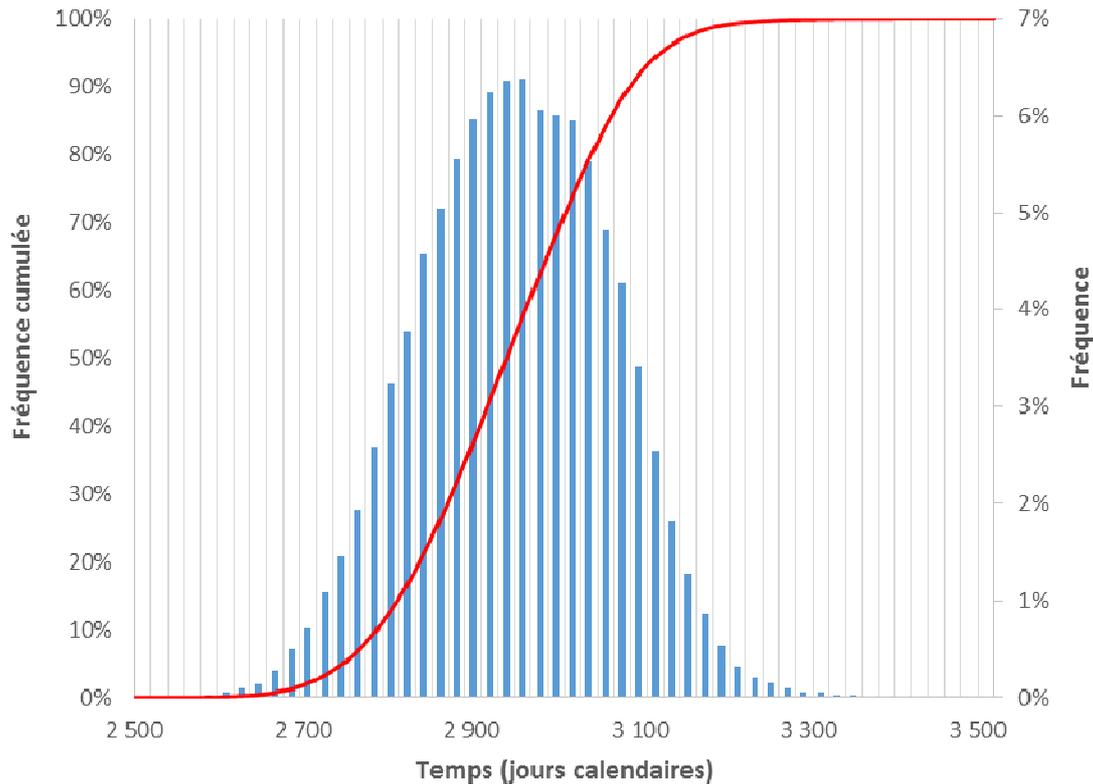


Figura 2: Rappresentazione statistica dell’impatto in termini di tempi

La tabella seguente indica i tempi corrispondenti ai prezzi associati alle probabilità del 50% (si tratta del valore mediano), 90%, 95% e 99%.

Tunnel di Base	Probabilità superamento			
	50%	90%	95%	99%
tempi (giorni)	2962	3108	3145	3218
Differenza valore medio	0	146	183	256
% valore medio	-	4,9%	6,2%	8,6%

Tabella 18: Valori di durata corrispondenti alle probabilità di superamento di 50%, 90%, 95% e 99%

La tabella seguente indica i tempi corrispondenti ai prezzi associati alle probabilità del 50% (si tratta del valore mediano), 90%, 95% e 99% utilizzando i valori medi e la deviazione standard ipotizzando una legge normale.

I valori ottenuti mostrano una buona corrispondenza con i valori della tabella precedente, conformemente al teorema del limite centrale.

Tunnel di Base	Probabilità superamento – legge normale			
	50%	90%	95%	99%
Tempo fine (giorni)	2 960	3 109	3 152	3 231

Tabella 19: Valori di durata corrispondenti a probabilità del 50% (valore medio), 90%, 95% e 99% determinati sulla base del valore medio e della deviazione standard sulla base della legge normale

#### 4.4 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici

Il confronto degli scenari probabilistici e deterministici si trova sul diagramma chemin de fer PRV\_C3A\_TS3\_8211.

La durata totale delle tratte dei tunnel è riassunta nella Tabella 20 per l'analisi DAT e per l'analisi deterministica. L'intervallo di confidenza indicato per l'analisi DAT corrisponde al valore medio  $\pm 2$  deviazioni standard.

Tempo fine lavori (giorni)	Analisi DAT						Analisi deterministica
	min	media	max	Dev. st.	Intervallo di confidenza		
Tunnel 1	1 721	1 875	2 068	42	1 791	1 959	1 946
Tunnel 2	1 721	1 875	2 068	42	1 791	1 959	1 946
Tunnel 3	2 039	2 552	3 106	132	2 288	2 816	2 494
Tunnel 4	2 081	2 273	2 789	86	2 101	2 445	2 433
Tunnel 5	1 707	1 978	2 523	91	1 795	2 161	1 930
Tunnel 6	2 362	2 923	3 502	129	2 664	3 182	2 676
Tunnel 7	2 953	3 093	3 502	68	2 956	3 230	-
Tunnel 8	1 562	1 713	1 928	40	1 632	1 794	1 627
Tunnel 10	2 320	2 622	3 283	99	2 424	2 820	2585

Tabella 20: Tempo di fine realizzazione risultante dalle analisi DAT e deterministica

La Tabella 21 traduce i dati della Tabella 20 in termini di mesi. Si noti che è il tunnel 6 a determinare la durata di realizzazione dell'insieme del Tunnel di Base per entrambe le analisi.

Mese fine lavori	Analisi DAT						Analisi deterministica
	min	media	max	Dev. st.	Intervallo di confidenza		
Tunnel 1	57	62	68	1,4	59	64	64
Tunnel 2	57	62	68	1,4	59	64	64
Tunnel 3	67	84	102	4,3	75	93	82
Tunnel 4	68	75	92	2,8	69	80	80
Tunnel 5	56	65	83	3,0	59	71	63
Tunnel 6	78	96	115	4,3	88	105	88
Tunnel 7	97	102	115	2,3	97	106	-
Tunnel 8	51	56	63	1,3	54	59	54
Tunnel 10	76	86	108	3,3	80	93	85

Tabella 21: Mese di fine realizzazione risultante della analisi DAT e deterministica

Le figure seguenti presentano i grafici tempo-posizione per ogni tunnel. Si tratta degli stessi dati presentati sul diagramma chemin de fer PRV\_C3A\_TS3\_8211. Si ricorda che questi valori non costituiscono un programma dei lavori, ma sono il risultato di 100 000 simulazioni

statistiche. Le curve min e max sono dunque delle curve di inviluppo. Su questi grafici viene riportato il planning deterministico a titolo indicativo.

Per quanto riguarda i tunnel 1 e 2 (tratte Saint-Julien-Montdenis – Rameau ovest di Saint-Martin), il valore deterministico è compreso nell'intervallo di confidenza e le cadenze medie dell'analisi deterministica sono vicine a quelle dell'analisi probabilistica (Figura 3).

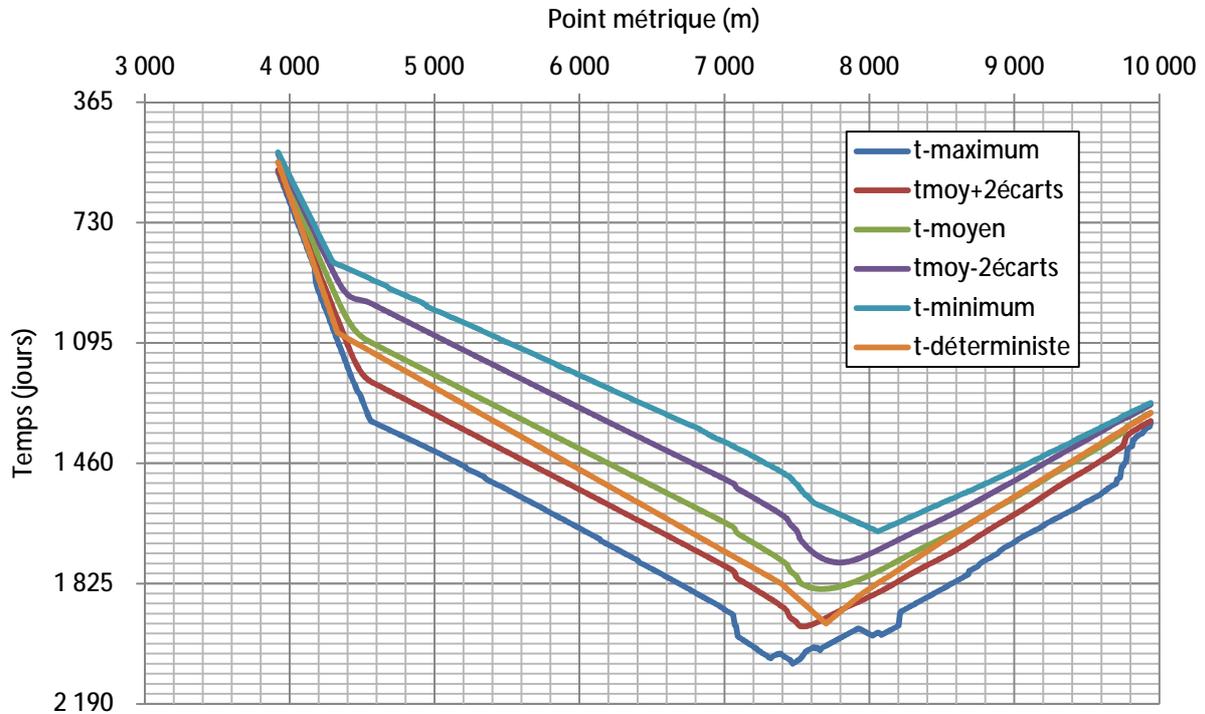


Figura 3: Grafico tempo-posizione per i tunnel 1 e 2

Per il tunnel 3 (tratta Ramo ovest – Piede della discenderia di St-Martin), il valore deterministico è compreso nella forchetta min-max e nell'intervallo di confidenza dell'analisi probabilistica. La variazione dei valori risultanti dall'analisi DAT è relativamente importante tenuto conto della lunghezza ridotta della tratta, il che si traduce in un rischio importante di superamento delle tempistiche. La realizzazione completa della galleria geognostica fornirà i dati necessari alla riduzione di tale rischio e un'eventuale adattamento del programma dei lavori verrà effettuato (aggiunta di un fronte di scavo a partire dal piede della discenderia di St-Martin in direzione del ramo ovest).

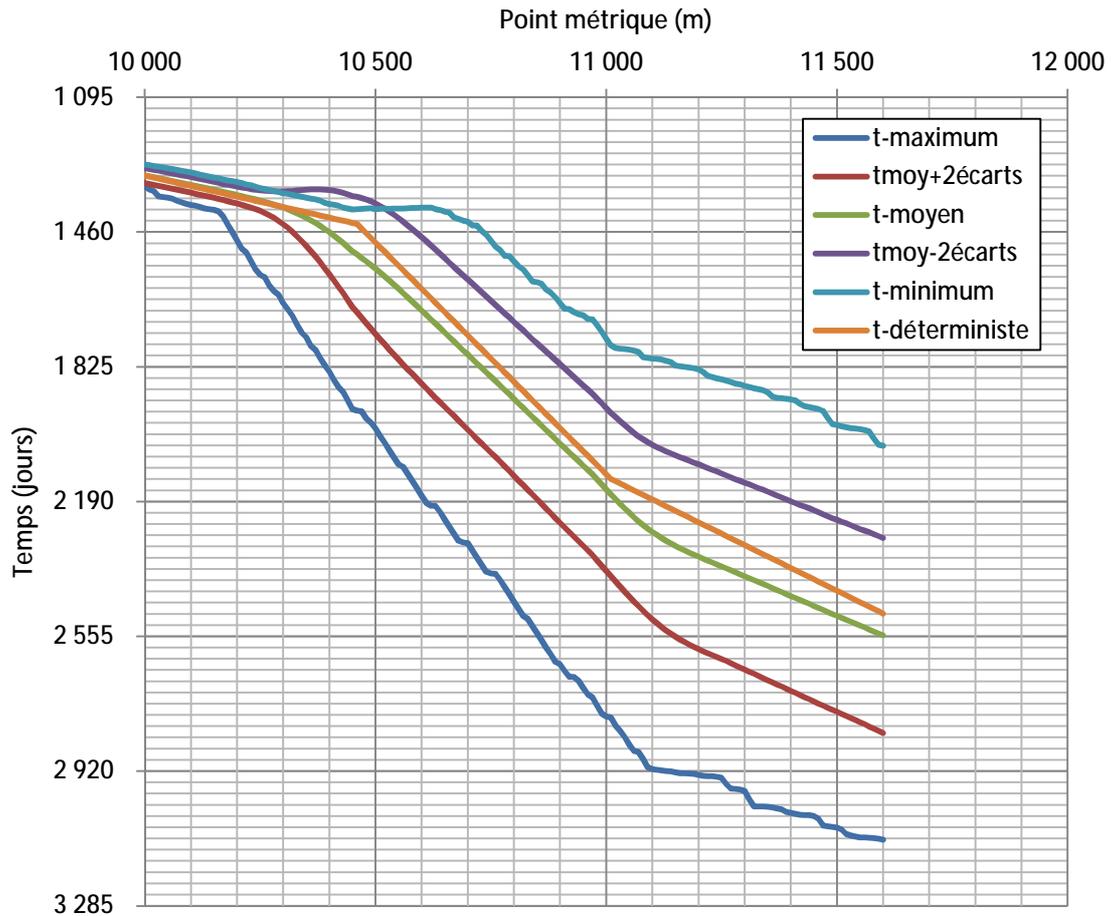


Figura 4: Grafico tempo-posizione per il tunnel 3

Per il tunnel 4 (tratta dal piede della discenderia di St-Martin all'area di sicurezza di La Praz), il valore deterministico è compreso nella forchetta min-max e nell'intervallo di confidenza dell'analisi probabilistica. La curva max risultante dall'analisi probabilistica considera un incidente alla PK 11+900, che si traduce in un fermo della TBM per una durata di 11 mesi (si noti che gli incidenti sono generalmente meno percettibili sulla curva max se essi non si producono nei primi mesi dei lavori di scavo).

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

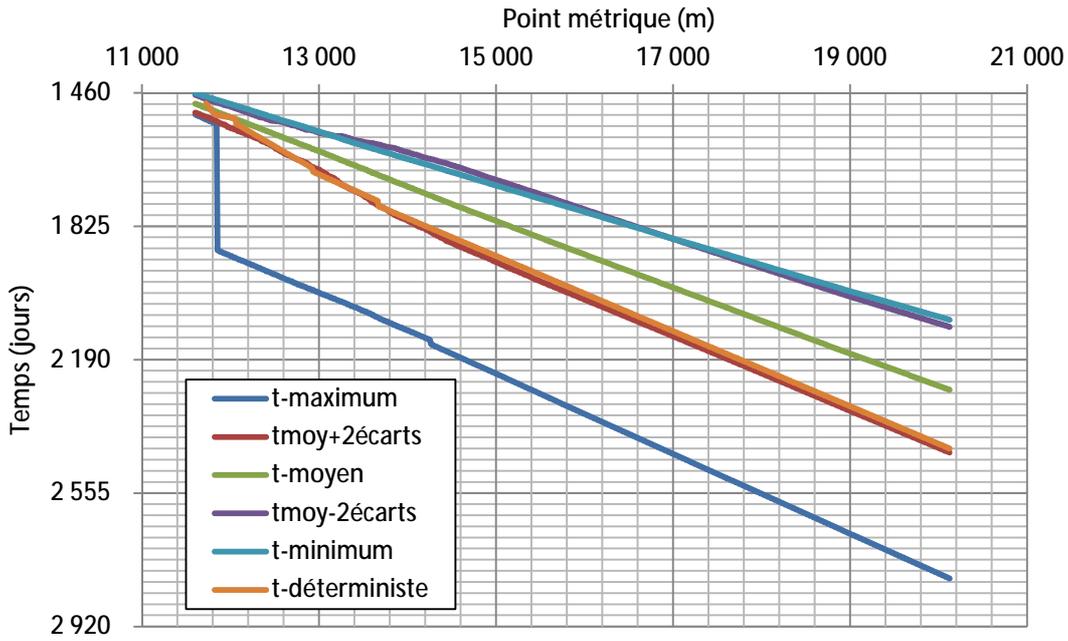


Figura 5: Grafico tempo-posizione per il tunnel 4

Per il tunnel 5 (tratta AdS di La Praz - AdS di Modane), il valore deterministico è compreso nella forchetta min-max e nell'intervallo di confidenza dell'analisi probabilistica. Corrisponde al valore medio dell'analisi DAT. Si noti come la curva max dell'analisi DAT illustri il possibile l'impatto degli incidenti dell'unità Sapey-Orgère (parte occidentale dell'unità Brianzonese esterna).

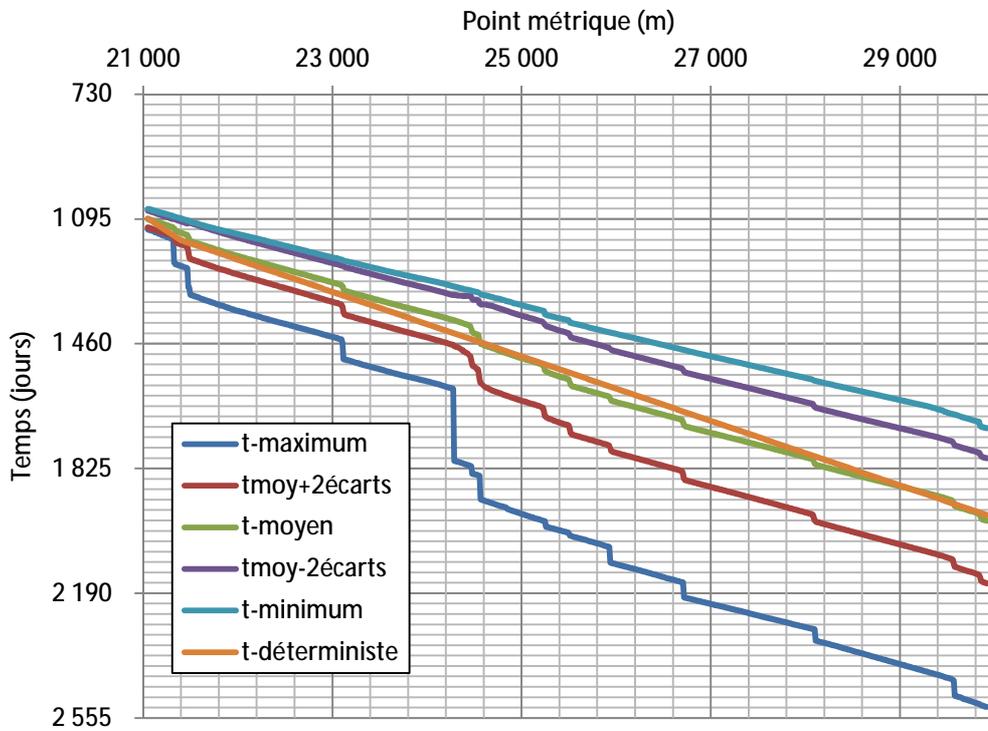


Figura 6: Grafico tempo-posizione per il tunnel 5

Per il tunnel 6 (tratta AdS Modane – AdS Clarea), il valore deterministico è compreso nella forchetta min-max dell'analisi deterministica e nell'intervallo di confidenza. Le cadenze risultanti dal DAT sono globalmente molto più conservative tra le PK 33 e 38 e più conservative tra le PK 38 e 41. Tale differenza è dovuta all'impatto degli incidenti maggiore per l'analisi DAT, più precisamente al gran numero (21) di incidenti di tipo B (zona fratturata con forti venute d'acqua in termini di portata accumulata) e C (zona di miloniti o di cataclasi), principalmente identificati nella zona della falda dei gessi e nella zona Brianzonese e alla forte probabilità di incontrare degli incidenti di tipo D (zona carsica) fino alla PK 39. La ripartizione delle sezioni tipo di sostegno ha invece un'influenza minore. A partire dalla PK 41 le cadenze sono abbastanza simili.

Si possono notare però due cambiamenti principali rispetto al PR:

- La presa in conto del ritorno di esperienza della galleria geognostica di Maddalena 1 ha permesso di stabilire uno scenario più ottimista nei confronti degli incidenti nella zona di Clarea. Tali effetti sono osservabili direttamente nella Figura 10 (curve più "lisce" nella zona di Clarea, con conseguente riduzione dei tempi).
- Gli effetti del contrattacco a partire dall'area di sicurezza di Clarea (tunnel 7) sono osservabili sulla curva max a partire dalla PK 49 (l'inviluppo massimo delle tempistiche è ridotto). Questo tunnel viene attivato nel 6.9% dei casi soltanto, la sua influenza sulle curve è minima ma comunque percettibile (inflexione della curva media e della curva a +2 deviazioni standard).

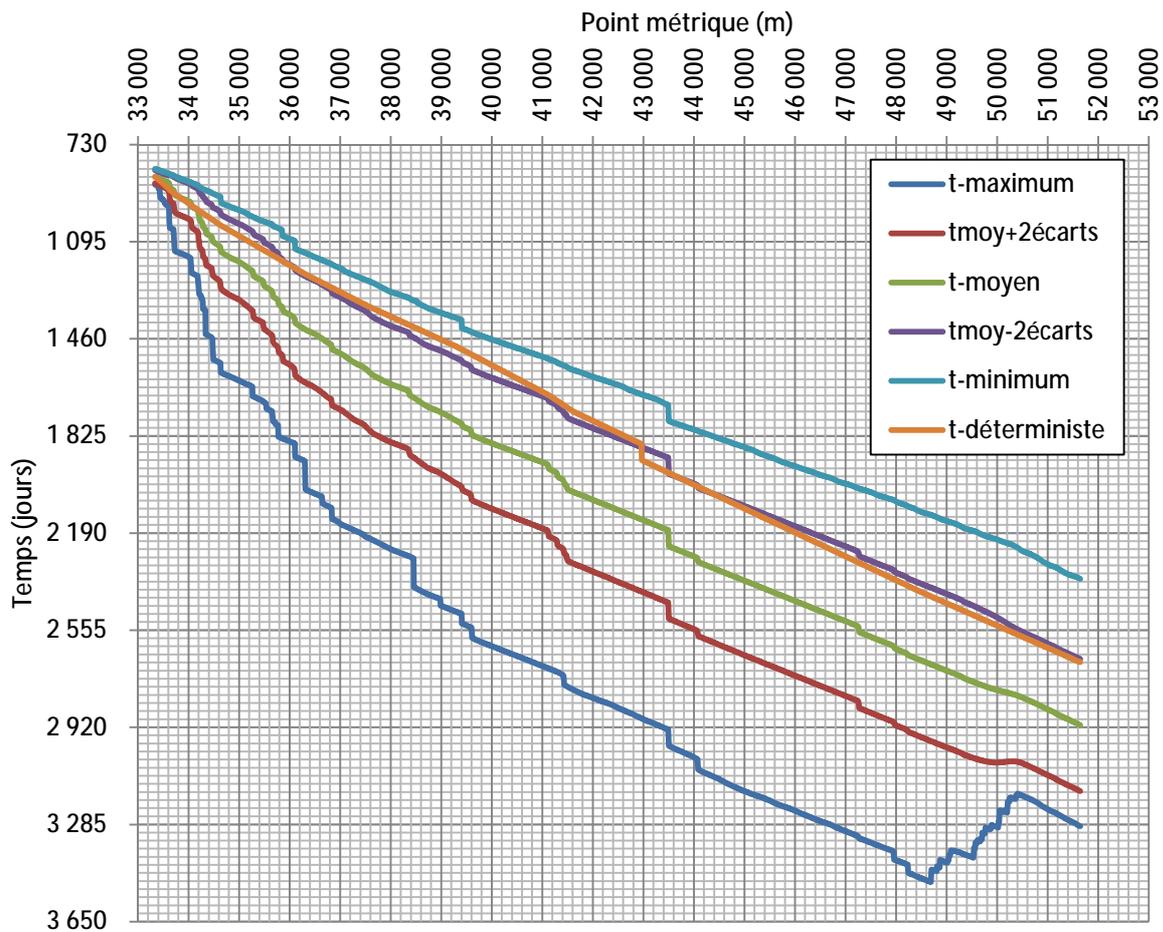


Figura 7: Grafico tempo-posizione per il tunnel 6

Per il tunnel 8 (tratta dall'AdS Clarea all'innesto con Maddalena 2), il valore deterministico è compreso nella forchetta min-max dell'analisi e nell'intervallo di confidenza. La ripartizione delle sezioni tipo, diversa tra le due analisi, provoca una diminuzione della velocità media sull'analisi probabilistica. Tale differenza non mette tuttavia in discussione il planning deterministico.

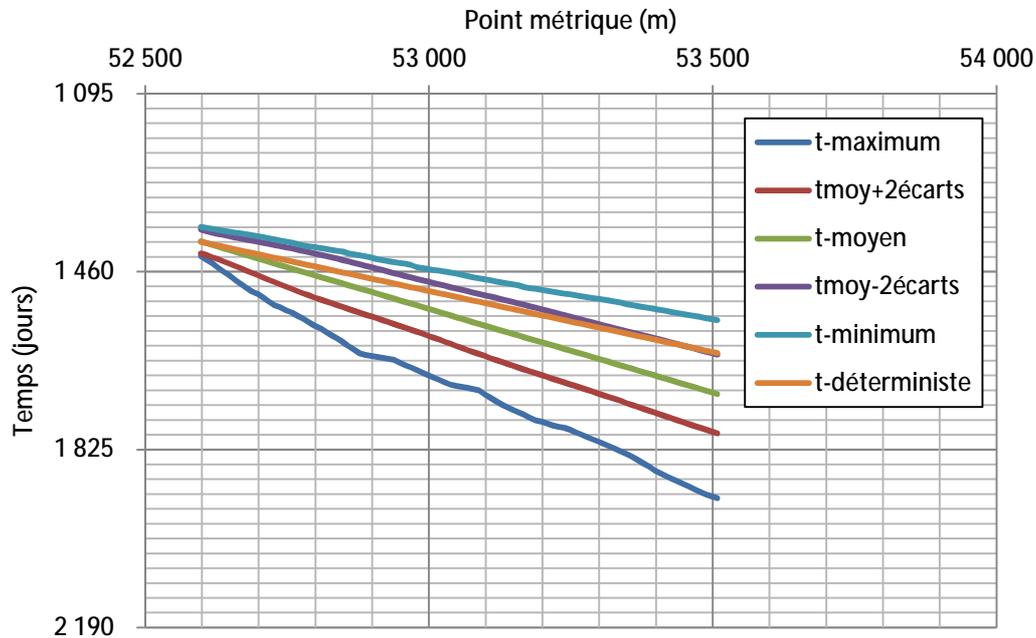


Figura 8: Grafico tempo-posizione per il tunnel 8

Infine per il tunnel 10 (tratta tra l'innesto con Maddalena 2 e Susa) il valore deterministico è compreso nella forchetta min-max e nell'intervallo di confidenza dell'analisi probabilistica. Si noti la presenza di un'incidente di tipo E attorno alla PK 55+200 che influenza sensibilmente l'inviluppo massimo, oltre a numerosi incidenti di tipo C (zona di miloniti o di cataclasi). Tuttavia, la media dell'analisi probabilistica rimane molto simile al valore dell'analisi deterministica.

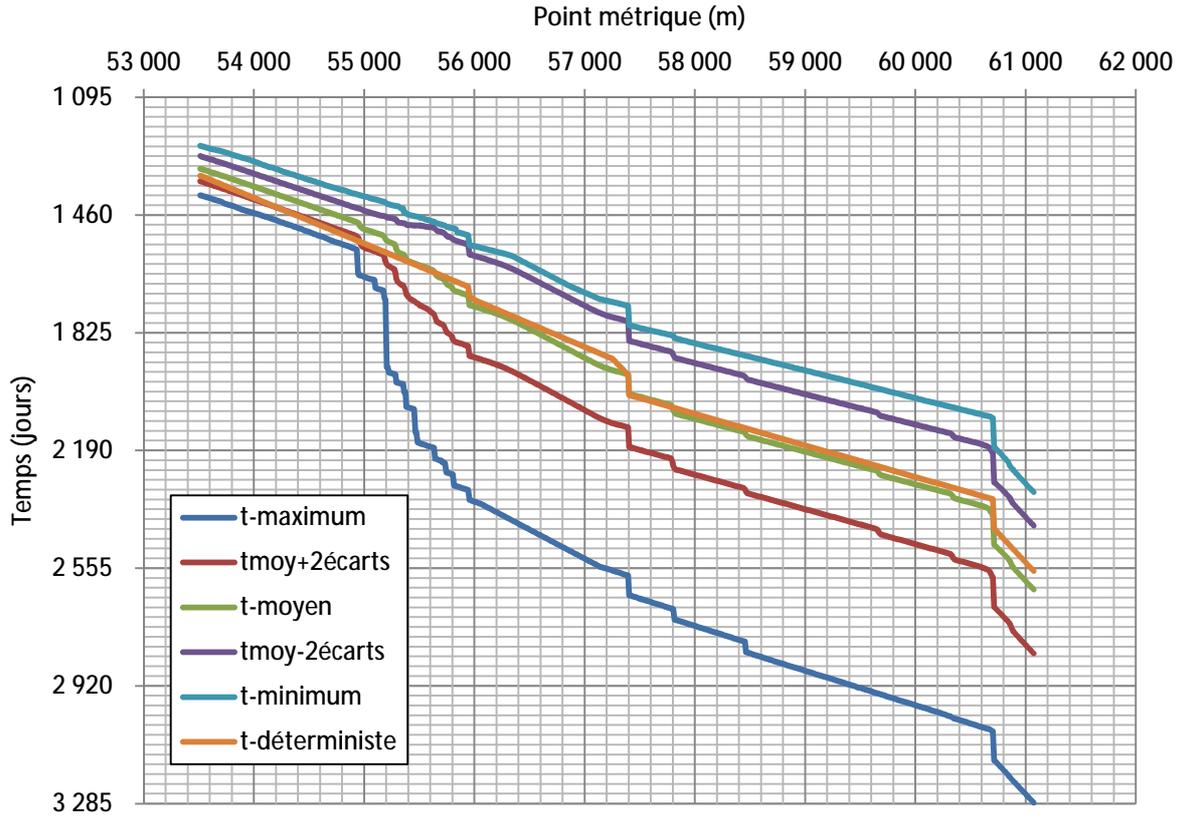


Figura 9: Grafico tempo-posizione per il tunnel 10

## 5. Costi e coefficienti di alea

### 5.1 Presentazione dei risultati

La tabella di sintesi per ognuna dei dieci tunnel è rappresentata qui di seguito:

Costi (M€)	Analisi DAT			
	min	media	max	Dev. st.
Tunnel 1	79	86	96	3
Tunnel 2	30	43	53	3
Tunnel 3	51	70	91	5
Tunnel 4	228	251	278	8
Tunnel 5	186	198	213	4
Tunnel 6	366	403	431	8
Tunnel 7	0	30	58	4
Tunnel 8	17	20	24	1
Tunnel 10	194	212	248	8

Tabella 22: Costi degli attacchi (1 canna)

## 5.2 Confronto tra valori probabilistici e valori deterministici

La tabella seguente fornisce i costi di realizzazione risultanti dall'analisi DAT e dall'analisi deterministica. Il costo medio di realizzazione del Tunnel di Base nel suo insieme (sezione corrente, prezzo di vendita) calcolato dal DAT è di 2 214 M€ per le due canne (1 268 M€ per una canna), valore al quale corrisponde un intervallo di confidenza [2 146 M€ 2 282 M€]. Il prezzo ottenuto con l'analisi deterministica si situa nella forchetta bassa dei prezzi del DAT.

Costi (M€)	Analisi DAT			Analisi deterministica
	media	Dev. st.	Intervallo di confidenza 95%	
Tunnel di Base	2214	34	2146    2282	2148

**Tabella 23: Costi dei lavori di avanzamento provenienti dalle analisi probabilistiche e deterministiche per le tratte**

Occorre notare che i costi della globalità del Tunnel di Base sono stati ottenuti considerando che le incertezze sono identiche sulla prima e la seconda canna realizzata. Da questo punto di vista, i valori dei costi della globalità del Tunnel di Base provenienti dal DAT appaiono globalmente sovrastimati.

I costi deterministici sono stati definiti per tratte e per lotti costruttivi nel PRF-PRV. Questa ripartizione è coerente con il documento PRV-C30-TS3-0006 relativo alla definizione del coefficiente di alea. La corrispondenza tra tunnel, tratte e lotti è presentata nella Tabella seguente.

Tunnel	Tratta	Lotto
Tunnel 1	Tratta A	Lotto 8
Tunnel 2		Lotto 7
Tunnel 3		
Tunnel 4	Tratta B	Lotto 6
Tunnel 5	Tratta C	
Tunnel 6	Tratta D	Lotto 5
Tunnel 7		Lotto 3-4
Tunnel 8		
Tunnel 10		

**Tabella 24: Tratte e lotti costruttivi**

I costi dell'analisi DAT e deterministica per tratta sono forniti nella tabella seguente. I costi si situano nell'intervallo di confidenza definito come la forchetta a due deviazioni standard, che si traduce globalmente in una buona corrispondenza tra i due studi. Le medie dei costi dell'analisi DAT sono generalmente superiori a causa dell'introduzione di avvenimenti che hanno un'occorrenza troppo bassa per essere stati introdotti nell'analisi deterministica.

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

Costi (M€)	Analisi DAT				Analisi deterministica
	media	Dev. st.	Intervallo di confidenza 95%		
Tratta A	328	11	306	351	321
Tratta B	251	8	235	268	243
Tratta C	396	7	382	410	384
Tratta D	1240	36	1168	1312	1200

Tabella 25: Costi per le tratte

### 5.3 Coefficienti di alea

La tabella seguente fornisce il coefficiente di alea relativo al costo definito per l'integralità del Tunnel di Base come: (valore deterministico – valore proveniente dal DAT) / valore deterministico.

Costi (M€)	Analisi DAT				Analisi deterministica	Alea al 50%	Alea al 90%	Alea al 99%
	50%	Dev. st	90%	99%				
Tunnel di Base	2214	34	2263	2295	2148	3.1%	5.4%	6.9%

Tabella 26: Costi e coefficienti di alea per il TdB

Questo coefficiente è determinato per i valori ottenuti dall'analisi a 50%, 90% e 99%. Si ottiene rispettivamente 3,1%, 5,4% e 6,9%.

I valori sono inferiori a quelli ottenuti al PR che valevano rispettivamente 3,3%, 5,5% e 7,3% e a quelli dell'APR 2006 che valevano rispettivamente 5,3%, 7,7% e 11,7%. Questa diminuzione può essere associata alle modifiche seguenti che ha contribuito a diminuire i valori nella tratta D:

- Agli apporti provenienti dal cunicolo esplorativo della Maddalena per quanto riguarda la tratta del tunnel di base scavata con la fresa;
- Alla modifica dello schema costruttivo lato Italia che conduce al frazionamento della tratta Clarea-Susa in due fronti indipendenti, con il fronte in metodo tradizionale che permette di eliminare il rischio di bloccaggio delle frese scudate che, provenienti in PR/PD2 da Susa, dovevano scavare gli ultimi 1500 m sotto grande copertura (1000-1300 m).

I coefficienti delle altre tratte non sono stati modificati rispetto al PR tenendo conto che il ritorno di esperienza della galleria di SMP4 non è stato considerato nel presente studio.

Le tabelle seguenti forniscono i coefficienti di alea relativo alle varie tratte e ai vari lotti di costruzione.

Costi (M€)	Analisi DAT				Analisi deterministica	Alea al 50%	Alea al 90%	Alea al 99%
	50%	Dev. st	90%	99%				
Tratta A	328	11	345	359	321	2.3%	7.6%	11.9%
Tratta B	251	8	264	274	243	3.3%	8.3%	12.4%
Tratta C	396	7	406	415	384	3.2%	5.9%	8.0%
Tratta D	1240	36	1294	1322	1200	3.3%	7.8%	10.2%

**Tabella 27: Coefficienti di alea per le tratte**

Costi (M€)	Analisi DAT				Analisi deterministica	Alea al 50%	Alea al 90%	Alea al 99%
	50%	Dev. st	90%	99%				
Lotto 8	172	6	181	189	168	2.4%	7.8%	12.4%
Lotto 7	408	16	428	444	396	2.9%	8.1%	12.2%
Lotto 6	396	7	406	415	384	3.2%	5.9%	8.0%
Lotto 5	805	16	826	842	776	3.7%	6.4%	8.5%
Lotto 3-4	436	16	458	474	424	2.9%	7.9%	11.8%

**Tabella 28: Costi e coefficienti di alea provenienti dalle analisi probabilistiche e deterministiche per lotti di costruzione**

## 6. Conclusione

La presente analisi è stata condotta sulla base dei dati provenienti dal Progetto di Variante sul lato Italia e del Projet de Référence Final sul lato Francia. L'analisi DAT è stata condotta sulla base di 100 000 simulazioni.

Dalla presente analisi emerge che la media dei tempi dei lavori di avanzamento (ai sensi del giorno di fine dei lavori di scavo) del Tunnel di Base è di 2 923 giorni (8 anni).

I fronti provenienti da St-Julien-Montdenis e da St-Martin-La-Porte si incontrano in media alla pk 7+703. Il contrattacco proveniente dall'area di sicurezza di Clarea in caso di ritardo importante della TBM proveniente da Modane è attivato solo nel 6.9 % dei casi, il che resta relativamente basso ed indica che questo attacco presenta carattere eccezionale.

La durata di realizzazione minima (= tempo di fine) è di 2 362 giorni (6,5 anni) e la durata massima di 3 502 giorni (9,5 anni). Nel PR, la durata di realizzazione minima (= tempo di fine) era di 1 914 giorni (5 anni e 3 mesi), la durata media di 2 333 giorni (6 anni e 5 mesi) e la durata massima di 3 014 giorni (8 anni e 4 mesi). Non è possibile di confrontare questi risultati perchè il programma dei lavori è stato cambiato (data di inizio lavori diversa).

Dalla presente analisi emerge che la media dei costi del Tunnel di Base è di 2 214 M€ per le 2 canne (prezzo di vendita).

Alla scala del Tunnel di Base (ovvero della simulazione integrale), i valori dei costi sono globalmente compatibili con i valori provenienti dall'analisi deterministica dei costi (2 148 M€) e dei tempi (2 675 giorni).

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

---

Infine, il ritorno di esperienza del cunicolo esplorativo della Maddalena ha permesso di diminuire le incertezze sugli incidenti geologici nella zona di Clarea, con un impatto positivo sul planning ed i costi di questa tratta.

**Allegato A - Ripartizione media delle sezioni tipo dell'analisi DAT per zone**

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11	TS1a	TS1b	TS2	TS3	TS4a	TS4b	TS5	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TB1	TB2		
1	Maddalena-Zone-Ambin-Et-Transition	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	23%	46%	24%	6%	0%	0%	0%	
2	Maddalena-2-Zone-Clarea	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	56%	40%	2%	1%	0%	0%	0%	
3	PK-debut-tunnel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
4	Cone-dejection-St-Julien-Mont-Denis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
5	Zone-ultradauphinoise-Flysch-du-Cheval-Noir	0%	11%	83%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
6	Flysch-schisto-greseux	0%	22%	63%	0%	4%	1%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
7	Front-Pennique	0%	29%	0%	0%	18%	0%	51%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
8	Zone-subbrianconnaise-Anticlinaux-Serpolliere-du-Chateau	0%	27%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
9	Zone-subbrianconnaise-Synclinal-de-la-Valorette	0%	14%	75%	6%	2%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
10	Front-Houiller	0%	67%	16%	0%	6%	0%	10%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
11	Zone-Houillere-Brianconnaise-Unite-des-Encombres	0%	0%	0%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
12	Zone-transition-hE-hBO	0%	2%	10%	10%	8%	0%	2%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	13%	
13	Zone-Houillere-Brianconnaise-Unite-du-Brequin-Orelle-gres	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	84%	16%	
14	Zone-Houillere-Brianconnaise-Unite-du-Brequin-Orelle-schist	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	89%	11%	
15	Unite-de-la-Praz-Houiller-sterile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	
16	Zone-transition-Praz-de-Fourneaux-fractures	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	0%	59%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17	Unite-de-Fourneaux-I	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	34%	0%	56%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18	Unite-de-Fourneaux-II	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	65%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19	Gneiss-du-Sapey	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	36%	48%	0%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20	Conglomerats-de-Loutraz	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	70%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21	Terrains-Permotriasiques-quartzitiques	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	43%	35%	0%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22	Zone-detrochevauchement-de-Modane-Chaviere	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	56%	38%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23	Quartzites-de-l_unite-des-Avenieres	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	41%	37%	0%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24	Conglomerats-de-Loutraz-de-l_anticlinal-de-l_Aiguille-de-Do	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	68%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25	Synclinal-de-la-masse-quartzites-schistes-gres	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	49%	39%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
26	Flanc-ouest-Anticlinal-du-Rateau-d_Aussois	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	66%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
27	Socle-de-Loutraz-de-l_anticlinal-du-Rateau-d_Aussois	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	44%	45%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
28	Conglomerats-de-Loutraz-du-flanc-et-de-l_anticlinal-du-Rate	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	65%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
29	Zone-Brianconnaise-Interne-Vanoise-chevauchement-du-Rimolla	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	8%	59%	15%	16%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30	Micaschistes-du-socle-de-chevauchement-de-vanoise	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
31	Zone-Brianconnaise-Interne-Vanoise-chevauchement-du-Barbier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32	Zone-Brianconnaise-Interne-Vanoise-Modane	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
33	Zone-Brianconnaise-conglomerats-quartzitiques	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	49%	0%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
34	Zone-Brianconnaise-dolomies	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	60%	29%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
35	Zone-Brianconnaise-Nappe-de-gypse-fracture	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	28%	0%	54%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
36	Nappe-de-gypse	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	14%	0%	36%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
37	Zone-Brianconnaise-couverture	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	68%	24%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
38	Zone-Brianconnaise-quartzites	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	67%	22%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
39	Zone-Brianconnaise-Micaschistes-quartzitiques	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	75%	22%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
40	Zone-Brianconnaise-Groupe-Ambin-quartzites-et-dolomies	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	36%	47%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
41	Gypse-et-anhydrites-indifferencies	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	87%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
42	Zone-Brianconnaise-Groupe-Ambin-quartzites-fractures	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	24%	0%	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
43	Zone-Transition-zone-Brianconnaise-Unite-Ambin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	59%	32%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
44	Clarea-Haute-Couverture-I	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	33%	24%	5%	34%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Analyse DAT – Présentation des résultats / Analisi DAT – Presentazione dei risultati

		S1	S2	S3a	S3b	S4	S5a	S5b	S6	S7	S8	S9	S10	S11	TS1a	TS1b	TS2	TS3	TS4a	TS4b	TS5	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TB1	TB2
45	Clarea-Haute-Couverture-II	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	45%	15%	7%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
46	Clarea-Basse-Couverture	0%	3%	19%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	15%	9%	8%	2%	23%	0%	0%	2%	7%	1%	0%	0%	0%	0%
47	Zone-Ambin-Et-Transition	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	18%	72%	5%	3%	0%	0%	0%
48	Zone-a-Ecailles	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	38%	7%	16%	1%	0%	0%	0%
49	Schistes-Carbonates	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	16%	22%	0%	0%	0%	0%
50	Val-Cenischia	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
51	Zone-Piemontaise-Puys-Venaus	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	79%	2%	5%	0%	0%	0%	0%
52	Unite-oceanique	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%