



www.drillpac.com

ROCK - SOIL TECHNOLOGY AND EQUIPMENTS



IMPERMEABILIZZAZIONI

BARRAGE DE PETIT SAUT (GUYANA FRA.) -

## BARRAGE DE PETIT SAUT (GUYANA FRANCESE)

### PROGETTO:

Trattamento delle fondazioni delle dighe C e D del complesso idroelettrico del Petit Saut in Guyana Francese.

### PERIODO DI ESECUZIONE:

Aprile 2000 – Gennaio 2001

### COMMITTENTE:

EDF (Electricité de France)



Fig. 1. Veduta aerea della diga del Petit Saut e, sotto, vista delle sonde sul campo.



## Scopo del lavoro, difficoltà incontrate e soluzioni adottate.

La diga del Petit Saut è un grosso complesso idroelettrico, realizzato dalla EDF (Ente per l'Energia Elettrica Francese) in Guyana Francese, sul fiume Le Sinnamary. Lo sbarramento è composto da un corpo diga principale in calcestruzzo, lungo 740 metri ed alto 47 metri, e da altre sei dighe minori di cui due (A1 ed A2) in riva destra e quattro (B, C, D ed E) in riva sinistra. Le dighe C e D, oggetto dei lavori, sono lunghe rispettivamente 145 e 120 m ed hanno un'altezza di 8 e 15 mt. Sono costituite da un nucleo omogeneo di materiale sabbioso argilloso e poggiano su terreni costituiti in successione stratigrafica da:

- argille di alterazione con livelli di sabbie: spessore variabile da 3 a 12 metri;
- sabbie con blocchi di granito (diametro fino a 3-4 m): spessore variabile da 0 a 7 metri;
- granito alterato e fratturato di spessore variabile da 0,5 a 6 metri;
- granito omogeneo con locali fessurazioni al tetto.

Questi terreni non furono interessati da interventi di consolidamento o impermeabilizzazione durante la costruzione dell'opera.

Il riempimento dell'invaso generato dallo sbarramento del Petit Saut iniziò nel gennaio del 1994 e fu completato in 18 mesi. Le dighe C e D manifestarono subito problemi di tenuta idraulica, con venute d'acqua fino a 40-50 litri/minuto. Successive campagne geognostiche permisero di elaborare un modello che evidenziò una zona ad elevata permeabilità in corrispondenza dei terreni costituiti da sabbie con blocchi (K stimabile tra  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/sec) e da argille di alterazione (K stimabile tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/sec).

L'obiettivo del progetto era quindi di realizzare uno schermo impermeabile, con uno spessore minimo di 0,5 m, intestato fino alla roccia omogenea, per ridurre la permeabilità di questi terreni a valori compresi tra  $K = 2 \times 10^{-7}$  e  $5 \times 10^{-7}$  m/sec.

Nell'esecuzione dello schermo era richiesta una particolare attenzione all'eventualità di inquinare il sistema drenante e di monitoraggio della diga.

## Descrizione dell'intervento.

La metodologia adottata per la realizzazione dello schermo è stata la tecnica del Jet Grouting Pacchiosi System Triplo (PS3).

## Campo prove.

Per ottimizzare i parametri di perforazione ed iniezione, nonché la scelta della miscela cementizia, è stato eseguito un campo prove sulla sponda destra della diga C. Esso prevedeva la realizzazione di 16 colonne verticali, interasse 1 m, disposte in forma circolare, lateralmente sovrapposte e intestate 6 metri nel granito omogeneo (Fig. 2). Al termine della perforazione, effettuata con l'utilizzo del martello fondo foro ad acqua, è stata eseguita sistematicamente la misura di verticalità su tutta la lunghezza del foro, utilizzando l'Inclinometro Pacchiosi modello P 401 (Fig. 3), introdotto direttamente all'interno delle aste di perforazione. La misura della deviazione dalla verticale ha permesso di miglio-

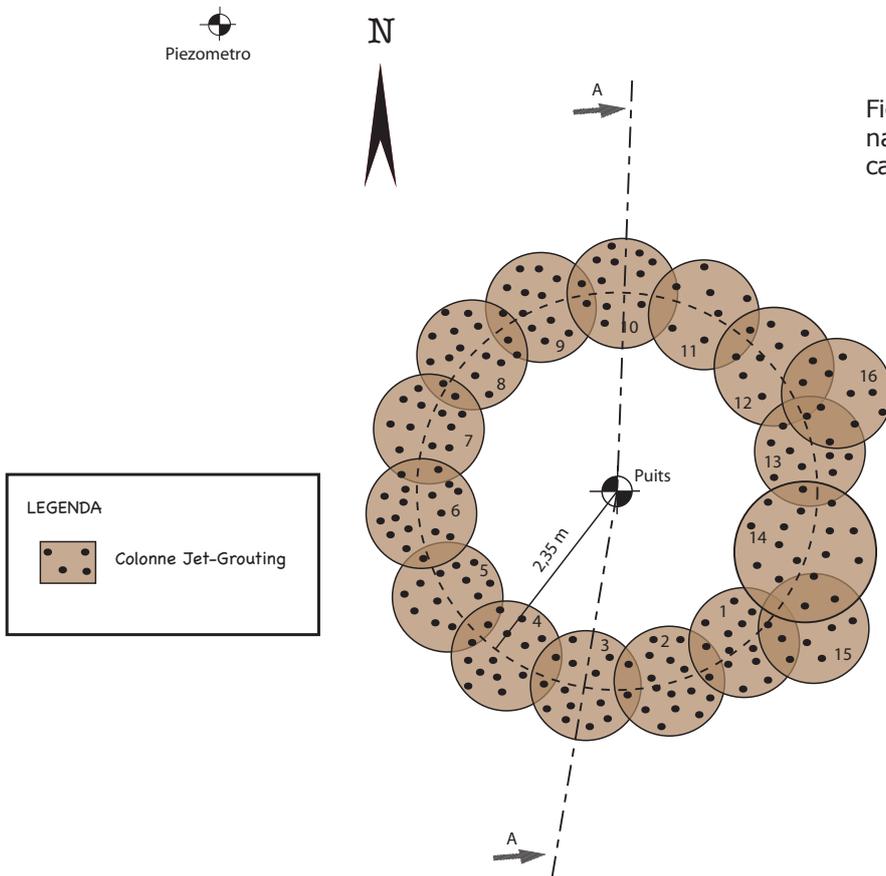


Fig. 2. Schema di posizionamento delle colonne nel campo prova.

Fig. 3. **Inclinometro Pacchiosi P 401.**



Piezometro



Fig. 4. Sonda P 1500 ECS per Jet Grouting.

rare i parametri di iniezione, per realizzare un diametro di colonna tale da garantire lo spessore minimo richiesto per lo schermo (Fig. 4).

Dopo la maturazione delle colonne, sono stati eseguiti 16 fori di controllo nelle zone di sovrapposizione tra colonne adiacenti, di cui 8 a distruzione di nucleo e 8 a carotaggio continuo (Fig. 5), che hanno permesso di verificare la qualità delle colonne. Su tutti i fori di controllo sono state effet-



Fig. 5. Sonde P 1500 ECS ed ES per carotaggi.

Fig. 6. Prova di emungimento con misure del livello di falda.





Fig. 7. Testa di colonna.

Fig. 8. Scavo delle colonne del campo prova.



tuate delle prove di permeabilità del tipo Lefranc e Lugeon, che hanno fornito valori di  $K < 2 \times 10^{-7}$  m/sec. All'interno del campo prove è stato realizzato un pozzo, per eseguire una prova di emungimento della durata di 24 ore (Fig. 6). Durante una prima fase di pompaggio sono state effettuate misurazioni di abbassamento del livello della falda interna al pozzo; simultaneamente la medesima verifica veniva eseguita su due piezometri esterni. Le stesse misurazioni ripetute durante il ripristino naturale di livello della falda (successive 24 ore) hanno fornito un valore di permeabilità dello schermo pari a  $K < 2 \times 10^{-7}$  m/sec. Le colonne sono state poi scavate (Fig. 7-8), riscontrando che le dimensioni variavano da un diametro minimo di 135 ad uno massimo di 180 cm, a seconda dei

parametri di iniezione utilizzati e del tipo di terreno trattato. Si è potuto inoltre verificare che lo spessore dello schermo, realizzato nel campo prove, era superiore al minimo richiesto.

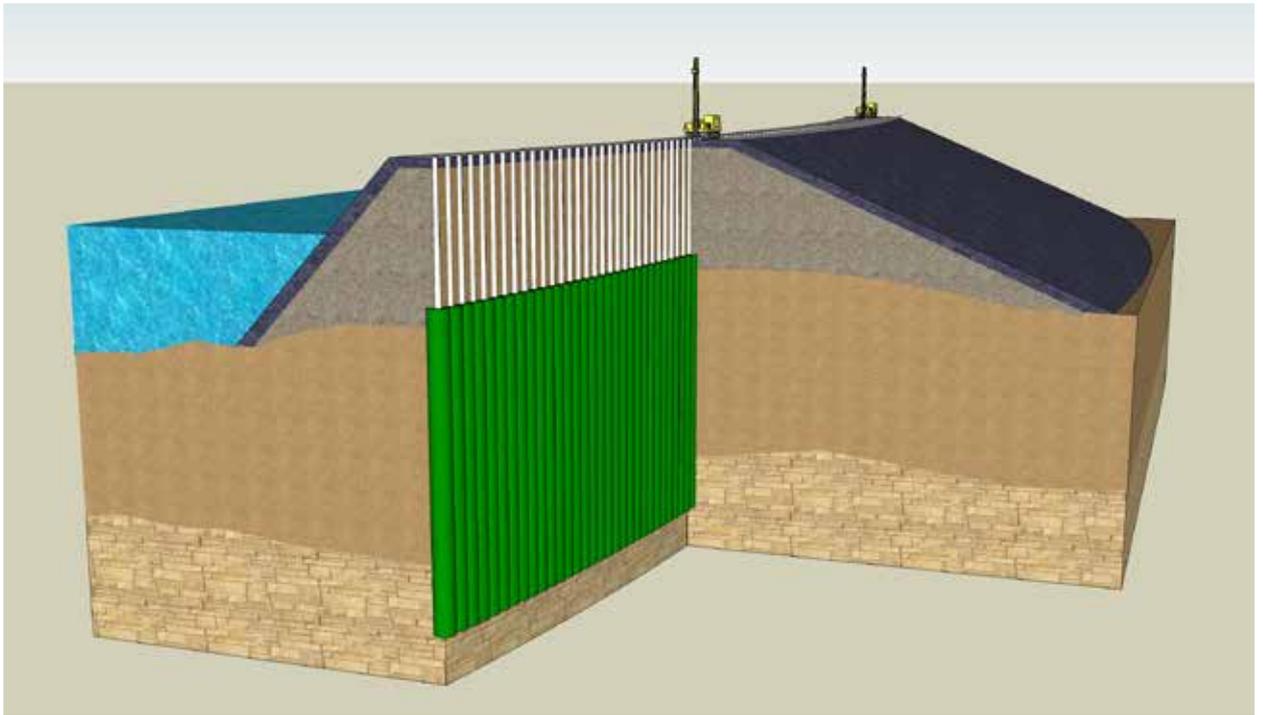


Fig. 9. Sezione di intervento.



Fig.10. Fila di colonne.

## Intervento.

L'intero piano di lavoro è stato realizzato a monte del coronamento delle dighe, dopo l'asportazione di un tratto di scogliera artificiale in pietrame (Fig. 9).



L'intervento prevedeva la realizzazione di una fila di colonne, interasse 1 m (Fig. 10); l'attraversamento del corpo diga, per raggiungere la quota di inizio trattamento, è stato eseguito tramite perforazione a secco con l'utilizzo di aste ad elica (Fig. 11). Il preforo così realizzato è stato attrezzato con un tubo in pvc (Fig. 12), sigillato alla parete del foro con inie-

Fig. 11. Perforazione con l'utilizzo di aste elicoidali per la posa dei tubi in pvc.



Fig. 12. Posa di tubo in PVC.



Fig. 13. Recupero reflui.

zioni di boiaccia, eliminando così il rischio di interferenza sul sistema drenante e di monitoraggio delle dighe. Inoltre, per evitare che in superficie i reflui di perforazione e di iniezione inquinassero le acque del bacino idroelettrico, un dispositivo posizionato sulla testa dei tubi in pvc intercettava i fluidi e li convogliava in una zona di raccolta, lontano dalle acque dell'invaso (Fig. 13).

La deviazione massima dei fori rispetto alla verticale é stata inferiore al valore limite imposto da EDF (ossia 1%) della lunghezza totale di perforazione. L'iniezione, effettuata con una miscela acqua-cemento-bentonite (resistenza a 28 giorni = 5,41 Mpa), ha permesso di ottenere colonne di diametro fino a 180 cm. Durante l'esecuzione dei lavori, sono stati effettuati fori di controllo sul 50% delle zone di sovrapposizione delle colonne.



Fig. 14 - 15. Sistema di registrazione **PRS3**.

L'esecuzione di prove d'acqua tipo Lefranc ha evidenziato che, nel 95% dei casi, la permeabilità è stata inferiore a  $2 \times 10^{-7}$  m/sec e comunque inferiore a  $5 \times 10^{-7}$  m/sec nel 100% dei casi.

I parametri di perforazione e di iniezione sono stati registrati automaticamente con il sistema Pacchiosi PRS3 (Fig. 14-15), in grado di visualizzarli in tempo reale e di restituirli successivamente in forma grafica. Per tutta la durata dei lavori in cantiere è stato operativo un laboratorio Pacchiosi, completamente attrezzato per effettuare i controlli sulle miscele cementizie quali densità, viscosità, temperatura, pH, tempo di presa, resistenza meccanica, filtropressione ecc.

Lo schermo, realizzato con il Pacchiosi System PS3, è stato infine integrato con delle iniezioni di tipo tradizionale nel substrato granitico.



Fig. 16. Sonde al lavoro sulla diga.



Fig. 17. Vista del sistema di pompaggio.

---

ROCK - SOIL TECHNOLOGY AND EQUIPMENTS

---



COMPANY WITH  
QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV GL  
= ISO 9001:2015 =

Branches

AMERIQUE DU NORD PACCHIOSI INC, Canada

PACCHIOSI DRILL USA INC, USA

**Drill Pac S.r.l.** – Società soggetta a direzione e coordinamento di Ghella S.p.A  
Sede Legale: Via Pietro Borsieri, 2/a - 00195 Roma (RM)  
Tel. +39 06 45603.1 – Fax +39 06 45603040 – e-mail: [info@drillpac.com](mailto:info@drillpac.com)  
**Sede Operativa:** Frazione Borgonovo, 22 – 43018 Sissa Trecasali (PR)  
Tel. +39 0521 379003 – Fax +39 0521 879922 - Sito web: [www.drillpac.com](http://www.drillpac.com)