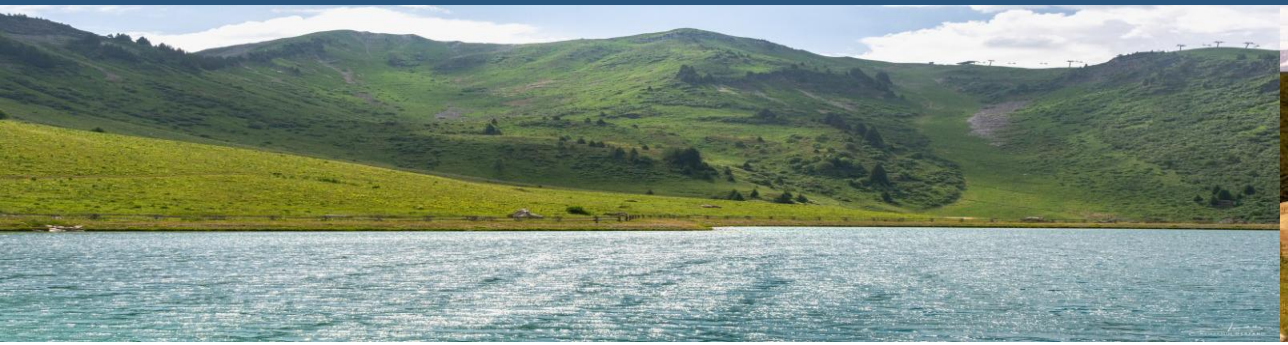
Conférence finale / Conferenza finale — Aoste, 04.11.2026

Intégration du système de surveillance des barrages en terre utilisant des approches géophysiques

Integrazione del sistema di monitoraggio delle dighe in terra con approcci geofisici





Alberto Godio — Politecnico di Torino

Chiara Colombero, Diego Franco, Daniele Peila, Valeria Strallo, Andrea Vergnano (PoliTO)

Franco Collè (Regione VdA)

Assistance logistique: Pierluigi Orru (Monterosa S.p.a), Remote Sensing: Luigi Perotti, Francesco Parizia (UniTO)

Interreg — Cofinancé par l'Union Européenne — Cofinanziato dall'Unione Europea

France – Italia ALCOTRA

BECCA

Méthodes géophysiques pour la caractérisation et le suivi

Metodi geofisici per caratterizzazione e monitoraggio

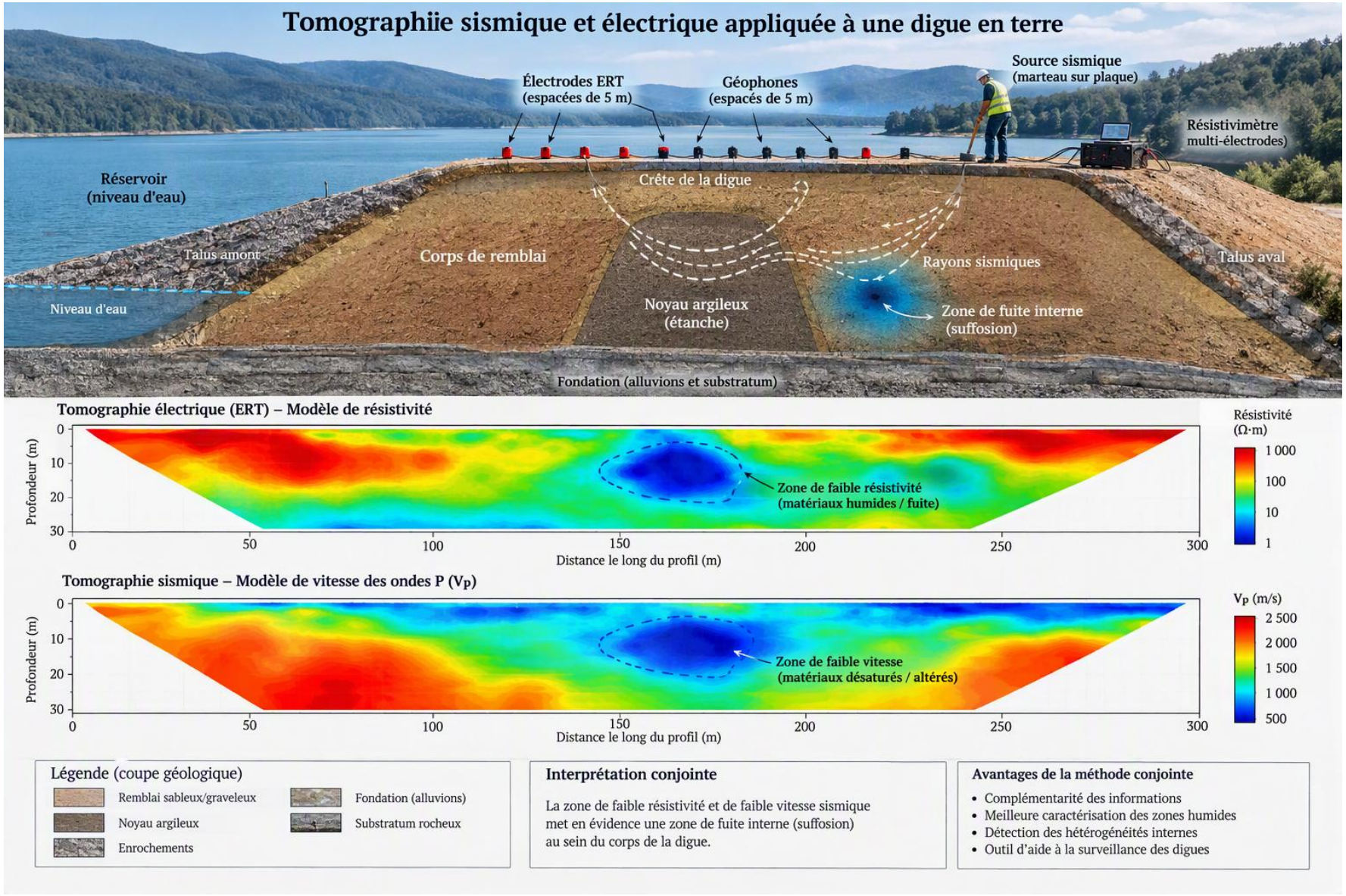
Tomographie sismique et électrique/ Le tomografie sismiche ed elettriche

Surveillance sismique passive/ Monitoraggio sicrosismico passivo

Développement de code informatique open source/ Sviluppo di codici di calcolo open-source

Caractérisation et surveillance de la saturation et des voies préférentielles possible/*Caratterizzazione e monitoraggio della saturazione e eventuale vie preferenziali di flusso*

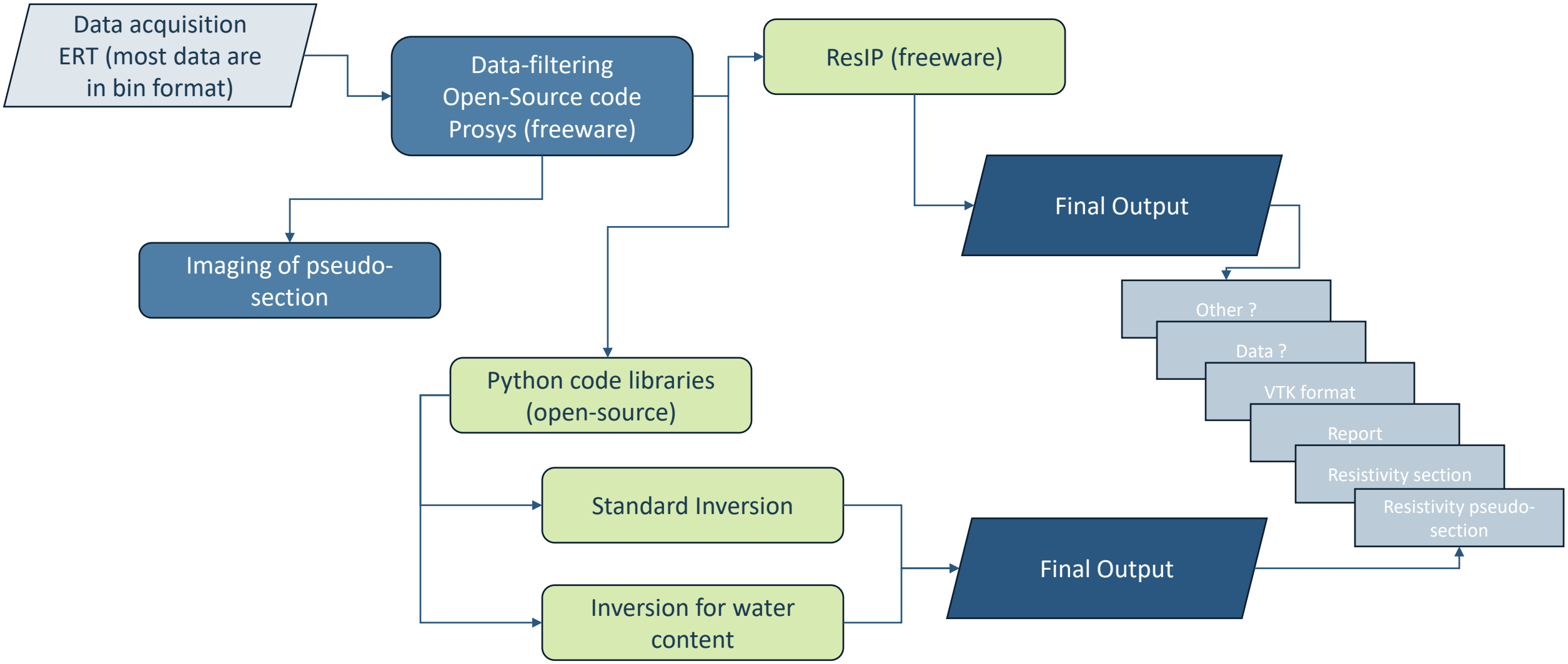
Caractérisation des propriétés mécaniques du barrage por identifier les zones de faiblesse/*Caratterizzazione delle proprietà meccaniche della diga con possibilità di individuare zone di eventuale debolezza*



Flux de travail des codes de tomographie électrique

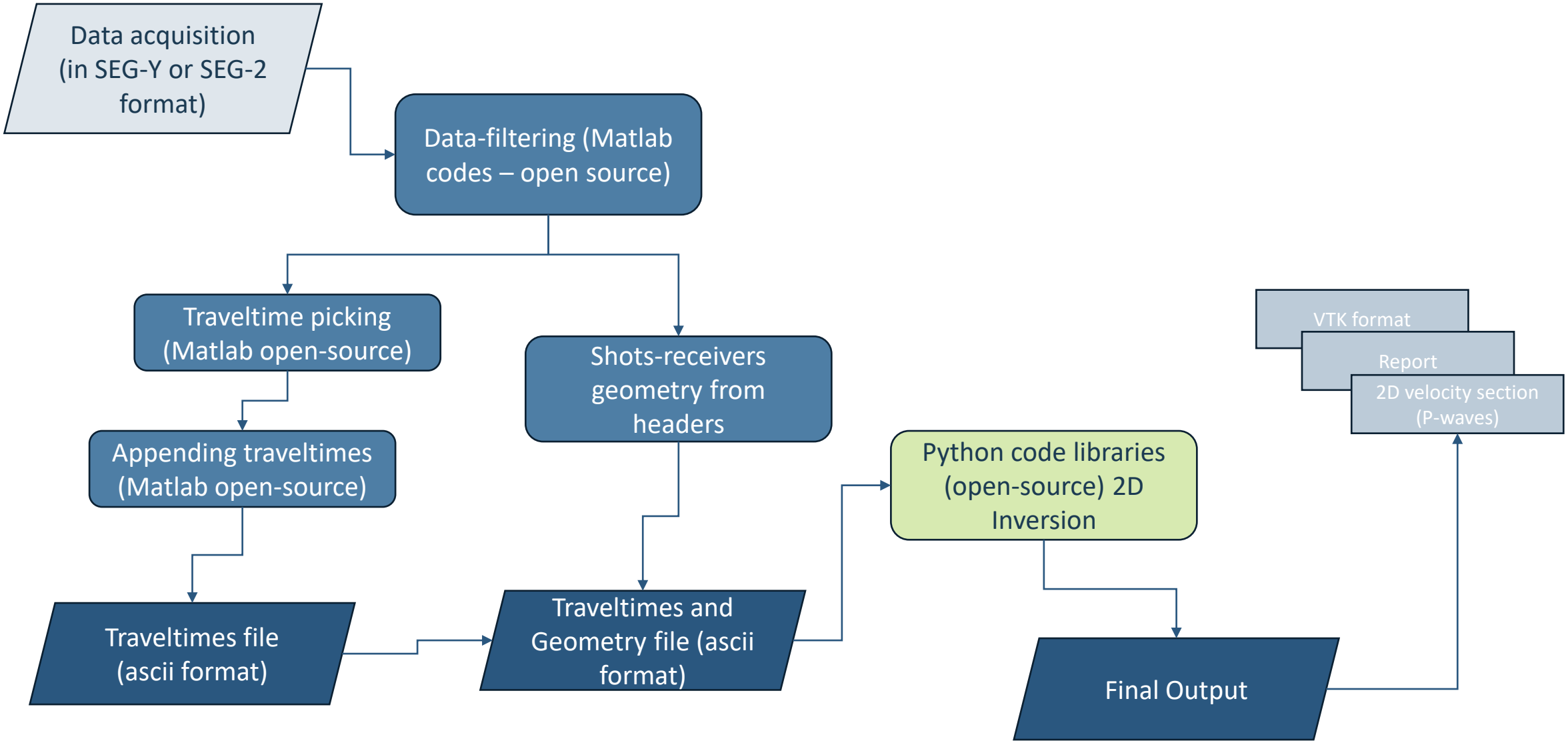
Flusso di lavoro codici di tomografia elettrica

Interreg
Cofinancé par l'Union Européenne
Cofinanziato dall'Unione Europea
France – Italia ALCOTRA
BECCA



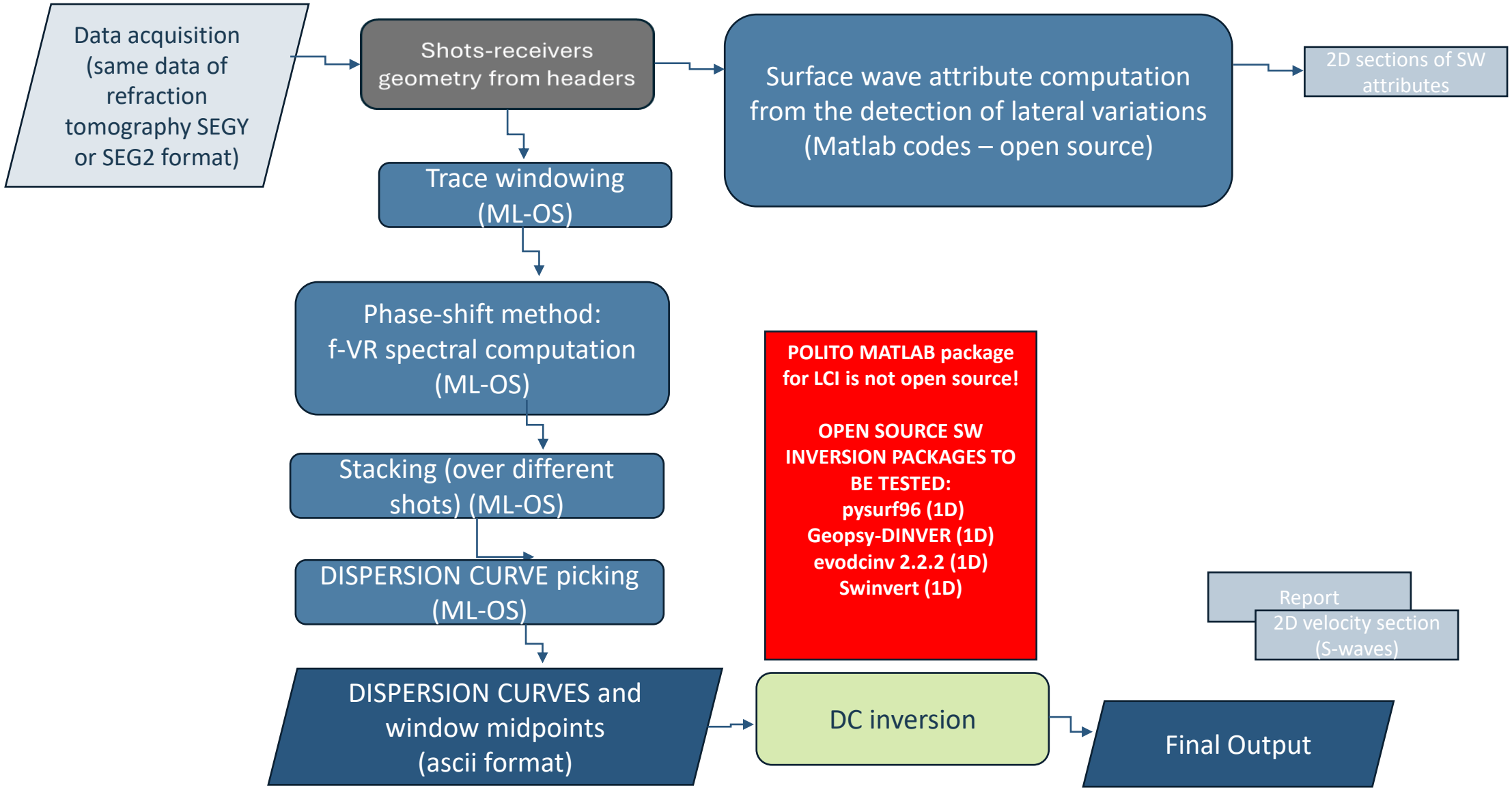
Flux de travail des codes de tomographie sismique

Flusso di lavoro codici di tomografia sismica



Organigramme des ondes de surface (SW)

Flusso di misure onde superficiali



Méthodes géophysiques pour la caractérisation et le suivi

Metodi geofisici per caratterizzazione e monitoraggio



- Capteurs pour la section tomographique de résistivité électrique (cercles) ; les cercles (jaunes) référence à l'électrode permanente installée pour la surveillance de la résistivité électrique
- Les triangles référence aux capteurs sismiques pour les ondes de compression, les mesures des ondes de surface
- En rouge, les stations pour l'enregistrement des microtremblements

Laboratoire expérimental à Val d'Aoste

Laboratorio sperimentale in Val d'Aosta







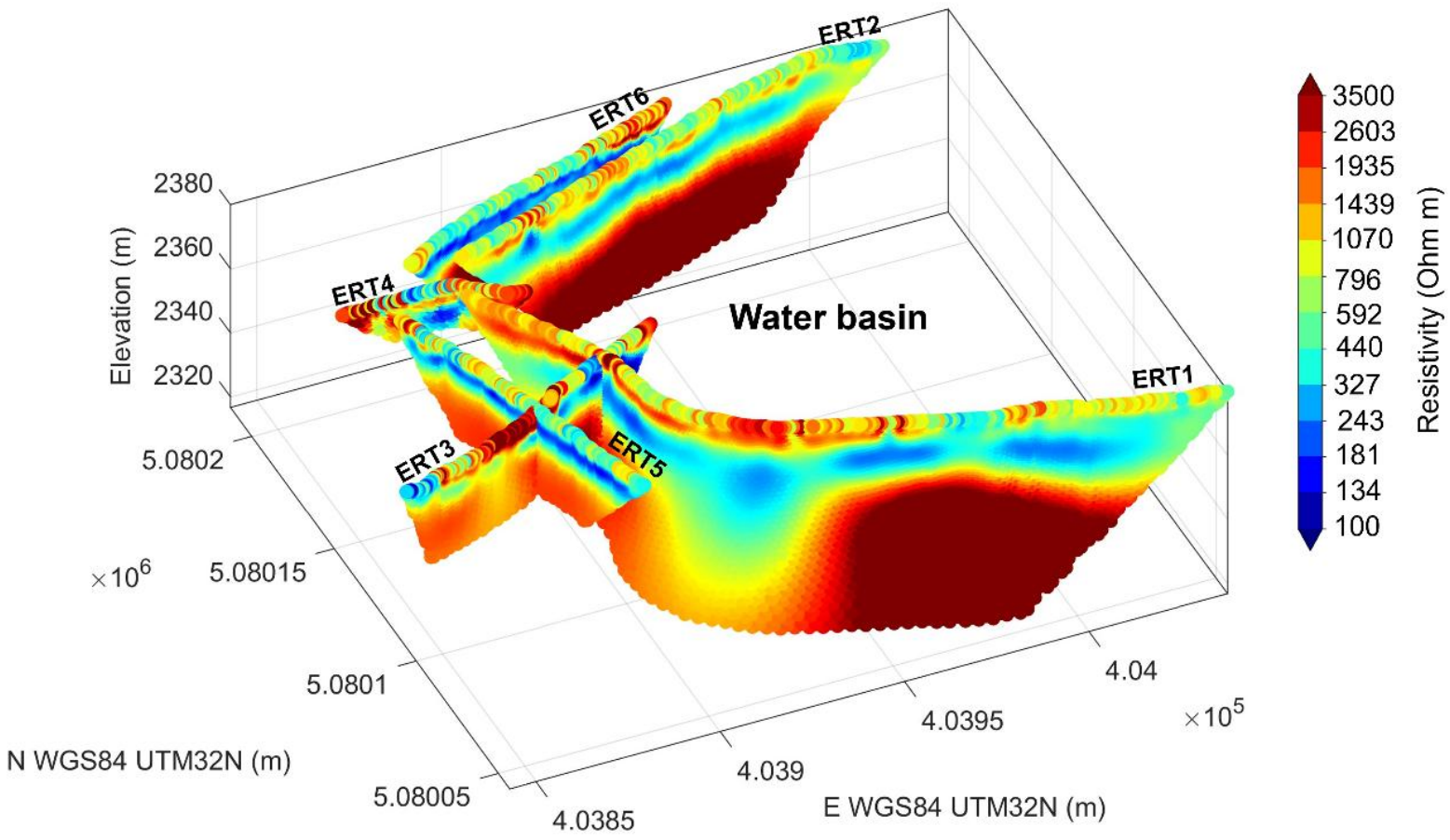
- Tomographie de résistivité électrique (sur le couronnement et le parement du barrage)
- Tomographie sismique à réfraction (couronnement de barrage)
- Onde de surface
- Microtremblements pour la validation du modèle de réponse par résonance

→

- Teneur en eau
- Vitesse des ondes P et S
- Propriétés mécaniques
- (Poisson, modules élastiques)
- Fréquence de résonance

Caractérisation de la tomographie électrique

Caratterizzazione tomografia elettrica



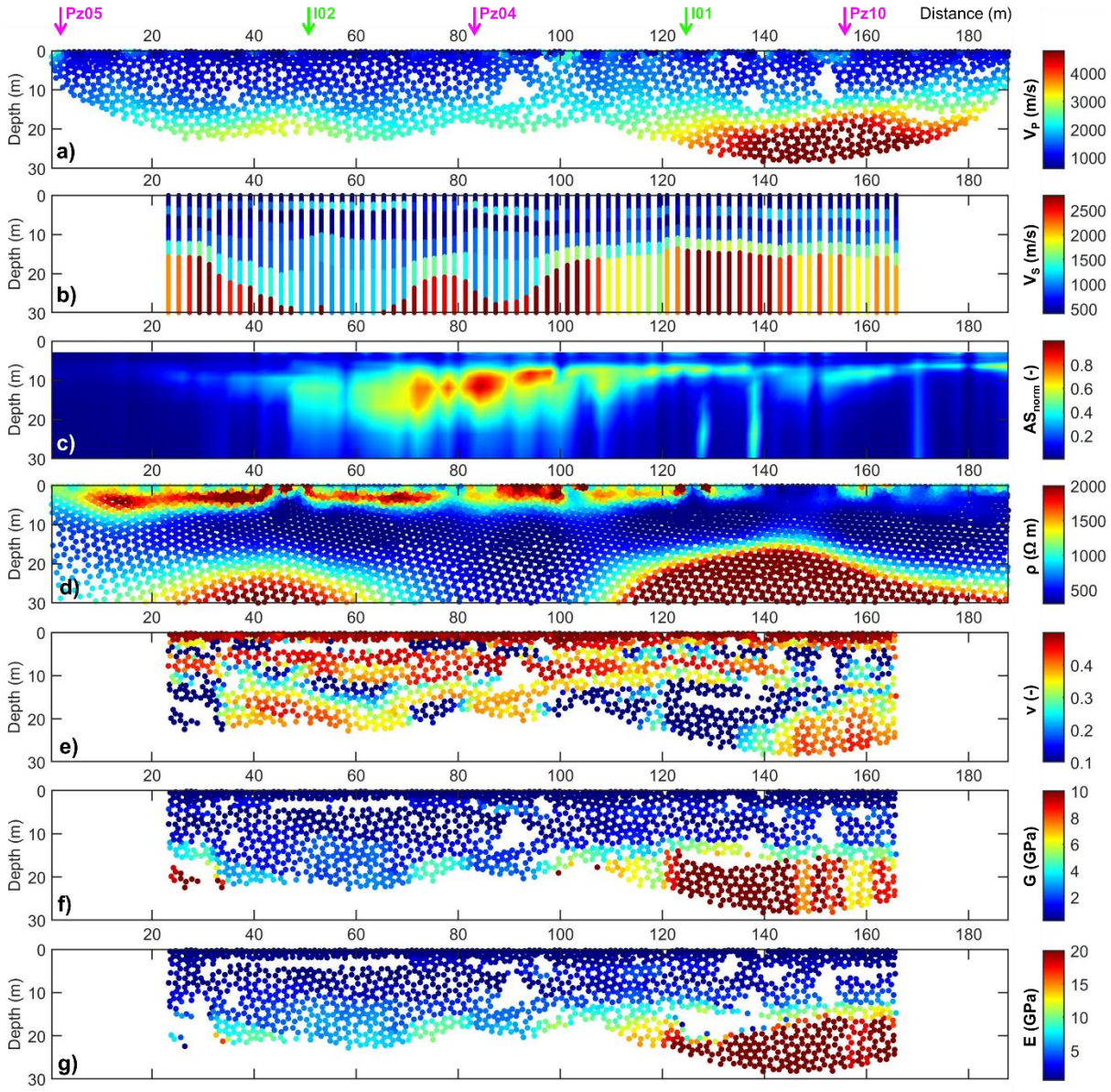


Visualisation tridimensionnelle des résultats de l'ERT pour toutes les lignes de levé obtenues en utilisant une configuration mixte de Wenner–Schlumberger et dipôle-dipôle.

Visualizzazione tridimensionale dei risultati ERT per tutte le linee di rilevamento utilizzando una configurazione mista di Wenner–Schlumberger e dipolo-dipolo.

Caractérisation de la tomographie sismique

Caratterizzazione tomografia sismica





Résultats le long de la ligne sismique S1-S2 (rouge):

(a) modèle de vitesse par onde P ;

(b) Modèle de vitesse par onde S ;

(c) autospectre.

(d) Résultats de résistivité de la droite ERT1.

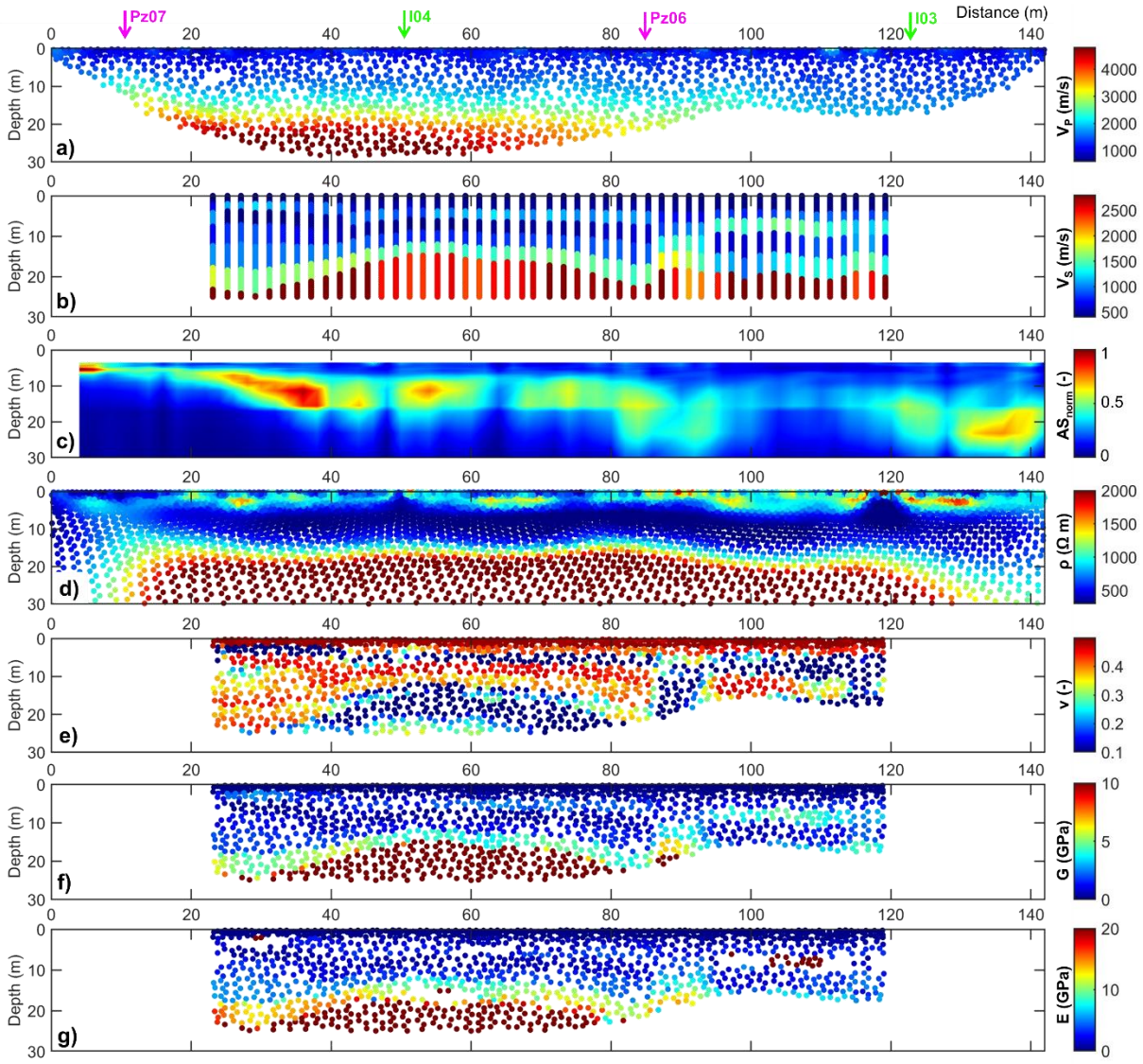
(e) Rapport de Poisson,

(f) module de cisaillement,

(g) Module de Young avec estimations disponibles de vitesse P et S (densité de 1900 kg/m3)

Caractérisation de la tomographie sismique

Caratterizzazione tomografia sismica



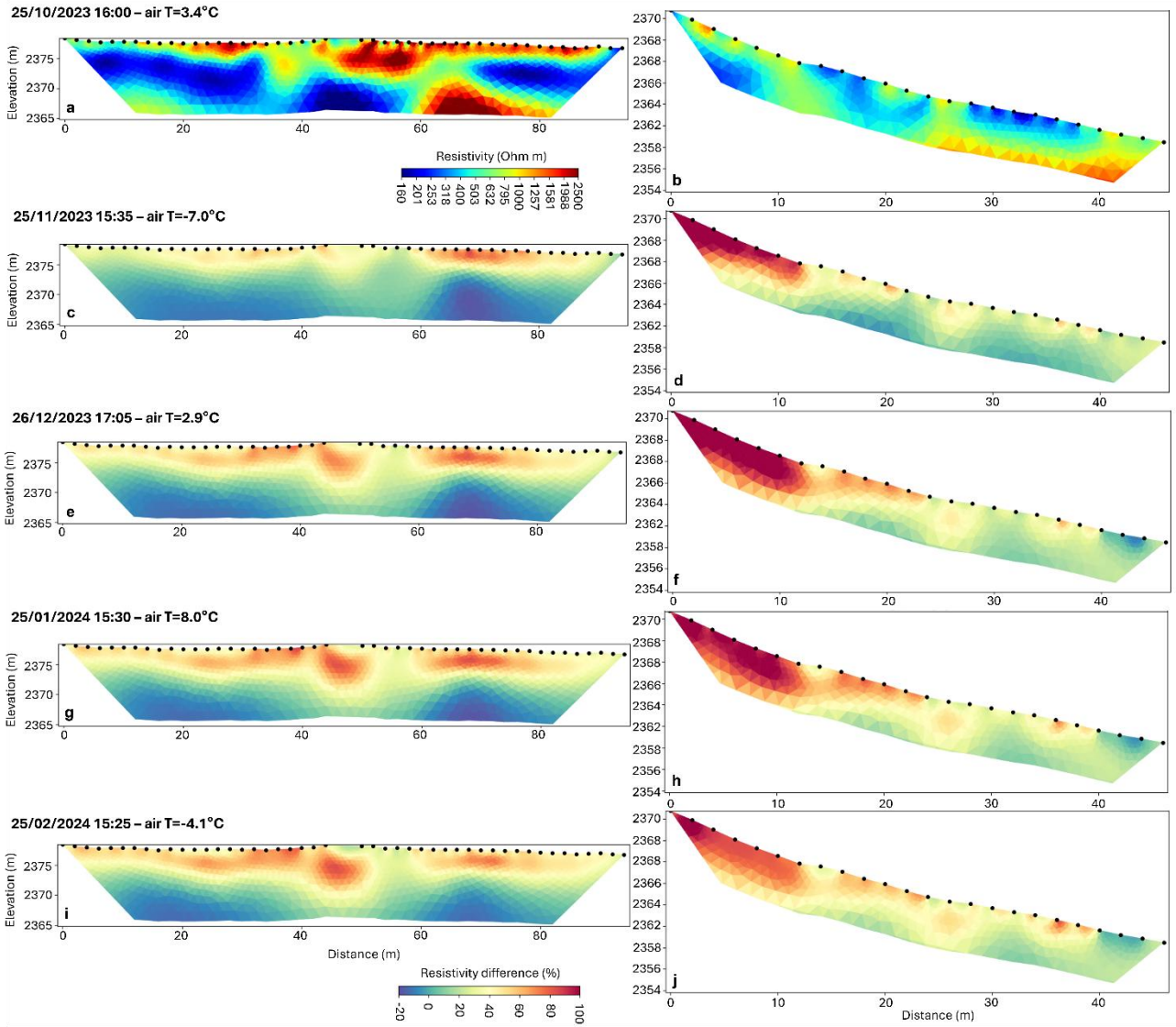


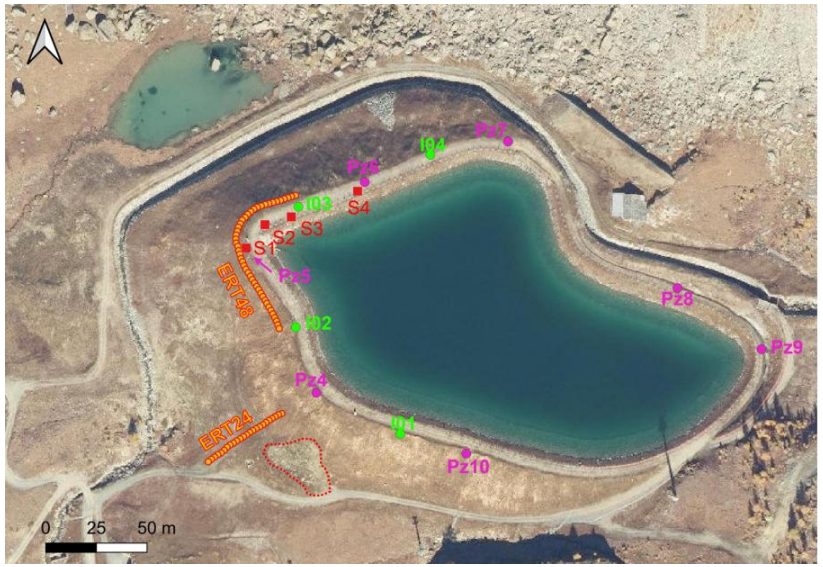
Résultats le long de la ligne sismique S3 :

(a) modèle de vitesse par onde P ;
(b) modèle de vitesse par onde S ;
(c) autospectre.
(d) Résultats de résistivité de la raie ERT2.
(e) Rapport de Poisson,
(f) module de cisaillement,
(g) module de Young, calculé (de vitesse P e S) en considérant une densité de 1900 kg/m3.

Surveillance par tomographie électrique

Monitoraggio di tomografia elettrica

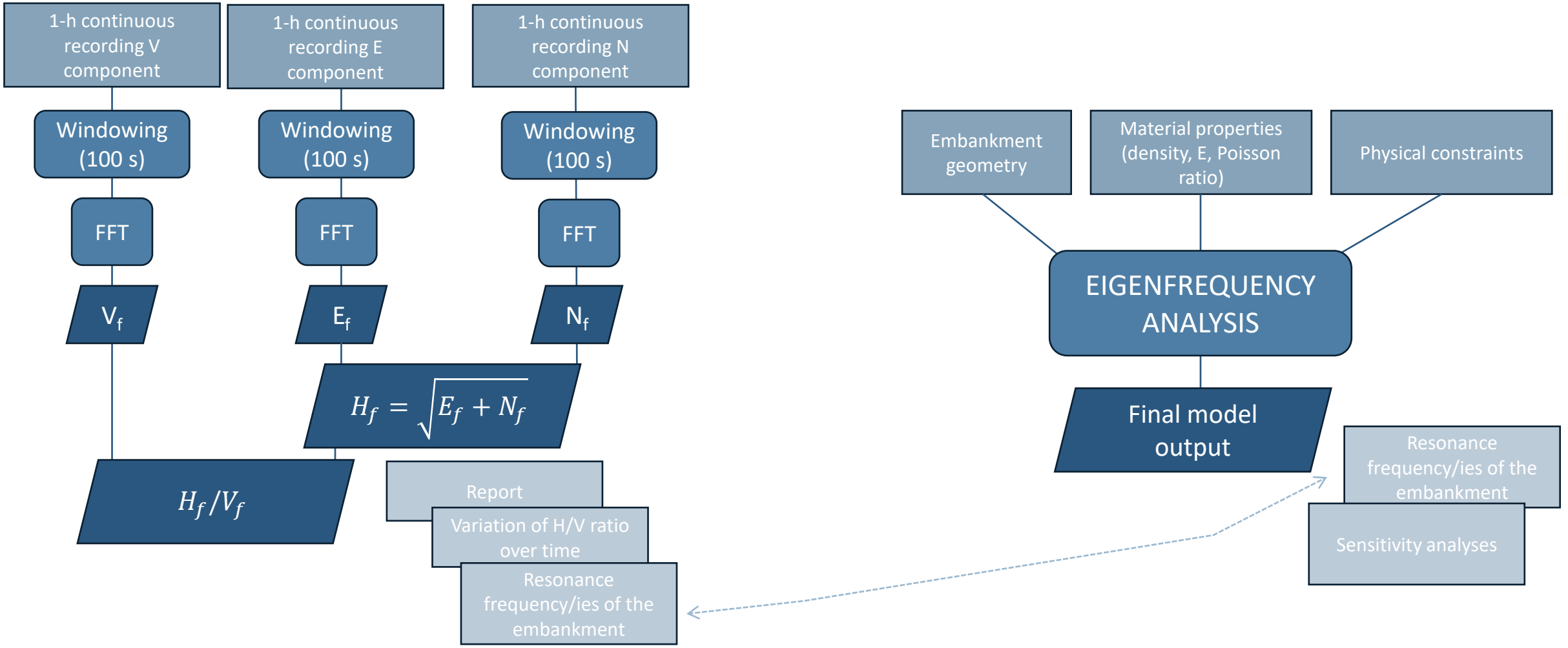




Sections ERT ERT48 (a) et ERT24 (b) en configuration WS, représentant l'état initial (octobre 2023).

(c-j) Variations en pourcentage de la résistivité électrique par rapport à l'état initial d'ERT48 (colonne de gauche) et ERT24 (colonne de droite), indiquées pour des dates

Organigramme de surveillance sismique passive e modélisation de la fréquence de résonance



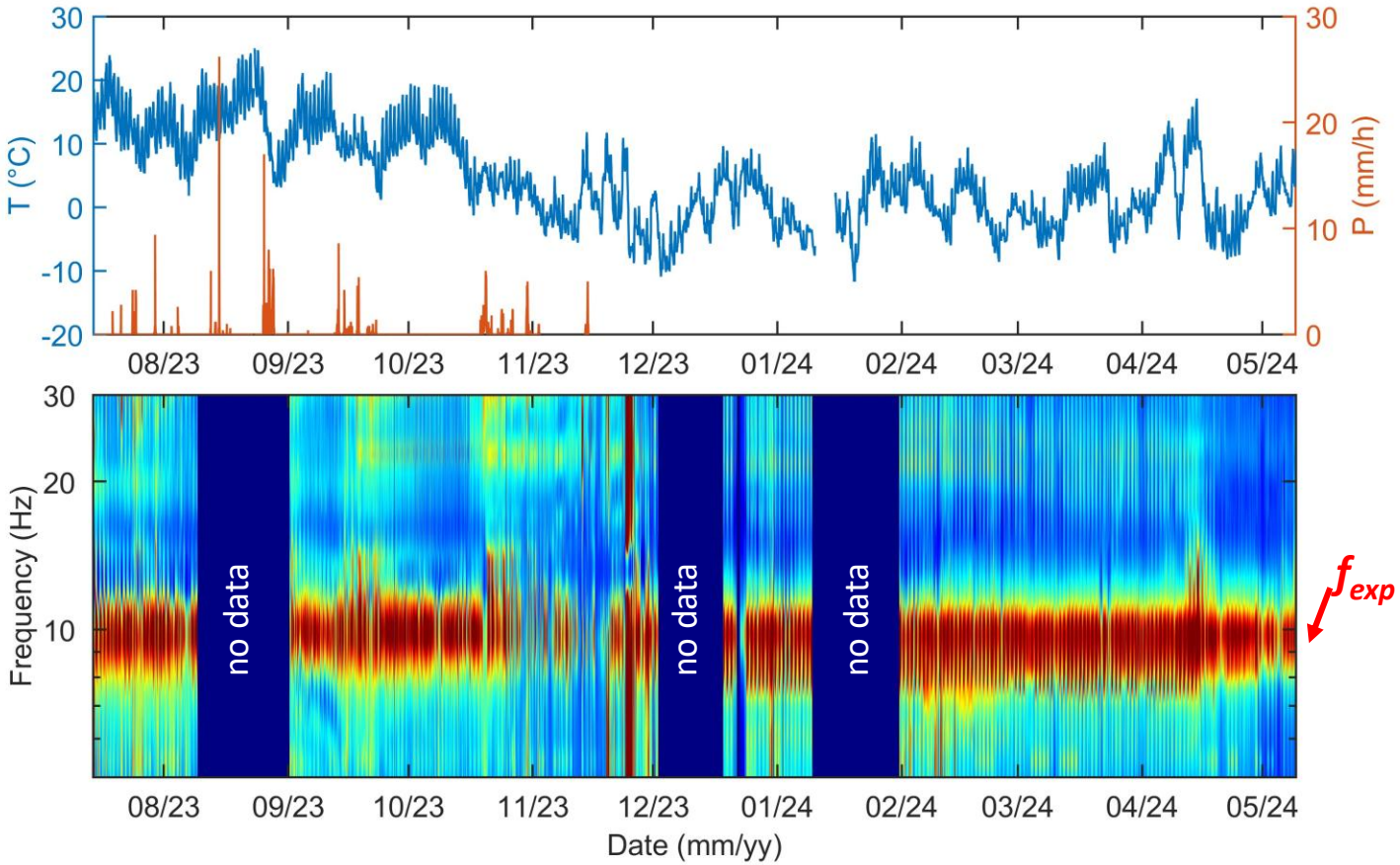
Surveillance sismique passive

Monitoraggio sismico passivo

Interreg
Cofinancé par l'Union Européenne
Cofinanziato dall'Unione Europea
France – Italia ALCOTRA
BECCA



Surveillance continue de la fréquence de résonance du talus



Station sismique passive n° 3

Digue Fourcare (Vallée d'Aoste, Italie)

Modélisation de la fréquence de résonance

Modellazione della frequenza di risonanza

Interreg France – Italia ALCOTRA

Cofinancé par l'Union Européenne
Cofinanziato dall'Unione Europea

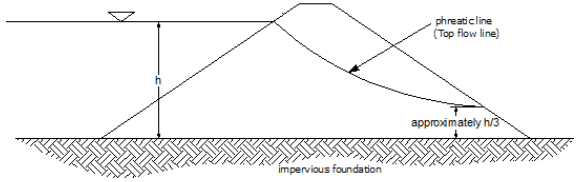
BECCA

Vol photogrammétrique (été 2024)

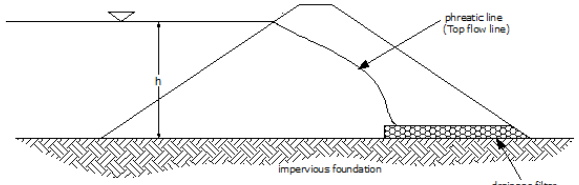
Modèle Numérique de Terrain (MNT))



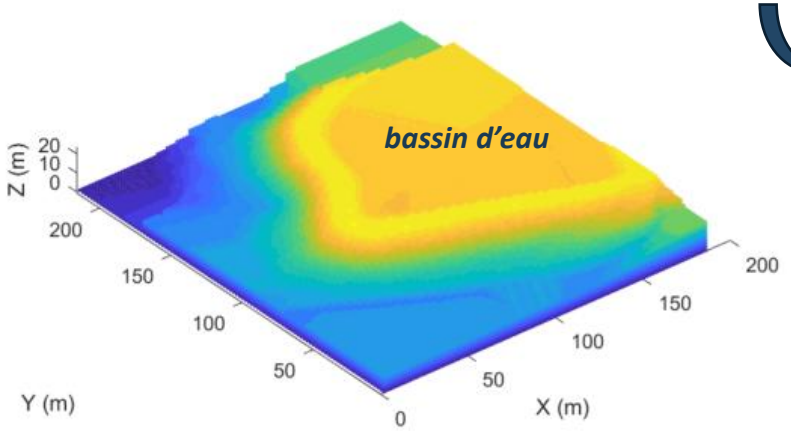




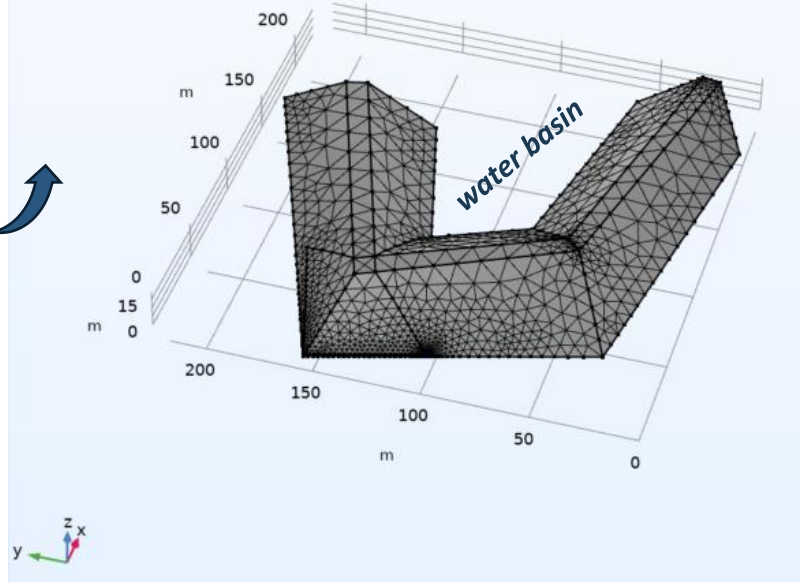
(a) purely homogenous dam



(b) modified homogenous dam

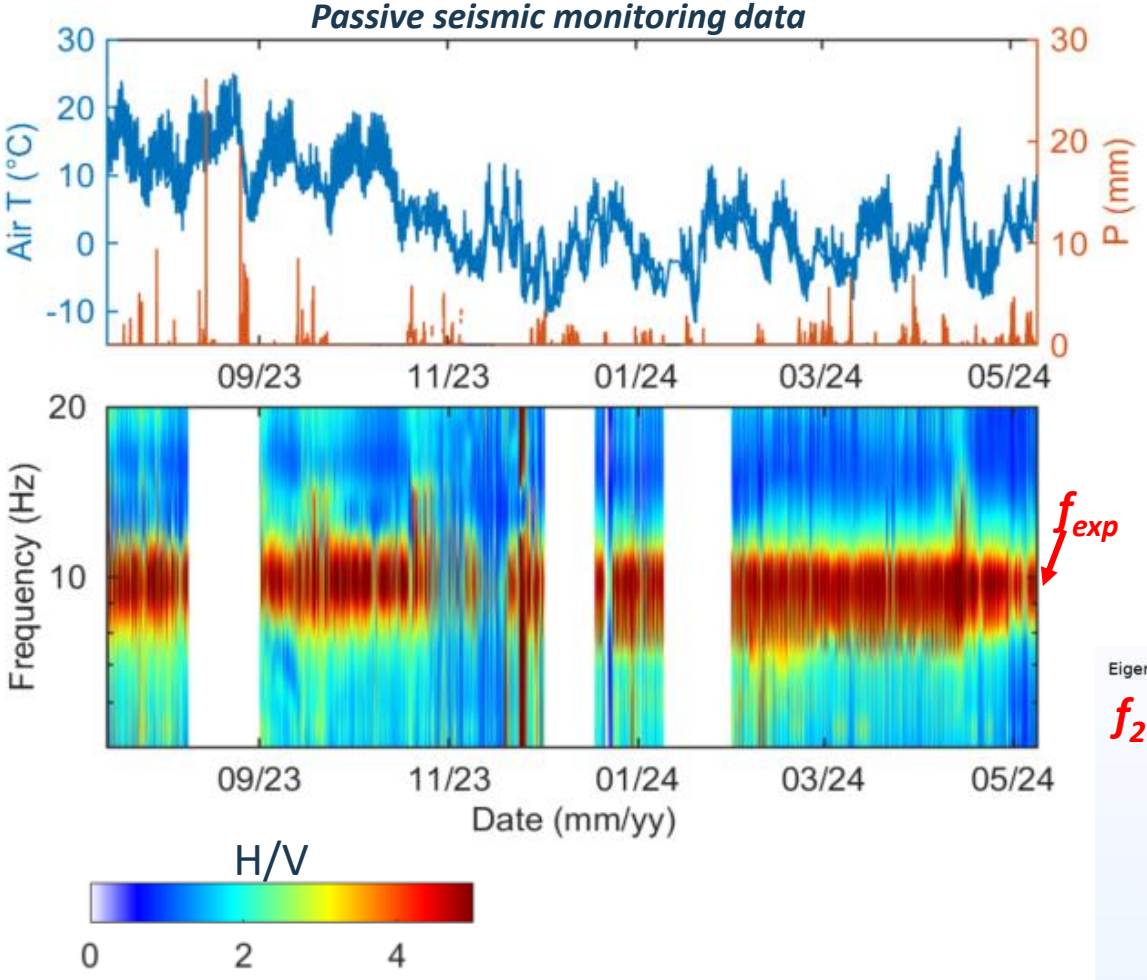


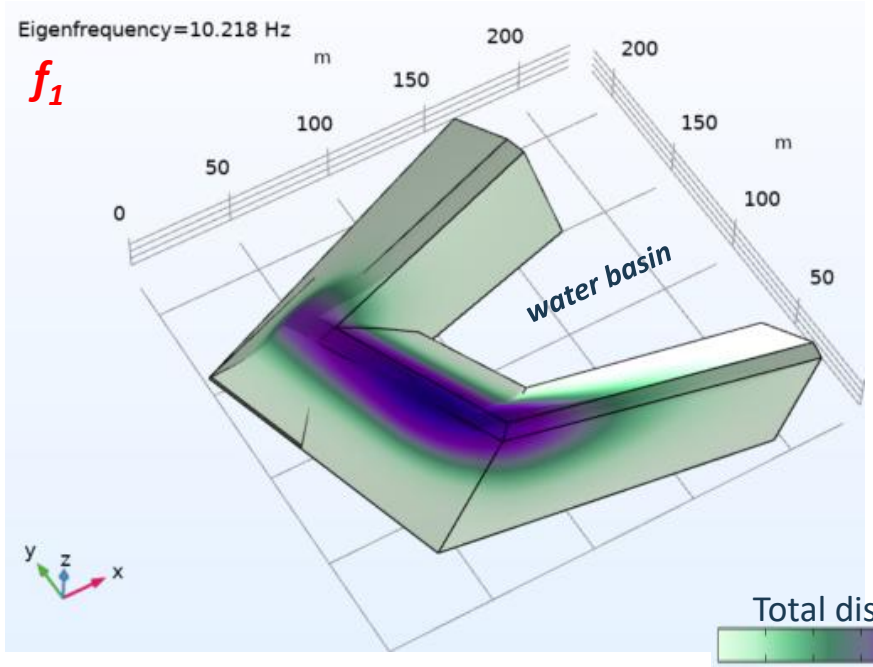
Modèle 3D simplifié

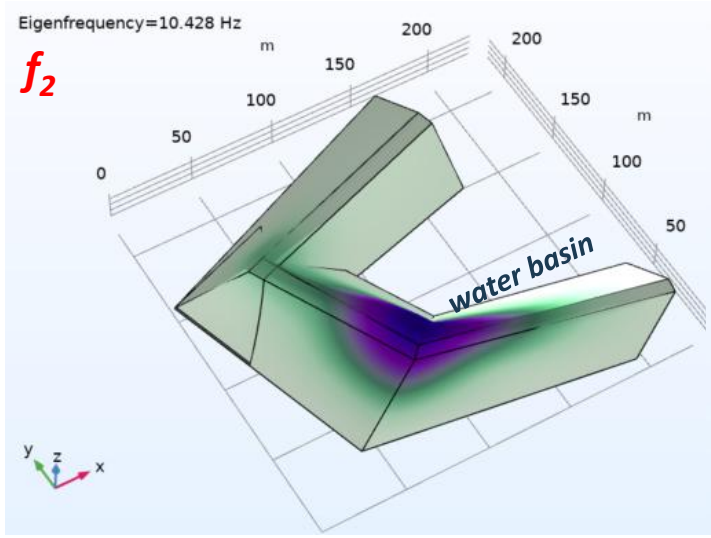


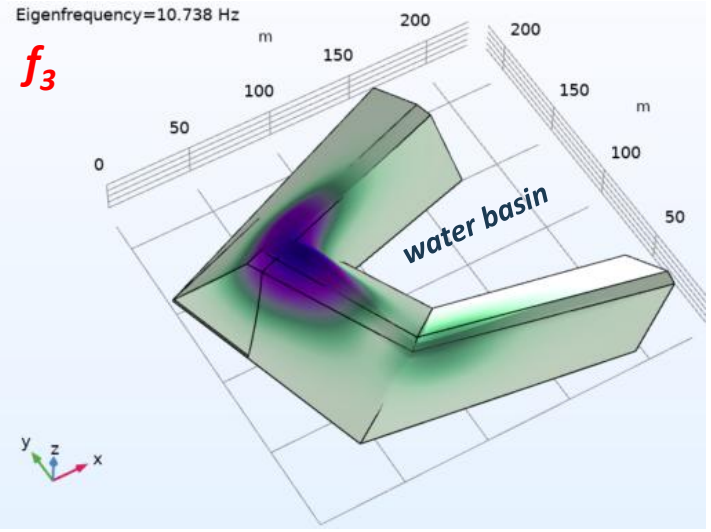
Modélisation de la fréquence de résonance

Interreg
Cofinancé par l'Union Européenne
Cofinanziato dall'Unione Europea
France – Italia ALCOTRA
BECCA









Propriétés des matériaux issues d'études sismiques actives

Analyse de sensibilité

Valutazione parametrica risposta risonanza

Module de Young des matériaux de remblai

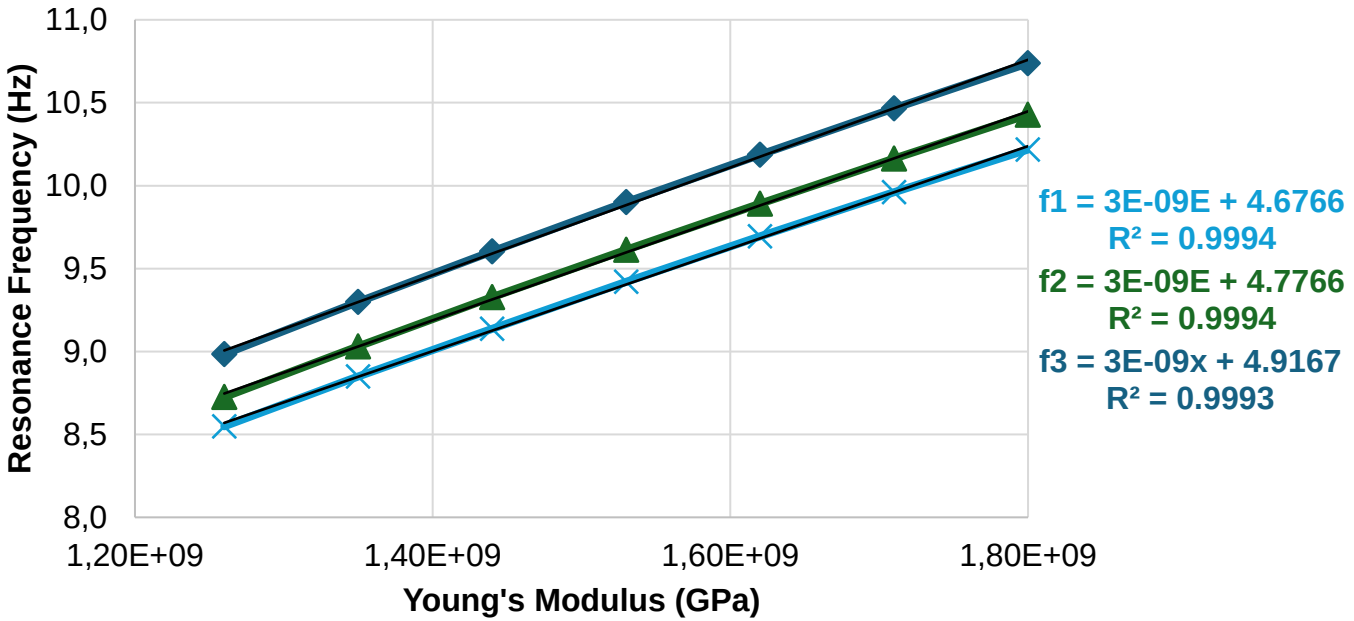
ρ (kg/m³)	v (-)	E (GPa)	f1 (Hz)	f2 (Hz)	f3 (Hz)
1900	0.3	1.80E+09	10.2	10.4	10.7
1900	0.3	1.71E+09	10.0	10.2	10.5
1900	0.3	1.62E+09	9.7	9.9	10.2
1900	0.3	1.53E+09	9.4	9.6	9.9
1900	0.3	1.44E+09	9.1	9.3	9.6
1900	0.3	1.35E+09	8.8	9.0	9.3
1900	0.3	1.26E+09	8.5	8.7	9.0

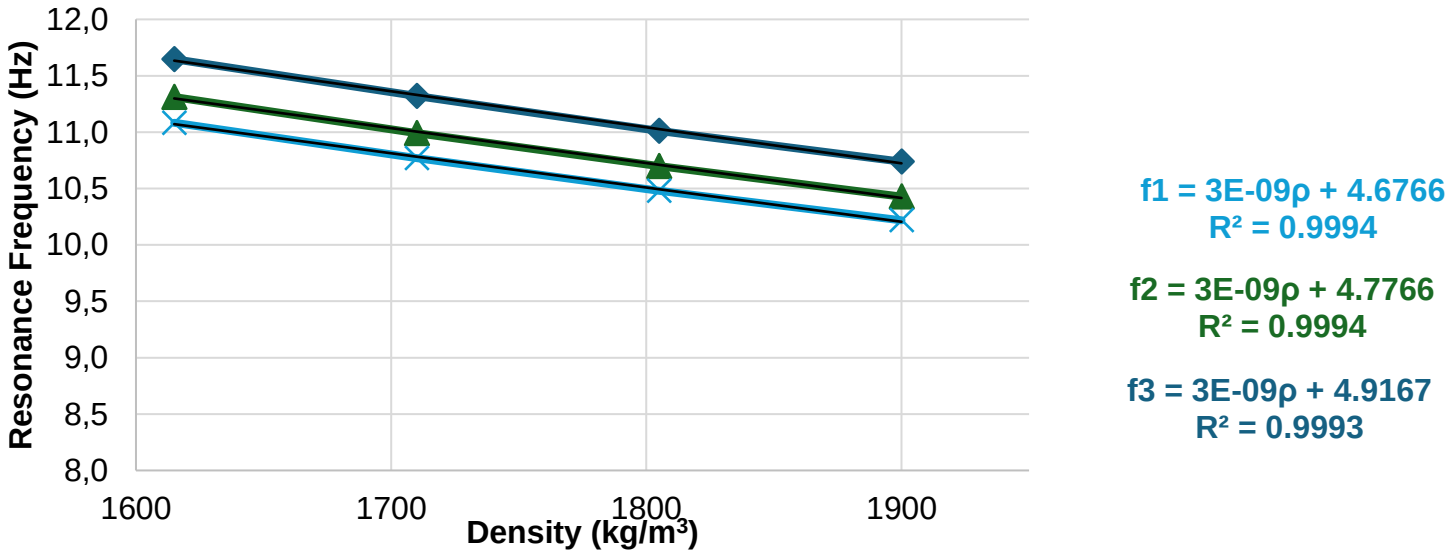
Linear relationships between E and the resonance frequencies

Densité des matériaux du remblai

ρ (kg/m³)	v (-)	E (GPa)	f1 (Hz)	f2 (Hz)	f3 (Hz)
1900	0.3	1.80E+09	10.2	10.4	10.7
1805	0.3	1.80E+09	10.5	10.7	11.0
1710	0.3	1.80E+09	10.8	11.0	11.3
1615	0.3	1.80E+09	11.1	11.3	11.6

Linear relationships between density and the resonance frequencies





Fluctuations de fréquence de résonance du barrage

Fluttuazioni della frequenza di risonanza delle dighe

Variabilité quotidienne de la fréquence de résonance du barrage à S4:

(a) Données de température et de précipitations de la station météorologique Ayas - Alpe Aventine

(b) HVSR horaires.

(c) Fréquence de pointe dans la bande 9-11 Hz.

Les valeurs horaires sont indiquées sous forme de points rouges, tandis que la moyenne mobile est mise en évidence par la ligne noire continue.

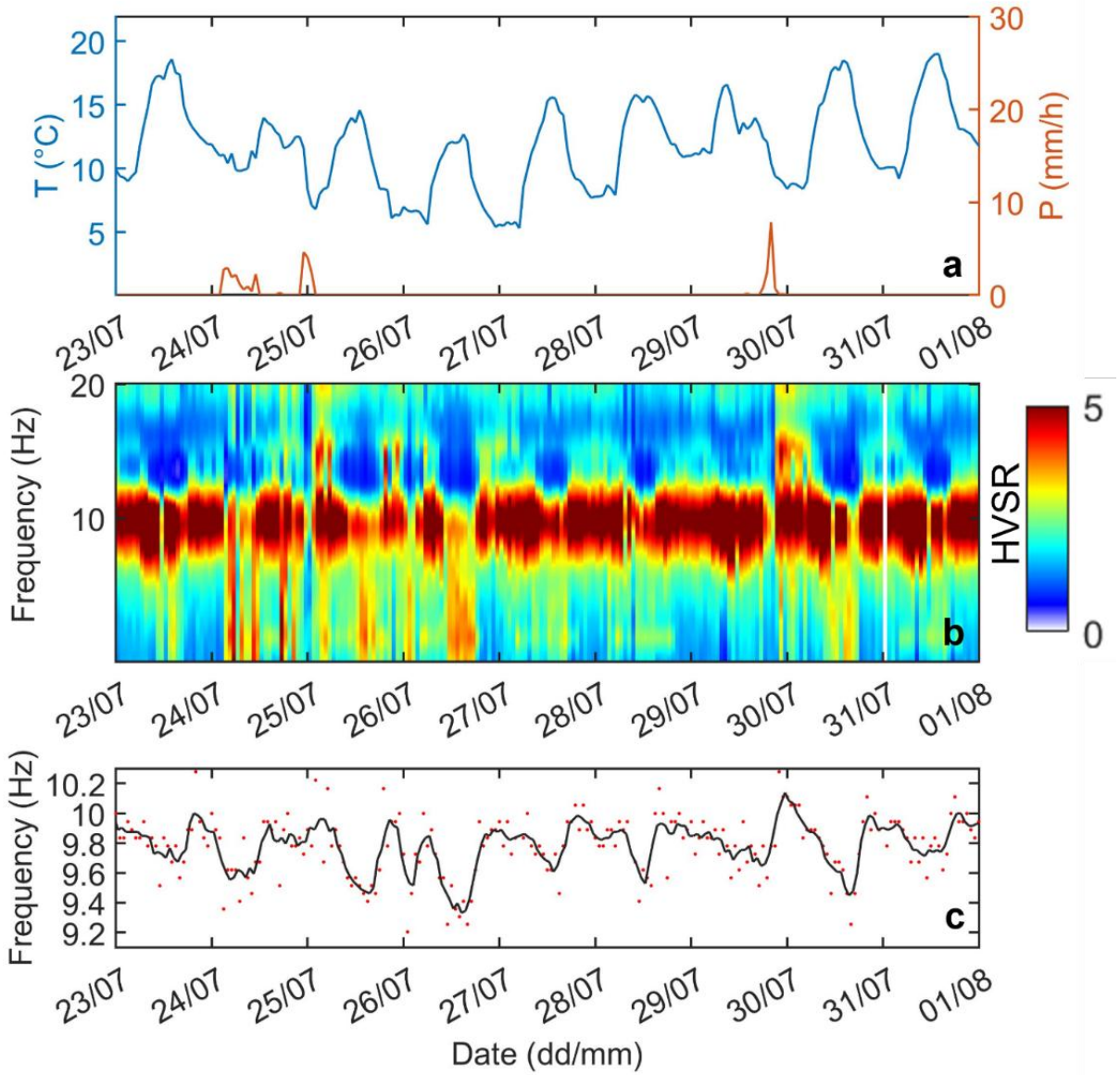
Variabilità giornaliera della frequenza di risonanza della diga (S4):

a) Dati di temperatura e precipitazioni dalla stazione meteorologica Ayas

b) Programmi HVSR.

c) Frequenza di picco nella banda 9-11 Hz.

I valori orari sono mostrati come punti rossi, mentre la media mobile è evidenziata dalla linea nera continua.



Produits du projet

Prodotti del progetto

Deliverable

WP 3.3 - **Codes de calcul open- source pour le traitement intégré des données géoélectriques et sismiques** / Codici di calcolo open-source per elaborazione integrata di dati geoelettrici e sismici (POLITO / Regione VdA)

WP 3.3 - **Modèles open-source pour la caractérisation de la dégradation des barrages par l'analyse de la réponse de résonance** / Modelli open source per la caratterizzazione del degrado dello sbarramento con analisi di risposta di risonanza (POLITO / Regione VdA)

Articles

Strallo, V., Colombero, C., Godio A., 2025. Integrated seismic and electrical imaging with clustering for the hydro-mechanical screening of an earthfill dam, Eng. Geol. 10.1016/j.enggeo.2026.109161

Strallo V., Colombero C., Vergnano A., Godio A. Time-lapse electrical resistivity tomography and continuous passive seismic monitoring of an earthen dam: the Fourcare case study (NW Italy), submitted to Eng. Geol.