

---

# Géophysique et géostatistique pour une estimation 3D des propriétés physiques de la proche surface de la Zone Critique

Maxime Gautier<sup>\*1,2</sup>, Agnès Rivière<sup>1,2</sup>, Nicolas Radic<sup>1,2</sup>, Ludovic Bodet<sup>2</sup>, Didier Renard<sup>1</sup>, Sylvain Pasquet<sup>2,3</sup>, Alexandrine Gesret<sup>1</sup>, Roland Martin<sup>4</sup>, Vita Clinquart<sup>1,2</sup>, and Romane Nespoulet<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mines Paris - PSL (École nationale supérieure des mines de Paris) – Université Paris sciences et lettres – France

<sup>2</sup>Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols – Ecole Pratique des Hautes Etudes, Institut National des Sciences de l'Univers, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>3</sup>Observatoire des sciences de l'univers Ecce Terra [Paris] – École normale supérieure - Paris, Institut National des Sciences de l'Univers, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>4</sup>Géosciences Environnement Toulouse – Institut de Recherche pour le Développement, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Institut National des Sciences de l'Univers, Observatoire Midi-Pyrénées, Centre National d'Études Spatiales [Toulouse], Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National des Sciences de l'Univers : UMR5563, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5563, Institut de Recherche pour le Développement : UR254 – France

## Résumé

L'estimation des flux d'eau souterrains représente un défi dans la caractérisation de la Zone Critique où les réservoirs d'eau y sont d'importance capitale pour les écosystèmes, la biodiversité ainsi que pour assurer les approvisionnements en eau potable. Cependant, ces flux ne sont pas directement mesurés. Ils sont estimés par des modèles hydrauliques et hydrogéologiques qui nécessitent une calibration, i.e. une estimation des paramètres qui interviennent dans les équations tels que la porosité, la saturation initiale ou la position du toit de l'aquifère. L'hydrogéophysique de proche-surface et la pétrophysique permettent d'estimer ces paramètres. La tomographie de résistivité électrique (ERT) est sensible à la lithologie et au contenu fluide, combinée à la tomographie de sismique réfraction (SRT) et à l'inversion des ondes de surface, ces méthodes permettent d'estimer la position du toit de la nappe et la saturation. Ces acquisitions géophysiques sont le plus souvent menées le long de profils 2D plutôt qu'en suivant une grille 3D (acquisitions plus longues et traitements des données plus lourds). Les géostatistiques permettent de dépasser cette limite. L'estimation 3D des paramètres peut être réalisée à partir d'un jeu de profils 2D délimitant la zone d'étude. À partir de six profils ERT et SRT (5x72 électrodes/géophones et 1x48 électrodes/géophones espacés de 40 cm) situés dans une zone de 30x30m de l'Observatoire de la Zone Critique de l'Orgeval (France), 10 716 mesures de résistivité apparente et 28 632 temps d'arrivée des

---

\*Intervenant

ondes P ont été acquis. Pour chaque section, les méthodes d'inversion classiques permettent d'obtenir les distributions de résistivité et de  $V_p$ . L'inversion des courbes de dispersion des ondes de surface permet d'obtenir  $V_s$ . Enfin, le rapport de Poisson donne accès à la saturation et à la position du toit de la nappe. Finalement, l'emploi d'outils géostatistiques tels que GSTLean (GeoStatistics & Machine Learning Library) (Renard et al., 2025) permet d'obtenir une distribution 3D des paramètres par krigeage. Au-delà des distributions 3D nous présentons également quelques tests permettant de traduire ces paramètres en grandeurs directement utiles à la modélisation hydrogéologique (par exemple la porosité), permettant, à terme, une meilleure caractérisation des flux d'eau dans la Zone Critique.

**Mots-Clés:** Géophysique, géostatistiques, ERT, sismique, proche, surface, Zone, Critique