RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Minier

End-of-study project dissertation

For obtaining the State Engineer's degree in Mining Engineering

---

Evaluation and Development of a Predictive Model for the Analysis of Geophysical Well Log Data in Reservoir Characterization

---

HAOUES Doaa & KHALED Ihssane

Under the direction of **Pr. AKKAL Rezki** ENP

Presented and defended publicly on (13/09/2025)

Composition of the jury :

President:	Mr. CHANANE Larouci	ENP
Promoter:	Pr. AKKAL Rezki	ENP
Examiner :	Pr. YAHYAOUI Sami	ENP
Incubator :	Mr. BOUSBAI M'hamed	ENP

ENP 2025

ENP, 10 Rue des Frères OUDEK, El Harrach 16200, Algiers, Algeria.

الملخص

تستجيب هذه الدراسة للطلب المتزايد على التفسير البتروفيزيائي الفعّال والدقيق في صناعة النفط والغاز من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في سير عمل توصيف المكامن. فعلى الرغم من أهمية الطرق التقليدية الحتمية والتجريبية، إلا أنها غالبًا ما تكون مستهلكة للوقت و محدودة في قدرتها على التعامل مع التغايرية الجيولوجية.

وللتغلب على هذه التحديات، قمنا بتطوير نظام ذكي مصمم للتنبؤ بالخصائص الأساسية للمكامن وتصويرها مباشرةً انطلاقًا من بيانات السجلات البئرية. شمل خط العمل المنهجي معالجة البيانات الأولية، هندسة الخصائص، تدريب النماذج تحت إشراف، وتحليل قابلية التفسير.

وقد أظهرت خوارزميات التجميع أداءً تنبؤيًا قويًا: حيث حقق نموذج Gradient Boosting للتنبؤ بنسبة حجم الطَّفل (Vsh) قيمة $R^2 = 0.914$ و $MAE = 0.0642$، بينما أعطى نموذج XGBoost للنفاذية الفعّالة (PHIE) قيمة $R^2 = 0.801$ و $MAE = 0.0248$، وبلغ نموذج Extra Trees لتشبع الماء (Sw) قيمة $R^2 = 0.895$ و $MAE = 0.0127$. تؤكد هذه النتائج قدرة نماذج الذكاء الاصطناعي على التقاط العلاقات غير الخطية الكامنة في البيانات البتروفيزيائية والتفوق على المقاربات التقليدية. وقد جرى تنفيذ النظام في شكل تطبيق مكتبي سهل الاستخدام، مما يتيح للجيولوجيين والمهندسين الحصول بسرعة على رؤى موثوقة لتقييم المكامن.

بصورة عامة، يبرهن هذا العمل على جدوى وتأثير الحلول المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في تطوير تفسير المكامن، ودعم اتخاذ القرارات المبنية على أسس سليمة، وفتح آفاق جديدة نحو النشر المستقبلي في الزمن الحقيقي وعلى نطاق واسع

الكلمات المفتاحية

التعلّم الآلي، توصيف المكامن، بيانات التسجيل الجيولوجي،المعاملات البتروفيزيائية.

Résumé

Cette étude répond à la demande croissante d'une interprétation pétrophysique efficace et précise dans l'industrie pétrolière et gazière grâce à l'intégration de l'intelligence artificielle dans les workflows de caractérisation des réservoirs. Les méthodes déterministes et empiriques traditionnelles, bien que précieuses, s'avèrent souvent chronophages et limitées dans leur capacité à gérer l'hétérogénéité géologique. Pour surmonter ces défis, nous avons développé un système intelligent conçu pour prédire et visualiser les principales propriétés des réservoirs directement à partir des diagraphies de puits. Le pipeline méthodologique comprenait la préparation des données, l'ingénierie des variables, l'entraînement supervisé des modèles et l'analyse de l'interprétabilité. Les algorithmes d'ensemble ont démontré de solides performances prédictives : Gradient Boosting pour le volume d'argiles (Vsh) a atteint $R^2 = 0,914$, $MAE = 0,0642$; XGBoost pour la porosité (PHIE) a donné $R^2 = 0,801$, $MAE = 0,0248$; et Extra Trees pour la saturation en eau (Sw) a atteint $R^2 = 0,895$, $MAE = 0,0127$. Ces résultats confirment la capacité des modèles d'IA à capturer les relations non linéaires inhérentes aux données pétrophysiques et à surpasser les approches conventionnelles. Le système a été implémenté sous forme d'une application de bureau conviviale, permettant aux géoscientifiques et aux ingénieurs d'obtenir rapidement des informations fiables pour l'évaluation des réservoirs. Dans l'ensemble, ce travail démontre la faisabilité et l'impact des solutions basées sur l'IA dans l'avancement de l'interprétation des réservoirs, en soutenant la prise de décision éclairée et en ouvrant des perspectives pour un déploiement futur en temps réel et à grande échelle.

Mots clés : Apprentissage automatique, Caractérisation des réservoirs, Données de diagraphies, Paramètres pétrophysiques.

Abstract

This study addresses the growing demand for efficient and accurate petrophysical interpretation in the oil and gas industry through the integration of artificial intelligence into reservoir characterization workflows. Traditional deterministic and empirical methods, while valuable, often prove time-consuming and limited in their ability to handle geological heterogeneity. To overcome these challenges, we developed an intelligent system designed to predict and visualize key reservoir properties directly from well log data. The methodological pipeline encompassed data preprocessing, feature engineering, supervised model training, and interpretability analysis. Ensemble learning algorithms demonstrated strong predictive performance: Gradient Boosting for shale volume (Vsh) achieved $R^2 = 0.914$, MAE = 0.0642; XGBoost for porosity (PHIE) yielded $R^2 = 0.801$, MAE = 0.0248; and Extra Trees for water saturation (Sw) reached $R^2 = 0.895$, MAE = 0.0127. These results confirm the ability of AI models to capture non-linear relationships inherent in petrophysical data and to outperform conventional approaches. The system was implemented as a user-friendly desktop application, enabling geoscientists and engineers to obtain rapid, reliable insights for reservoir evaluation. Overall, this work demonstrates the feasibility and impact of AI-powered solutions in advancing reservoir interpretation, supporting informed decision-making, and opening perspectives for future real-time and scalable deployment.

Keywords : Machine Learning , Reservoir Characterization, Well Log Data, Petrophysical parameters.

Contents