



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur YOUSSEF OUAHZIZI

Discipline : Géologie

Spécialité : Géo-ressources et Génie géologique (Géologie structurale, minière et géophysique)

Sujet de la thèse

Etude géologique et géophysique de la zone de jonction entre le Moyen Atlas et le Haut Atlas (Maroc): Implications géodynamiques et minières

Formation Doctorale " Sciences et Génie de la matière, de la Terre et de la Vie "

Thèse présentée et soutenue **le samedi 21 décembre 2024 à 10h** à l'Amphi A de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
Said HINAJE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Nacer EL MOUTAOUKIL	PES	Faculté des Sciences de Rabat	Rapporteur
Mustapha BOUJAMAAOUI	PES	Faculté des Sciences de Meknès	Rapporteur
Abdel Ali CHAOUNI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Hmidou EL OUARDI	PES	Faculté des Sciences de Meknès	Examineur
Ali CHARROUD	MCH	Faculté des Sciences de Meknès	Examineur
Driss EL AZZAB	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Co-Directeur de thèse
Mohammed CHARROUD	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de thèse

Laboratoire de recherche : Laboratoire Systèmes intelligents, Géoressources et Energies
Renouvelables

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Résumé de la thèse

Cette thèse explore les résultats géophysiques, géologiques et miniers dans la zone de jonction entre le Moyen Atlas et le Haut Atlas, en utilisant une approche pluridisciplinaire comprenant la lithostratigraphie, la géophysique, la géologie structurale, l'analyse des paléochamps de contraintes tectoniques, la gîtologie et l'impact environnemental. Les études géophysiques gravimétriques et lithostratigraphiques révèlent que les bassins jurassiques de la zone de jonction sont bordés par des paléoreliefs paléozoïques principalement composés de granites hercyniens. Les anomalies gravimétriques négatives indiquent un épaississement des formations jurassiques, tandis que les anomalies positives sont associées aux terrains paléozoïques. L'analyse structurale, combinant les données géophysiques et géologiques, identifie des accidents majeurs et des linéaments géophysiques NE-SW, avec des relais E-W, soulignant le rôle des failles dans l'individualisation des bassins sédimentaires et les chevauchements cénozoïques. L'évolution des paléochamps de contraintes tectoniques depuis le Lias supérieur jusqu'au Quaternaire est décrite comme suit : i) Lias supérieur : Formation de bassins avec différenciation entre plateformes et bassins profonds sous un régime distensif ; ii) Aalénien-Bajocien : Installation de dépôts continentaux suivis de plateformes carbonatées sous un régime extensif pur ; iii) Bathonien-Barrémien : Régression marine avec individualisation de bassins continentaux sous un régime transpressif ; iv) Infracénomannien : Régression après une transgression aptienne, formation de bassins continentaux sous un régime transtensif ; v) Cénomano-Turonien : Transgression marine avec sédimentation carbonatée sous un régime extensif pur bidirectionnel ; vi) Paléocène à Eocène : Sédimentation détritique et phosphatée sous un régime extensif ; vii) Miocène : Sédimentation continentale avec dépôts détritiques sous un régime transpressif ; viii) Quaternaire : Sédimentation alluviale sous des régimes tectoniques transpressif et compressif. La minéralisation cuprifère de la mine de Tansrift est une formation stratiforme résultant de l'altération des basaltes par des fluides produits par la diagenèse des séries sédimentaires et le mélange avec des saumures. L'étude pétrographique et géochimique des échantillons le long des structures minéralisées montre une minéralisation primaire représentée par la covellite et la chalcocite, et une minéralisation secondaire par la cuprite, avec une altération supergène marquée par la malachite et la chrysocolle. Le mode de formation de cette minéralisation se déroule en trois étapes majeures : i) Lessivage de cuivre : Le cuivre est extrait des basaltes de l'activité volcanique B1 par des solutions salines, enrichies en chlorures, potassium, calcium et pyrite, entraînant la formation de chlorures de cuivre ; ii) décomposition des sulfates : Les évaporites se décomposent en présence de matériaux carbonatés, favorisant l'activité bactérienne, ce qui produit des ions de soufre et libère de l'oxyde de carbone et de l'eau ; iii) Formation des sulfures de cuivre : Le mélange des saumures provenant des



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

profondeurs via les failles avec des fluides riches en soufre conduit à la formation de sulfures de cuivre (chalcocite et covellite) dans les espaces intergranulaires des couches rouges (principalement des grès sableux) d'âge callovien-barrémien. L'étude évalue également le degré de contamination et de pollution des rejets miniers et des zones d'exploitation de la mine de Tansrift en métaux lourds (Cd, Cr, Ni, Cu, Fe, Pb, Zn). La contamination métallique a été détectée par différents indices basés sur les analyses géochimiques. Les résultats montrent une contamination extrême par le cuivre et un indice de géoaccumulation généralement supérieur à 4,08. Les autres éléments présentent une contamination modérée à forte. L'indice de pollution chargé (PLI) des échantillons confirme une pollution forte à extrême dans la totalité des échantillons. Ces indications révèlent un risque anthropique et naturel élevé dû à l'absence de restauration des rejets miniers.

Mots clés : Géophysique, Lithostratigraphie, Géologie structurale, Paléochamps de contrainte, Minéralisation cuprifère, Pollution environnementale, Zone de jonction Moyen Atlas-Haut Atlas