

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

En vue de l'obtention du **DOCTORAT EN SCIENCES**

Le Doyen de la Faculté des Sciences de Tétouan annonce que

Monsieur OUALLALI Abdessalam soutiendra une thèse intitulée

Apport de la Géologie, la Géomatique, l'Hydrologie et de la Susceptibilité magnétique pour l'étude du processus érosion-dépôt sous les différentes conditions géomorphologiques du bassin versant Arbaa Ayacha, Rif externe Nord occidental. Maroc

Discipline : Géologie

Spécialité : Hydrologie, Sédimentologie et Environnement

Salle des soutenances, Faculté des Sciences de Tétouan

Le Samedi 18 juillet 2020 à 15h

Devant le jury composé de:

Pr. Ali MAATE	Université Abdelmalek Essaâdi, FS Tétouan	Président
Pr. Said CHAKIRI	Université Ibn Tofail, FS-Kénitra	Rapporteur
Pr. Brahim DAMNATI	Université Abdelmalek Essaâdi, FST-Tanger	Rapporteur
Pr. Rachid HLILA	Université Abdelmalek Essaâdi, FS-Tétouan	Rapporteur
Pr. Isma AMRI	Université Abdelmalek Essaâdi, FS-Tétouan	Examinatrice
Dr. Farida BERRAD	DREFLCD-SEAP du Rif	Invitée
Pr. Mohamed MOUKHCHANE	Université Abdelmalek Essaâdi, ENS-Tétouan	Co-directeur
Pr. Habiba AASSOUMI	Université Abdelmalek Essaâdi, FS-Tétouan	Directeur

Thèse préparé au sein de la structure de Recherche :

Laboratoire de Géologie de l'Environnement et Ressources Naturelles « GERN » FS-Tétouan, Université Abdelmalek Essaâdi

Résumé

L'hydrodynamique sédimentaire est le moteur qui oriente l'évolution géomorphologique des versants. C'est un processus géologique dans lequel les sédiments et les matériaux en terre sont usés et transportés par les eaux. Il est au niveau du bassin versant Arbaa Ayacha très actif, et en tendance évolutive croissante. Le processus érosif dans cette zone est suscité par le relief, l'agressivité climatique, l'activité tectonique, la destruction du couvert végétal et par la stratégie adoptée de la gestion des terres. Le phénomène prend de l'ampleur rapidement et atteint le substratum rocheux après l'attaque des formations superficielles, généralement de nature lithologique friable marneuse et argileuse. Ceci diminue l'infiltration et amplifie le ruissellement, chose qui occasionne des écoulements importants qui se déversent sur les versants tout en accentuant le processus érosif et engendrant des inondations. L'impact de cette mobilisation sédimentaire se fait sentir à plusieurs niveaux, et la détermination des zones pourvoyeuses de sédiments et les zones de dépôt est donc un moyen efficace de gestion et de lutte antiérosive. Les modèles empiriques qui utilisent les données de la géomatique ont permis d'étudier l'aspect quantitatif et qualitatif d'érosion. Les cartes thématiques du bassin versant Arbaa Ayacha réalisées dans le cadre de ce travail illustrent la répartition des degrés d'érosion dans chaque endroit du bassin avec des pertes moyennes égales à 25.77 t/ha/an. L'évaluation de l'érosion potentielle dans la zone étudiée a montré un rendement moyen en sédiments égal à 28.45 t/ha/an. L'étude de l'érosion qualitative a montré que la tendance localisée à l'expansion ou à l'intensification est prédominante dans le bassin avec un pourcentage égal à 67.3%. Les formations à lithologie marneuse et marno-calcaire de l'Eocène inférieur sont les plus productives de sédiments avec une tendance de la dégradation généralisée vers une situation irréversible. Les terrasses fluviales quaternaires au centre du bassin et les formations sableuses oligo-miocènes et villafranchiennes à son aval, reçoivent des matériaux issus des versants. Les premières sont formées des fragments calcaires à intercalations argilo-marneuses et limoneuses, provenant des formations environnantes. Alors que les deuxièmes renferment des sables et des fragments de grès issus de l'altération des formations de la nappe de Habt. La simulation hydrologique dans le bassin à l'aide du modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tools) a permis, d'une part d'élaborer le bilan hydrique dans la zone d'étude et d'autre part d'évaluer le rendement en sédiments qui arrivent à la sortie du bassin. La calibration de cette simulation et sa validation à l'aide des 19 paramètres de sensibilité relatifs aux débits et aux concentrations en sédiments, ont donné des résultats des fonctions objectives NSE (Coefficient d'efficacité Nash-Sutcliffe), PBIAS (le pourcentage de BIAS) et R2 (coefficient de détermination) acceptables et satisfaisants. L'évapotranspiration et l'écoulement en surface constituent les deux composantes du bilan hydrique les plus abondantes tandis que le rendement en eau a été calculé à 360.77 mm et le rendement en sédiments à 28.09 t/ha/an. L'étude de l'érosion géologique dans le bassin a été faite au Sud-est et au centre de ce dernier, où affleurent les grès numidiens et les marno-calcaires à faciès suessonien. Ces derniers sont considérés siège d'une érosion intense selon les résultats de l'approche géomatique et hydrologique. Cinq coupes géologiques avec leurs logs stratigraphiques ont été réalisées pour ressortir la succession stratigraphique des formations. Par la suite, l'activité tectonique (failles, décrochements, plis et diaclases) a été analysée dans les différentes coupes pour étudier et lier la génération des formes d'érosion (détachement et mobilisation des blocs et des fragments de grès et de calcaire) à l'activité tectonique. Généralement, l'analyse structurale effectuée a montré trois directions majoritaires, responsable du déclenchement du processus érosif d'origine géologique dans le bassin. Par la suite, la comparaison des pentes des formations avec le pendage de la stratification a permis de mieux comprendre le mécanisme de déclenchement et d'amplification des formes d'érosion. La validation des résultats des approches géomatique, hydrologique et géologique a été faite en se basant sur des mesures sur le terrain à l'aide d'une approche magnétique. Les mesures de la susceptibilité magnétique dans 798 échantillons répartis en 5 transects et 13

unités homogènes de 1m à 1.20m de profondeur, ont permis l'évaluation à la fois de la mobilisation des sédiments, de la stabilité des sols et l'état de la pédogénèse des surfaces des formations. Les valeurs obtenues sont majoritairement très faibles sur les marnes et les marno-calcaires de l'Eocène inférieur. Ces valeurs varient de 0,03 10-8m3kg-1 jusqu'à 66,82 10-8m3kg-1 avec une moyenne égale à 17,21 10-8m3kg-1 pour χ_{lf} (susceptibilité magnétique à basse fréquence). Alors que la susceptibilité à haute fréquence χ_{hf} varie de 0,03 10-8m3kg-1 à 61,17 10-8m3kg-1 avec une moyenne de l'ordre de 15,88 10-8m3kg-1. Ces valeurs sont modérées au niveau des terrasses fluviales soltano-rharbiennes (χ_{lf} varie de 6.57 10-8m3kg-1 jusqu'à 59.64 10-8m3kg-1 avec une moyenne égale à 19.41 10-8m3kg-1 et χ_{hf} varie de 5,97 10-8m3kg-1 à 57,24 10-8m3kg-1 avec une moyenne de 18,43 10-8m3kg-1). Elles sont très élevées sur les formations sableuses (χ_{lf} varie de 3,10 10-8m3kg-1 jusqu'à 108,87 10-8m3kg-1 avec une moyenne égale à 35,55 10-8m3kg-1 et χ_{hf} varie de 2,87 10-8m3kg-1 à 96,70 10-8m3kg-1 avec une moyenne de l'ordre de 32,16 10-8m3kg-1). Deux modèles nommés T-H (Tillage-Homogenization) et P-S (Proportional simple) ont été appliqués aux valeurs des susceptibilités magnétiques mesurées sous les différentes conditions géomorphologiques du bassin. Ces modèles ont permis l'élaboration d'une relation linéaire et proportionnelle entre la stabilité des terrains et les teneurs en minéraux magnétiques. En effet, un terrain stable est un terrain qui reflète des susceptibilités élevées et vis-versa. Cette approche a servi aussi à la détermination de la granulométrie et la minéralogie magnétiques des formations du bassin en vue d'évaluation de la pédogénèse et de degré d'évolution des sols. La susceptibilité magnétique de dépendance $\chi_{fd}\%$ évaluée dans les différentes formations du bassin s'est montrée utile pour indiquer la présence de grains magnétiques situés à la limite entre les grains SSD (Domaine Unique Stable) et SP (super-paramagnétique). Elle est utilisée aussi comme indicateur indirect des variations relatives de la concentration en particules magnétiques à grains fins définies par la pédogénèse. La plupart des profils échantillonnés dans le Quaternaire ont montré des valeurs de $\chi_{fd}\%$ les situant dans la classe (2 – 10%), ce qui témoigne d'une mixture des grains super-paramagnétiques mono-domaines et poly-domaines. Ces grains proviennent généralement d'un déplacement des quantités des minéraux magnétiques allochtones provenant des autres formations du bassin ou vers les horizons superficiels des sols. L'interdépendance magnétique $\Delta\chi$ calculée pour cette formation a démontré une quasi-homogénéité magnétique dans ces profils avec dominance d'un assemblage anti-ferromagnétique. Ce facteur approprié d'évaluer la présence de minéraux de fer cristallins ultrafins dans les horizons humiques, c'est-à-dire les conditions appropriées pour la cristallisation naturelle de la goethite et de l'hématite. Les formations de l'aval du bassin formées des sables et de calcarénites reflètent un aspect beaucoup plus magnétique donc beaucoup plus stable. Les valeurs de $\chi_{fd}\%$ dépassent majoritairement 10% témoignant d'une granulométrie purement super-paramagnétique. Certains profils surtout ceux échantillonnés sur les sables du Villafranchien, montrent un mélange de grains SP et non SP. L'interdépendance magnétique montre un coefficient de corrélation très élevé et proche de 1. Ceci indique une homogénéité de l'assemblage magnétique des sédiments avec prédominance des espèces ferrimagnétiques, généralement des oxydes de fer et des sulfures tels que la maghémite et la magnétite. Les marnes et les formations marno-calcaires du bassin ont subi un processus érosif beaucoup plus intense. Toutes ces formations appartiennent à la classe très élevée en termes de degré d'érosion. Le paramètre $\chi_{fd}\%$ est proche dans sa globalité à celui des terrasses fluviales avec une légère augmentation des proportions des grains non super-paramagnétiques. Les résultats de ce travail sont cohérents et validés et peuvent être incorporé comme facteur dans le processus d'aménagement du bassin versant, et plus particulièrement dans le processus de la gestion intégrée des ressources en eau et en sol.

Mots clés : Hydro-dynamique sédimentaire, approche géomatique, approche hydrologique,

approche géologique, susceptibilité magnétique, Arbaa Ayacha, Rif externe, Maroc.