



Résumé :

Bien que divers par leur nature et origine, les systèmes lacustres sont des lieux propices pour la réception et la préservation des signatures allocycliques tels que les pulsations tectoniques et les forçages climatiques à différentes fenêtres temporelles (échelles orbitale, suborbitale et de l'instant). Néanmoins, l'examen de déchiffrement de ces signatures cycliques reçues et préservées est très délicat et exige d'approcher une méthodologie s'appuyant sur un travail du terrain et du laboratoire à la fois extensif et minutieux. Parallèlement à cette logique, ce présent travail de doctorat apporte un coup d'essai où deux exemples-types de systèmes lacustres, situés dans le Moyen Atlas (Nord du Maroc), à dominance lithologique et contexte morpho-structurel différents ce sont examinés : un système lacustre évoquant une sédimentation à mixture détritico-biochimique se développant sur une structure rappelant celle d'un hémigraben (lac Ifrah) ; et un système fluviolacustre à dominance lithologique carbonatée, tufs calcaires (Imouzzer Kandar). L'interprétation des systèmes de dépôts, l'identification des cycles et cortèges sédimentaires par rapport à la variation du niveau de base et de l'accommodation, et l'examen de la déformation synsédimentaire sont élaborés moyennant l'usage conventionnel d'une analyse sédimentologique, stratigraphique séquentielle et géologique structurale détaillée. Couplée à cette approche plutôt axée sur le travail de terrain, une étude basée sur de nombreux marqueurs paléoenvironnementaux (matière organique, ostracodes, macro-charbons, phases minérales, K, A, K/Al, Fe/Mn) est également adoptée et faisant objet d'un travail extensif de laboratoire.

Dans l'exemple-type du lac Ifrah où la dépression est développée moyennant la subsidence cumulative causée par une faille maîtresse d'un système structural imitant celui d'un hémigraben, l'examen des déformations 'ductiles' et cassantes synsédimentaires a permis d'extraire des signaux de la paléo-séismicité à l'échelle régionale et des pulsations tectoniques à l'échelle du bassin. L'application de quelques relations structurales d'échelle pour le système en hémigraben a permis d'estimer, a priori, l'accommodation due à la subsidence de la lèvre inférieure et le soulèvement de la lèvre supérieure de part et d'autre de la faille maîtresse. Par extension, un modèle d'ouverture du bassin du lac Ifrah est proposé sur la base d'une combinaison des observations structurales à l'échelle régionale et des données géophysiques, pétrographiques et géodynamiques de la littérature. L'exploitation de ces perspectives, en plus de l'emploi, sur le même endroit, d'une approche sédimentologique et stratigraphique conventionnelle, complétée par une étude micropaléontologique (basée sur les ostracodes) et géochimie élémentaire, les signatures des forçages orbital (viz., précession et obliquité), suborbital (oscillation de type Dansgaard-Oeschger, éléments de Heinrich) et tectonique (bascullement différentiel du bloque inférieur) sont déchiffrés.

Quant à l'exemple du site d'Imouzzer, l'analyse sédimentologique et séquentielle couplée d'une étude multi-proxy appliquée sur des tufs calcaires fluviolacustres développés durant les derniers ca. 5000 années, avec une géomorphologie évoquant un système en barrage-retenu à dimension considérable (kilométrique), démontre d'un control exclusif du climat sur la sédimentation et, intéressement, l'accommodation. En enregistrant deux événements froids d'extension globale (événements de Bond 4.6 et 2.7 ka), ces registres géologique ont prouvé, pour la première fois, un grand potentiel dans l'archivage des signaux climatique à des échelles centennale, voire même décadaire.

Mots clés : Signatures tectonique et climatique ; Sédiments lacustres ; Tufs calcaires ; Stade Isotopique Marin-3 ; Holocène ; Stratigraphie séquentielle ; 'Soft-sediment deformation structures'; Moyen Atlas ; Maroc.



**CONTRIBUTION OF THE CONVENTIONAL
SEDIMENTOLOGICAL AND SEQUENCE STRATIGRAPHIC
APPROACH IN DECIPHERING CLIMATIC AND NEOTECTONIC SIGNATURES
FROM LATE QUATERNARY DETRITAL-BIOCARBONATE DEPOSITS: THE CASE
OF LAKE IFRAH AND IMOZZER KANDAR (MIDDLE ATLAS, MOROCCO)**

Abstract :

While diverse in nature and origin, lake systems are ideal recipients of allocyclic signatures such as tectonic pulses and climate forcing at different time windows (orbital, suborbital and instantaneous scales). Nevertheless, deciphering these cyclic signatures is extremely difficult and requires adoption of a methodology based on extensive and meticulous fieldwork and labwork.

In line with this reasoning, this doctoral work examines two typical examples of lake systems in the Middle Atlas (northern Morocco), each with a different lithological dominance and morpho-structural context: a lacustrine system involving cyclic clastic-biochemical sedimentation developing upon a hemi-graben-like structural setting (Ifrah lake); and a carbonate-dominated fluviolacustrine system, tufa deposits (Imouzzer Kandar). Depositional system interpretation, delineation of sedimentary cycles and systems tracts with respect to base level and accommodation variation, along with investigation of ductile' and brittle softsediment deformations are carried out through the conventional application of thorough sedimentological, sequence stratigraphic and structural geological analysis. In conjunction with this rather fieldwork-based approach, an extensive laboratory work has been conducted in order to build results of numerous palaeoenvironmental markers (organic matter, ostracods, macro-charcoal, mineral phases, K, A, K/Al, Fe/Mn).

In the typical example of Lake Ifrah, where the depression is developed through master fault cumulative subsidence in a hemi-graben-like structural setting, examination of synsedimentary 'ductile' and brittle deformations has allowed the extraction of signals from regional-scale palaeoseismicity and basin-scale tectonic pulsations. The application of some structural scaling relationships for the hemi-graben system allowed to estimate, a priori, the accommodation due to the hanging-wall subsidence and footwall uplift on either side of the master fault. By extension, a model of the initiation of Lake Ifrah Basin is proposed based on a combination of regional structural observations and geophysical, petrographic and geodynamic data from the literature. Building on these insights, in addition to the use of a conventional sedimentological and stratigraphic approach at the same location, complemented by a micropalaeontological (ostracode-based) and elemental geochemical analyses, the signatures of orbital (viz., precession and obliquity), suborbital (Dansgaard-Oeschger-type oscillation, Heinrich elements), and tectonic (differential tilting of the lower block) forcing are deciphered.

Regarding the example of the Imouzzer site, the sedimentological and sequential analysis coupled with a multi-proxy approach applied to fluviolacustrine tufa developed during the last ca. 5000 years, with a geomorphology involving a barrage-dammed-area system of considerable dimension (kilometer), demonstrates an exclusive climate controls on the sedimentation and, interestingly, the accommodation. By recording two cold events of global extent (Bond Events 4.6 and 2.7 ka), these archives have shown, for the first time, a great potential in archiving climate signals on centennial or even decadal scales.

Key Words : Tectonic and climatic signatures; lacustrine sediments; tufa; Marin Isotope Stage-3; Holocene; Sequence stratigraphy; soft-sediment deformation structures; Middle Atlas; Morocco.