

Tectonostratigraphie

Introduction

La **Tectonostratigraphie** est une approche très détaillée et spécifique de l'étude des roches et des structures géologiques, qui examine la relation entre les événements tectoniques (les mouvements de la croûte terrestre) et les dépôts sédimentaires au fil du temps. Cette méthode d'analyse est particulièrement utile pour comprendre l'histoire géologique des bassins sédimentaires, les formations de montagnes et d'autres structures géologiques complexes. Pour mieux comprendre cette discipline, examinons ses principes à travers des exemples concrets.

1. Concepts fondamentaux de la tectonostratigraphie

La tectonostratigraphie repose sur deux grandes idées :

- **La stratigraphie** : étude des couches géologiques et de leur ordre de dépôt.
- **La tectonique** : étude des forces qui modifient la structure de la croûte terrestre.

En combinant ces deux approches, la tectonostratigraphie permet d'interpréter l'histoire géologique d'une région, notamment en analysant comment les forces tectoniques ont influencé la sédimentation.

2. Exemples de processus tectonostratigraphiques

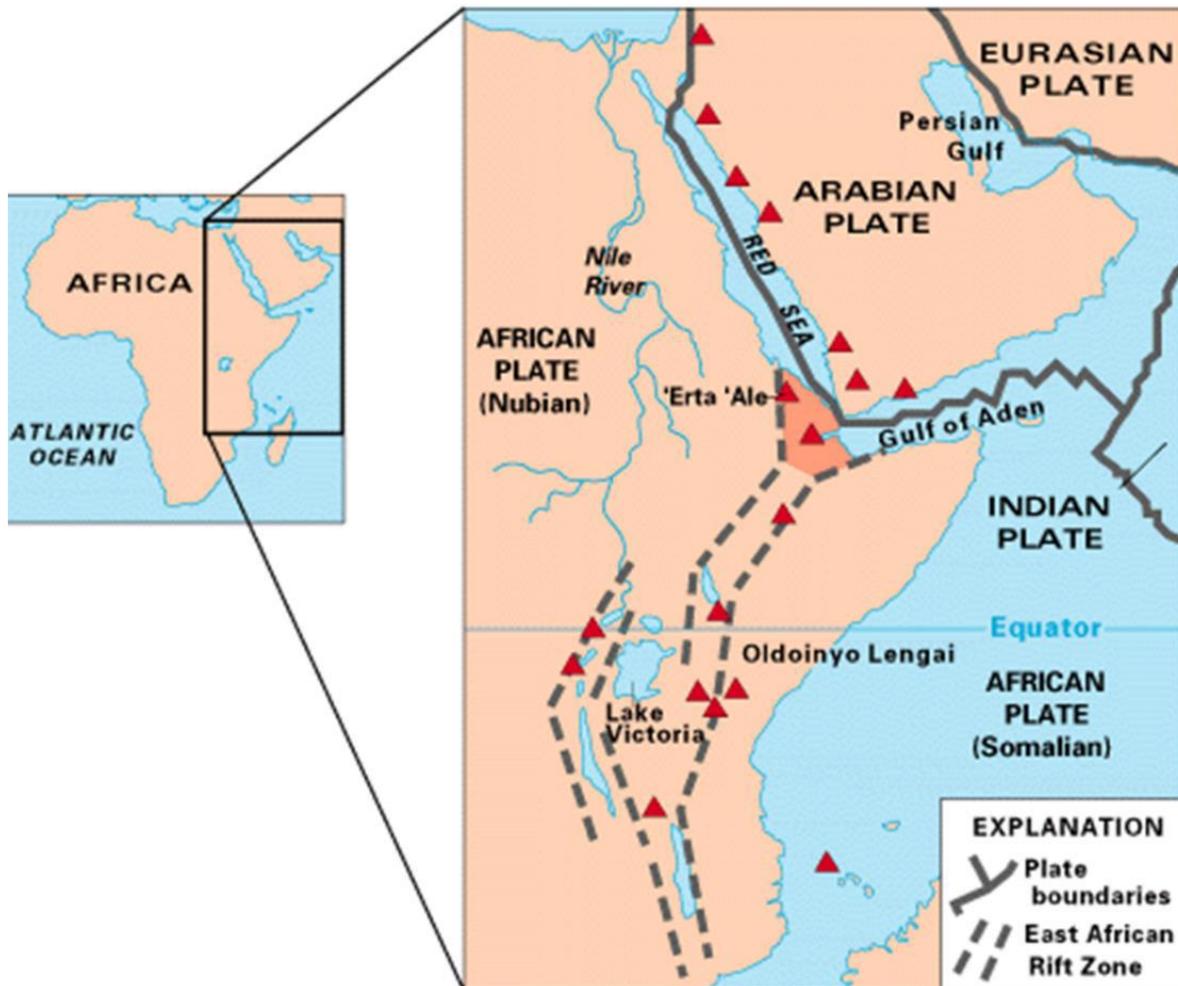
a. Bassins de rift (Extension tectonique)

Les bassins de rift se forment lorsque des plaques tectoniques s'écartent les unes des autres, créant un bassin dépressif où les sédiments peuvent s'accumuler. Ce type de bassin est un excellent exemple de la tectonostratigraphie en action, car l'activité tectonique (extension) déforme la croûte terrestre et crée des conditions favorables à l'accumulation de sédiments.

Exemple : Le bassin du Rift est-africain.

- Ce bassin est une région tectonique active où la croûte terrestre est étirée en raison de l'extension lithosphérique.
- L'extension crée un rift, un fossé ou une dépression dans lequel les sédiments, comme les grès et les argiles, s'accumulent au fil du temps.
- La tectonostratigraphie de cette région montre une évolution de la stratigraphie liée directement à l'étirement et au graben (bassin intrusif) créé par l'activité tectonique. Les strates qui se forment dans ces zones de rift sont souvent assez jeunes et permettent de comprendre les phases d'extension.

Dans le cas de ce bassin, on observe des changements dans la nature des sédiments déposés : au début de l'ouverture du rift, des sédiments volcaniques peuvent être déposés, suivis par des sédiments plus classiques (grès, argiles) avec l'expansion du rift.



b. Bassins de subduction (Compression tectonique)

Les bassins de subduction se forment lorsqu'une plaque tectonique est forcée sous une autre (subduction), ce qui entraîne une compression et une déformation des couches sédimentaires. Cette activité crée des structures géologiques complexes, comme des plis, des failles et des zones de chevauchement.

Exemple : Le bassin de la mer des Caraïbes.

- La subduction de la plaque océanique sous la plaque continentale (plaque sud-américaine) a créé un bassin sédimentaire complexe. Cette région a été fortement influencée par la tectonique de subduction, où la déformation compressive des sédiments a créé une série de structures géologiques, y compris des plis, des failles et des chevauchements.
- La tectonostratigraphie de cette région montre des couches sédimentaires qui ont été déformées, plissées et parfois inversées sous l'effet des forces de compression. Les sédiments qui se déposaient auparavant horizontalement sont maintenant courbés et comprimés.

Cette déformation tectonique a conduit à la formation d'anticlinaux et de synclinaux dans la région, qui sont des structures en forme de montagnes ou de vallées résultant de la compression.

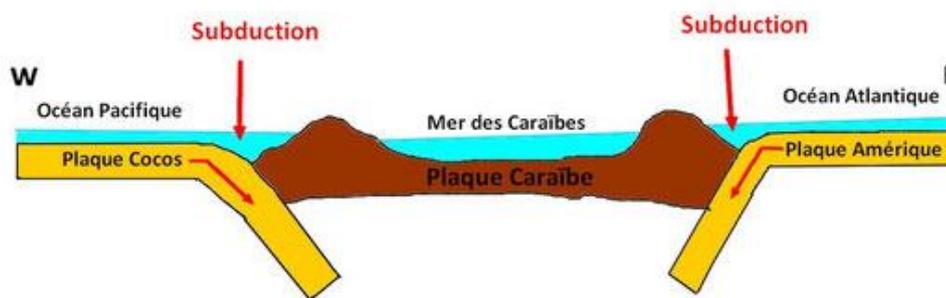
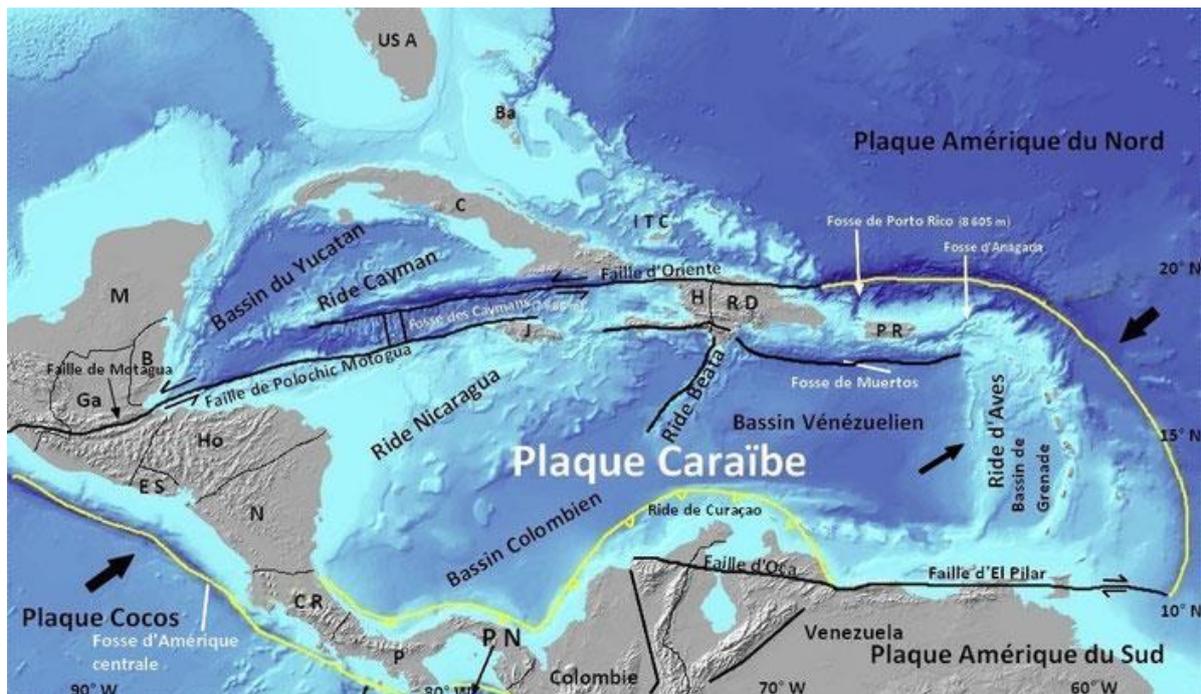


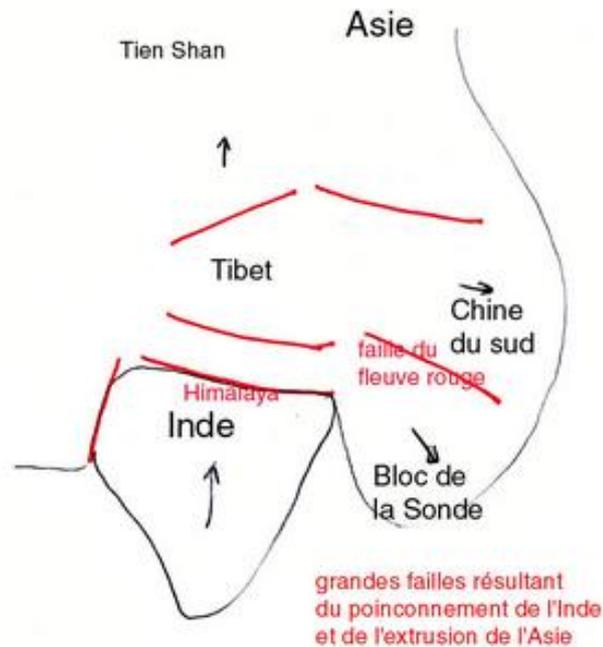
Figure : Représentation schématique de la double subduction de la plaque Caraïbe

c. Zones de collision (Collision continentale)

La collision de deux plaques continentales peut entraîner la formation de montagnes et la déformation des couches géologiques. Ce type de processus est essentiel pour la compréhension de la tectonostratigraphie, car il combine des déformations tectoniques (compression) et des changements dans les dépôts sédimentaires au fil du temps.

Exemple : L'Himalaya et le bassin du Tien Shan.

- La collision entre la plaque indienne et la plaque eurasienne a provoqué l'élévation des montagnes de l'Himalaya. Cette collision a affecté les dépôts sédimentaires dans la région, produisant des strates qui ont été fortement déformées et plissées.
- L'analyse tectonostratigraphique de ces zones permet de comprendre comment les dépôts anciens ont été contraints par les forces de compression et ont formé des structures géologiques complexes. Par exemple, des formations sédimentaires anciennes, comme des roches métamorphiques et des grès, se retrouvent désormais dans des plis géants.



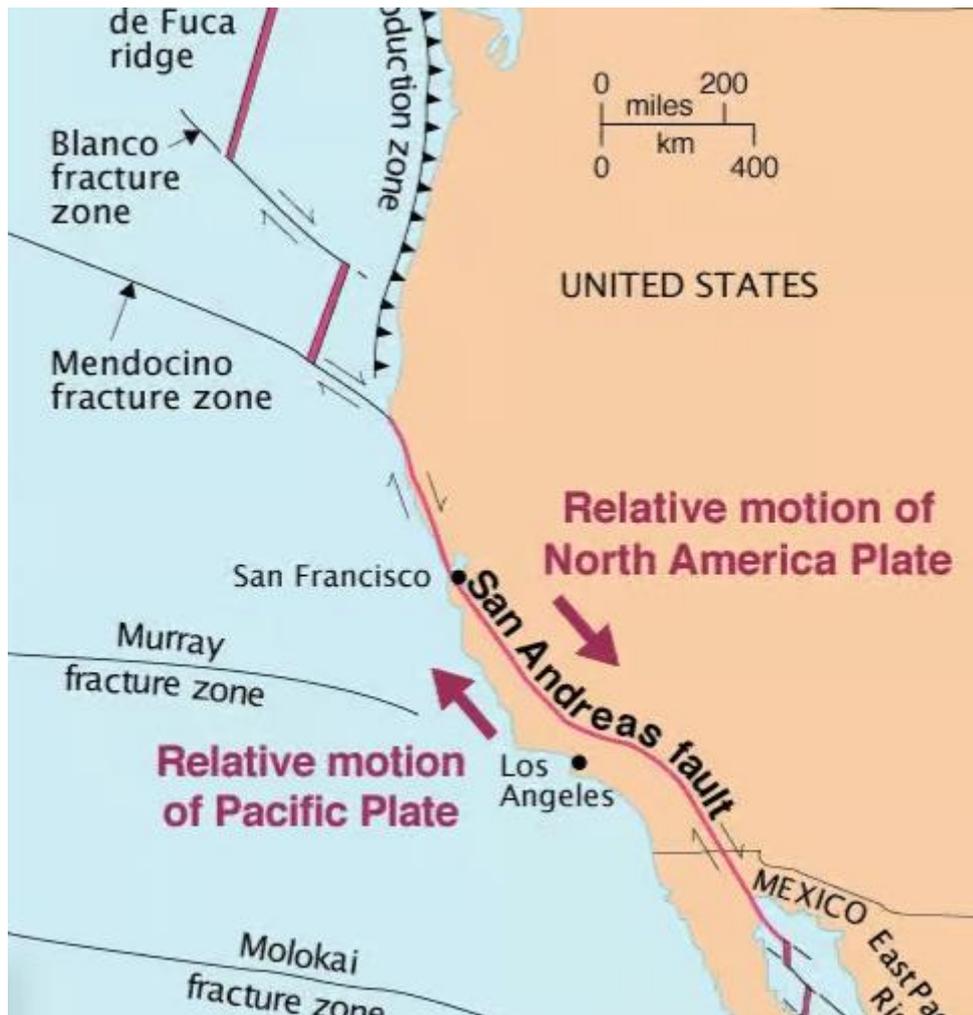
La collision a provoqué un bombement de la lithosphère et une remontée de l'asthénosphère. Il en a résulté une distension crustale et la formation de rift continentaux passifs (conséquences d'une compression et non d'une dissociation). Cette extrusion de l'Indochine suite à la collision de l'Inde a été confirmée par des mesures paléomagnétiques.

d. Déformation liée aux failles (Mouvements horizontaux et verticaux)

Les failles (comme les failles normales, inverses et transformantes) sont des structures importantes pour comprendre l'histoire tectonique d'une région. Elles sont le résultat de forces compressives, extensives ou de cisaillement, qui déplacent les couches géologiques.

Exemple : La faille de San Andreas (Californie, USA).

- La faille de San Andreas est une faille transformante où les plaques pacifique et nord-américaine glissent horizontalement l'une par rapport à l'autre.
- Cette activité a déformé les strates géologiques au fil du temps, créant une série de discontinuités dans les couches de roches et produisant des structures géologiques particulières.
- Les recherches tectonostratigraphiques dans cette zone montrent comment les dépôts sédimentaires ont été déplacés et fracturés à cause des mouvements de la faille, ce qui a affecté la stratigraphie de la région.



3. Importance de la Tectonostratigraphie dans la géologie appliquée

La tectonostratigraphie est utilisée pour résoudre de nombreux problèmes géologiques pratiques, notamment dans l'exploration des ressources naturelles telles que le pétrole, le gaz et les minéraux. Voici quelques exemples d'applications concrètes :

- **Exploration pétrolière et gazière** : La compréhension de l'évolution des bassins sédimentaires sous l'influence des processus tectoniques aide à localiser des réservoirs d'hydrocarbures. Par exemple, dans les bassins de rift ou les zones de subduction, les déformations tectoniques peuvent piéger des hydrocarbures sous des structures comme des anticlinaux ou des failles.
- **Évaluation des risques sismiques** : L'étude des failles et des mouvements tectoniques dans des zones actives, comme la faille de San Andreas, permet d'évaluer les risques de séismes et d'anticiper les impacts sur les infrastructures.

Principaux Processus Géologiques Liés à la Tectonostratigraphie

Les principaux processus géologiques liés à la tectonostratigraphie incluent les suivants :

1. Subsidence et Levée de la Croûte

- **Subsidence** : C'est le processus par lequel une région de la croûte terrestre s'enfonce sous l'effet de forces tectoniques. La subsidence crée des dépressions où les sédiments peuvent s'accumuler pour former des formations stratigraphiques. Ce processus est typiquement associé aux bassins sédimentaires, tels que les fosses océaniques et les bassins continentaux.
- **Levée** : À l'inverse, la levée est le soulèvement d'une région de la croûte terrestre en réponse à des forces tectoniques compressives ou extensives. La levée peut entraîner l'érosion et la création de nouvelles surfaces terrestres.

2. Plissement

- Le **plissement** est une déformation ductile des couches de roches qui se produit sous l'effet de forces tectoniques comprimant la croûte terrestre. Il peut donner naissance à des structures géologiques telles que des anticlinaux (plis convexe) et des synclinaux (plis concaves). Ces plissements influencent l'agencement des couches stratigraphiques et peuvent jouer un rôle majeur dans la distribution et la préservation des ressources minérales et énergétiques.

3. Extension et Compression

- L'extension (divergence des plaques) et la compression (convergence des plaques) sont des processus fondamentaux de la tectonique des plaques qui modifient la structure de la croûte terrestre. L'extension mène à la formation de bassins d'effondrement (ex. fosses océaniques), tandis que la compression peut engendrer des chaînes de montagnes et des plis. Ces processus affectent la distribution des roches sédimentaires et la manière dont elles sont stratifiées.

4. Subduction et Métamorphisme

- **Subduction** : Ce processus se produit lorsqu'une plaque tectonique océanique dense plonge sous une plaque plus légère, souvent continentale. Cela entraîne des cycles de déformation et de métamorphisme qui modifient les formations géologiques dans les zones de subduction. Le métamorphisme généré dans ces environnements peut être directement lié aux conditions de pression et de température associées à la subduction.
- Les zones de subduction peuvent aussi entraîner la formation de chaînes volcaniques et de fosses océaniques, affectant les séries stratigraphiques.

5. Formation de Bassins Sédimentaires

- L'interaction entre les forces tectoniques et les processus de dépôt sédimentaire forme des bassins où des sédiments peuvent s'accumuler et former des couches géologiques. Ces bassins peuvent être liés à des processus d'extension, comme dans les fosses océaniques, ou à des processus de compression, comme dans les bassins intracontinentaux associés aux chaînes de montagnes.

6. Volcanisme et Accumulation de Laves

- Le volcanisme est souvent le résultat d'une activité tectonique, notamment à la marge des plaques convergentes ou divergentes. Les couches de lave déposées lors des éruptions volcaniques peuvent interagir avec les couches sédimentaires, créant des unités stratigraphiques distinctes qui sont souvent identifiées dans l'analyse tectonostratigraphique.

7. Rifting et Formation de Nouveaux Océans

- Le rifting est le processus par lequel une plaque continentale se divise sous l'effet de forces d'extension, créant un bassin où de nouvelles roches océaniques peuvent se former, comme dans les dorsales océaniques. Ce processus est directement lié à la tectonique des plaques et a un impact majeur sur la distribution des couches géologiques dans les zones de rifting.

Quelques Méthodes d'Étude en Tectonostratigraphie :

Voici quelques méthodes clés utilisées pour étudier cette discipline :

- Sismique Réflexion :

Utilisation d'ondes sismiques réfléchies pour cartographier la structure des couches géologiques et identifier les déformations tectoniques.

- Sismique Réfraction :

Mesure des temps de propagation des ondes sismiques pour déterminer les propriétés des couches sédimentaires et rocheuses.

- Gravimétrie :

Mesure des variations de la force gravitationnelle pour cartographier les variations de densité des matériaux sous la surface.

- Magnétométrie :

Mesure des variations du champ magnétique terrestre pour détecter les variations dans la composition des roches.

Techniques de Forage et d'Échantillonnage:

- Forage Direct :

Utilisation de foreuses pour recueillir des échantillons de roches directement du sous-sol.

- Carottiers :

Utilisation de carottes de forage pour prélever des échantillons de sédiments, permettant une analyse détaillée des couches.

- Échantillonnage de Sédiments Marins :

Utilisation de carottes sédimentaires pour étudier l'histoire sédimentaire des fonds marins.

- Échantillonnage de Carrières :

Prélèvement d'échantillons dans des carrières pour étudier des formations géologiques exposées.

- **Échantillonnage de Surface :**

Collecte d'échantillons de roches à partir de la surface pour une analyse géochimique.

- **Échantillonnage de Subsurface :**

Utilisation de méthodes géophysiques pour guider les emplacements de forage dans des zones spécifiques.

- **Datation Radiométrique :**

Utilisation de méthodes radiométriques pour déterminer l'âge des échantillons.

- **Analyse des Fossiles :**

Étude des fossiles présents dans les couches pour aider à dater et à interpréter les séquences.

Quelques domaines d'application de la tectonostratigraphie :

Voici quelques domaines d'application de la tectonostratigraphie :

1. **Étude des bassins sédimentaires :** La tectonostratigraphie permet de reconstituer l'évolution des bassins sédimentaires en fonction des mouvements tectoniques (extension, compression, subduction, etc.). Cela aide à mieux comprendre la dynamique géologique et à prédire les zones susceptibles de receler des ressources naturelles comme le pétrole, le gaz, ou les minéraux.
2. **Prospection pétrolière et gazière :** En analysant la relation entre la tectonique et les couches sédimentaires, la tectonostratigraphie est essentielle pour localiser les réservoirs de pétrole et de gaz. Elle permet de mieux comprendre les conditions de formation et de piège des hydrocarbures dans les bassins.
3. **Analyse des zones de subduction et de collision :** La tectonostratigraphie aide à l'étude des zones de subduction et de collision, en identifiant les structures de déformation liées à ces processus (plis, failles, etc.). Cela permet de mieux comprendre la formation des chaînes de montagnes et des arcs insulaires.
4. **Reconstruction paléogéographique :** Grâce à l'étude des couches sédimentaires et des déformations tectoniques, la tectonostratigraphie permet de reconstruire l'évolution des anciens environnements géographiques, en suivant les mouvements des plaques tectoniques à travers le temps.
5. **Séismologie et gestion des risques :** La tectonostratigraphie peut être utilisée pour mieux comprendre les zones à risque sismique en analysant les déformations tectoniques dans les strates géologiques. Cela est crucial pour la gestion des risques liés aux tremblements de terre.
6. **Études des failles et des zones de cisaillement :** Elle permet d'étudier la formation et l'évolution des failles et des zones de cisaillement, éléments clés dans la compréhension des mouvements relatifs des plaques tectoniques et de leur influence sur les environnements géologiques.
7. **Études de l'impact des mouvements tectoniques sur le climat et les écosystèmes :** En analysant l'histoire tectonique d'une région et son influence sur les bassins sédimentaires, la tectonostratigraphie permet d'étudier les impacts de ces mouvements sur le climat et les changements environnementaux à travers le temps.

