

Analyse des difficultés des élèves de la 1^{ère} année du baccalauréat marocain dans la réalisation des coupes géologiques et propositions de remédiation

Aziz Rmich

Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Lycée Mohamed Zerkouni, Agadir. Ministère de l'Education Nationale, Maroc

Mohamed Benbrahim

Département des sciences de la vie et de la Terre, Centre régional d'éducation et de formation, CRMEF Souss-Massa, Inzegane, Maroc

Approved: 11 March 2026

Posted: 13 March 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Rmich, A. & Benbrahim, M. (2026). *Analyse des difficultés des élèves de la 1^{ère} année du baccalauréat marocain dans la réalisation des coupes géologiques et propositions de remédiation*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.3.2026.p386>

Résumé

La coupe géologique constitue un outil fondamental en sciences de la Terre, permettant de représenter l'organisation des couches et de reconstituer l'histoire géologique d'une région. Malgré son importance dans les programmes de sciences de la Vie et de la Terre (SVT) au lycée marocain, sa réalisation demeure une tâche complexe pour les élèves. Plusieurs travaux en didactique des sciences ont montré que les difficultés liées à la modélisation spatiale et à l'interprétation des représentations géologiques constituent des obstacles majeurs à l'apprentissage (Orange, 2003 ; Pasco & Séré, 2009).

Le présent travail vise à analyser les difficultés rencontrées par les élèves de 1^{ère} année du baccalauréat marocain lors de la réalisation de coupes géologiques à partir de cartes géologiques simplifiées. L'étude repose sur l'examen qualitatif des travaux produits par 30 élèves. L'analyse des productions d'élèves a permis de mettre en évidence différentes catégories de difficultés : conceptuelles, méthodologiques et graphiques. Les résultats montrent que la principale difficulté concerne le passage de la représentation bidimensionnelle de la carte à la représentation tridimensionnelle de la coupe (90 % des élèves). D'autres difficultés significatives sont également observées, notamment la projection incorrecte des affleurements (85 %) et le

non-respect de la continuité des couches (65 %). Par ailleurs, plusieurs problèmes graphiques apparaissent, tels que l'utilisation inadéquate des symboles et des couleurs ou l'absence de légende. Sur la base de ces constats, des solutions pédagogiques et didactiques sont proposées afin d'améliorer l'apprentissage de cet outil.

Mots clés : Coupe géologique ; Difficultés d'apprentissage ; Visualisation spatiale ; TICE ; Sorties de terrain ; Cycle secondaire

Analysis of the difficulties by 1st year baccalaureate students Moroccan in creating geological cross-sections and proposals for remediation

Aziz Rmich

Department of Life and Earth Sciences, High School Mohamed Zerkouni
Ministry of National Education, Preschool and Sports, Agadir, Morocco

Mohamed Benbrahim

Department of Life and Earth Sciences, Regional Centre for Education and
Training, CRMEF Souss-Massa, Inzegane, Morocco

Abstract

The geological cross-section is a fundamental tool in Earth sciences, as it enables the representation of subsurface organization and the reconstruction of the geological history of a region. Despite its importance in the Moroccan upper secondary Life and Earth Sciences (LES) curriculum, constructing a geological cross-section remains a complex task for students. Several studies in science education have shown that difficulties related to spatial modeling and the interpretation of geological representations constitute major obstacles to learning (Orange, 2003; Pasco & Séré, 2009).

This study aims to analyze the difficulties encountered by first-year Moroccan baccalaureate students when constructing geological cross-sections from simplified geological maps. The study is based on a qualitative examination of the work produced by 30 students. The analysis of students' productions revealed several categories of difficulties: conceptual, methodological, and graphical. The results show that the main difficulty concerns the transition from the two-dimensional representation of the map to the three-dimensional representation of the cross-section (90% of students). Other significant difficulties were also observed, particularly the incorrect projection of outcrops (85%) and the failure to respect the continuity of layers (65%). In addition, several graphical problems were

identified, such as the inappropriate use of symbols and colors or the absence of a legend. Based on these findings, pedagogical and didactic solutions are proposed to improve the learning of this tool.

Keywords: Geological cross-section; Learning difficulties; Spatial visualization; TICE; Fieldwork; Secondary Education

Introduction

La coupe géologique est un outil central en géologie, permettant de visualiser en deux dimensions l'organisation tridimensionnelle des formations géologiques et des structures tectoniques du sous-sol (Foucault & Raoult, 2010). Elle joue un rôle essentiel dans la compréhension de la chronologie relative, de la géométrie des couches et de l'évolution géodynamique des régions étudiées.

Dans les programmes de sciences de la Vie et de la Terre de la 1^{ère} année du baccalauréat marocain, la réalisation d'une coupe géologique constitue une compétence fondamentale à acquérir (Ministère de l'Éducation nationale, Maroc, 2019). Cependant, de nombreuses recherches en didactique des sciences montrent que les élèves éprouvent des difficultés persistantes dans la construction et l'interprétation de ce type de représentation (Pasco & Séré, 2009).

Selon Astolfi (1997), l'erreur de l'élève n'est pas un simple échec, mais un indicateur précieux des obstacles conceptuels rencontrés lors de l'apprentissage. Dans cette perspective, l'analyse des productions d'élèves permet d'identifier les difficultés récurrentes et de proposer des stratégies de remédiation adaptées. Le présent travail s'inscrit dans cette approche, en analysant les coupes géologiques réalisées par des élèves marocains de 1^{ère} année du baccalauréat.

2. Problématique et Objectifs

La réalisation d'une coupe géologique constitue une compétence essentielle dans les programmes de sciences de la Vie et de la Terre de la 1^{ère} année du baccalauréat marocain (Ministère de l'Éducation nationale, 2019). Cependant, l'expérience de classe et les recherches en didactique des sciences montrent que cette activité est souvent source de difficultés pour les élèves (Pasco & Séré, 2009 ; Orange, 2003).

Ces difficultés concernent la compréhension des relations spatiales entre les formations géologiques, la maîtrise des concepts de chronologie relative et la représentation correcte des structures géologiques dans une coupe. Elles limitent l'efficacité de l'enseignement et empêchent les élèves d'acquérir une compétence clé en SVT.

L'objectif principal de cette étude est d'analyser les difficultés rencontrées par les élèves lors de la réalisation des coupes géologiques et de proposer des solutions pédagogiques adaptées. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Identifier les principales difficultés conceptuelles, méthodologiques et graphiques observés dans les coupes réalisées par les élèves.
- Quantifier ces difficultés en utilisant des pourcentages d'élèves concernés.
- Proposer des stratégies didactiques et pédagogiques pour améliorer la maîtrise de la coupe géologique au secondaire.
- Valoriser l'usage des coupes géologiques comme outil pédagogique et d'apprentissage des compétences spatiales.

3. Synthèse des travaux antérieurs

Les recherches indiquent que les élèves rencontrent diverses difficultés dans la réalisation des coupes géologiques. Sur le plan conceptuel, ils éprouvent des difficultés à passer d'une représentation cartographique bidimensionnelle à une coupe tridimensionnelle, ce qui peut entraîner des inversions de couches ou une mauvaise interprétation des contacts lithologiques (Astolfi, 1997 ; Orange, 2003). La confusion entre superposition et chronologie relative est également fréquente (Pasco & Séré, 2009). D'un point de vue méthodologique, les élèves peinent à adopter une démarche rigoureuse, notamment dans le choix de la ligne de coupe, la continuité des couches et la projection des affleurements (De Vecchi & Giordan, 2002 ; Reynard & Coratza, 2013). Enfin, sur le plan graphique, l'utilisation correcte des symboles, des couleurs et des échelles est souvent insuffisante, ce qui compromet la lisibilité et la qualité scientifique des coupes (Orange, 2003 ; Reynard & Coratza, 2013).

Les travaux consacrés à la didactique de la géologie au Maroc sont peu nombreux et moins développés que ceux portant sur l'enseignement d'autres matières (Kaid et al., 2017).

Les difficultés conceptuelles, méthodologiques et graphiques sont bien documentées, mais peu d'études se concentrent sur le contexte marocain avec les productions réelles d'élèves.

4. Méthodologie

Cette étude repose sur une analyse qualitative de coupes géologiques réalisées par des élèves de 1ère année du baccalauréat marocain (30 élèves) dans le cadre des activités pédagogiques en SVT. L'activité proposée consistait à réaliser une coupe géologique à partir d'une carte géologique simplifiée (Figure 1), conformément aux orientations pédagogiques officielles (Ministère de l'Éducation nationale, Maroc, 2019).

Les productions des élèves ont été recueillies après la séance d'apprentissage et analysées afin d'identifier les erreurs et difficultés récurrentes. L'analyse s'est appuyée sur une classification des difficultés selon trois catégories : conceptuelles, méthodologiques et graphiques, comme le recommandent plusieurs travaux en didactique de la géologie (Orange, 2003 ; Pasco & Séré, 2009; S'mouni et al., 2025). Les productions ont été exploitées dans le respect de l'anonymat des élèves.

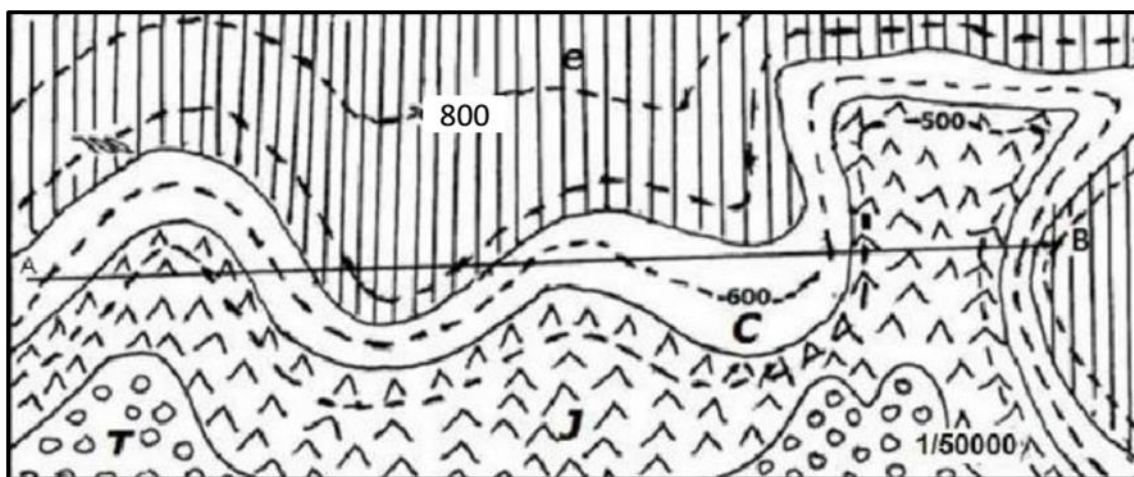


Figure 1 : La carte géologique utilisée dans l'étude

5. Résultats :

L'analyse des coupes géologiques réalisées par les élèves de 1ère année du baccalauréat marocain (Figure 2) met en évidence des difficultés variées, regroupées en trois grandes catégories (Tableau 1) : conceptuelles, méthodologiques et graphiques. Les pourcentages indiquent la proportion d'élèves concernés pour chaque type de difficulté.

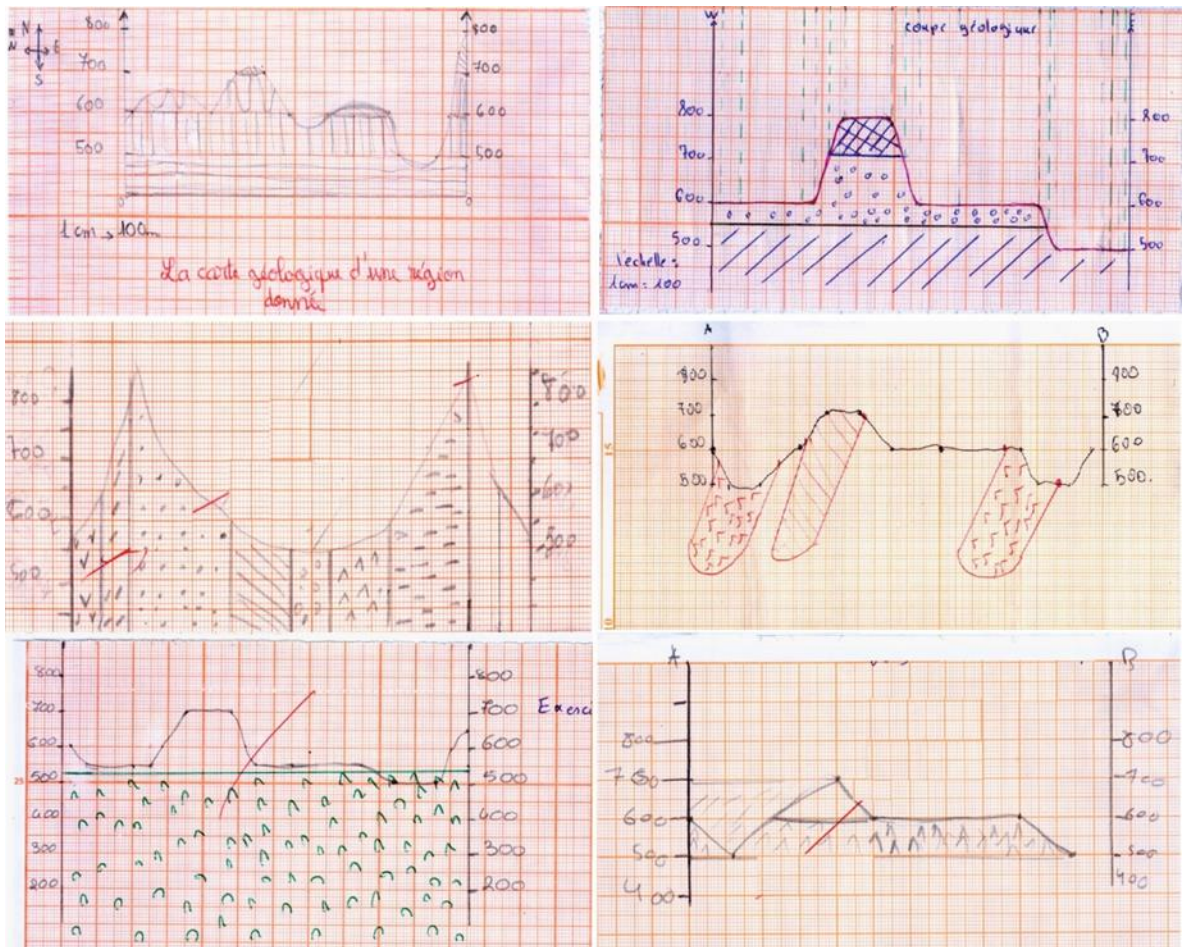


Figure 2 : Exemples de coupes géologiques réalisées par les élèves de classe

Tableau 1 : Pourcentage des élèves présentant chaque type de difficulté
(1ère année Bac, Maroc)

Catégories	Type de difficulté	% d'élèves concernés
Conceptuelle	Inversion de l'ordre des couches	10%
Conceptuelle	Confusion entre contacts et faille	40%
Conceptuelle	Difficulté à passer du 2D (carte) au 3D (coupe)	90%
Méthodologique	Continuité des couches non respectée	65%
Méthodologique	Projection incorrecte de l'affleurements	85%
Graphique	Echelle verticale ou horizontale incorrecte	65%
Graphique	Légende absente ou incorrecte	88%
Graphique	Symboles ou couleurs mal utilisés	92%

6. Discussion des résultats et propositions de remédiation :

Les résultats de l'étude montrent que les élèves rencontrent des difficultés importantes dans la réalisation des coupes géologiques, touchant la visualisation spatiale, la méthodologie et la rigueur graphique. La

difficulté la plus marquée concerne le passage du 2D au 3D, affectant 90 % des élèves, ce qui traduit un déficit dans la visualisation des structures géologiques et la compréhension des relations entre couches. Cette problématique est bien documentée en didactique des géosciences, car les élèves ont souvent du mal à interpréter des cartes géologiques bidimensionnelles et à extrapoler ces données en trois dimensions (Whitmeyer, Mogk & Chambers, 2009). Les confusions entre contacts et failles (40 %) et l'inversion de l'ordre des couches (10 %) indiquent également un déficit conceptuel dans la maîtrise des principes stratigraphiques. Par ailleurs, le déficit horaire consacré à l'enseignement de la géologie semble accentuer les lacunes conceptuelles des élèves. Une analyse comparative du volume horaire des unités de biologie et de géologie au secondaire qualifiant au Maroc (document officiel, 2007) met en évidence un déséquilibre significatif selon les niveaux scolaires (Tableau 2).

En première année du baccalauréat, option Sciences Expérimentales, la biologie comprend trois unités totalisant 102 heures sur un total de 136 heures consacrées aux sciences ($\approx 75\%$), tandis que la géologie se limite à une seule unité de 34 heures ($\approx 25\%$), programmée au début du premier semestre. En deuxième année, option SVT, la biologie représente cinq unités pour un volume horaire total de 170 heures sur 204 heures totales ($\approx 83\%$), alors que la géologie conserve une seule unité de 34 heures ($\approx 17\%$), programmée en fin d'année.

Pour le tronc commun, l'unité « Eau, source de vie » comprend quatre chapitres totalisant 17 heures, dont seulement 3 heures sont consacrées à l'hydrologie et à l'hydrogéologie ($\approx 18\%$). Cette répartition montre clairement que la biologie occupe la majeure partie du temps d'enseignement à tous les niveaux, tandis que la géologie reste fortement marginalisée, ce qui peut limiter l'acquisition des compétences géologiques par les élèves.

Tableau 2 : Disparité du volume horaire entre les disciplines biologiques et géologiques au secondaire qualifiant

Niveau Scolaire	Volume Horaire Biologie	Volume Horaire Géologie	Ratio (Bio : Géo)
Tronc Commun	Prédominant	~3 heures (Hydrologie)	Très élevé
1ère Année Bac (Sc. Exp.)	102 heures (3 unités)	34 heures (1 unité)	3 : 1
2ème Année Bac (Option SVT)	170 heures (5 unités)	34 heures (1 unité)	5 : 1

Pour remédier à ces difficultés conceptuelles, l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE), telles que les logiciels de visualisation 3D et les plateformes interactives comme Géosciences3D ou sketchfab.com (figure 3), apparaît particulièrement efficace, car elle permet aux élèves de manipuler virtuellement les structures et d'explorer différentes perspectives, renforçant ainsi la compréhension spatiale (ENS Lyon, 2019). De plus, les sorties de

terrain sont essentielles pour observer directement les affleurements et les structures géologiques, ce qui permet de relier les connaissances théoriques aux phénomènes concrets et d'ancrer durablement les compétences spatiales et conceptuelles (MDPI, 2023). Le cheminement cognitif de l'élève, depuis la lecture de la carte jusqu'à la réalisation de la coupe, reposant sur l'articulation entre visualisation numérique et observation réelle, est synthétisé dans la Figure 4.

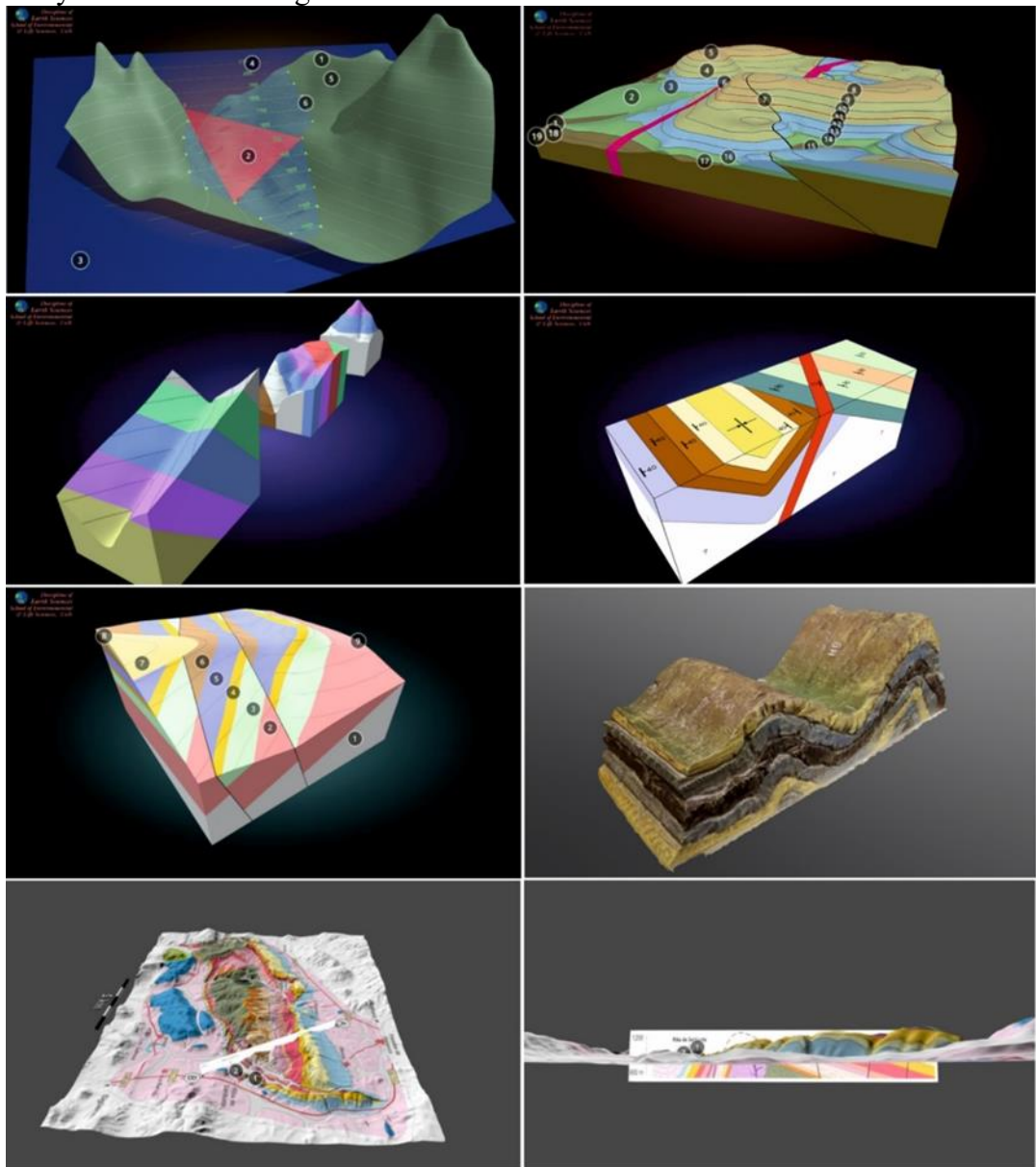


Figure 3 : Modèle 3D des structures géologiques par l'utilisation de la plate forme sketchfab.com

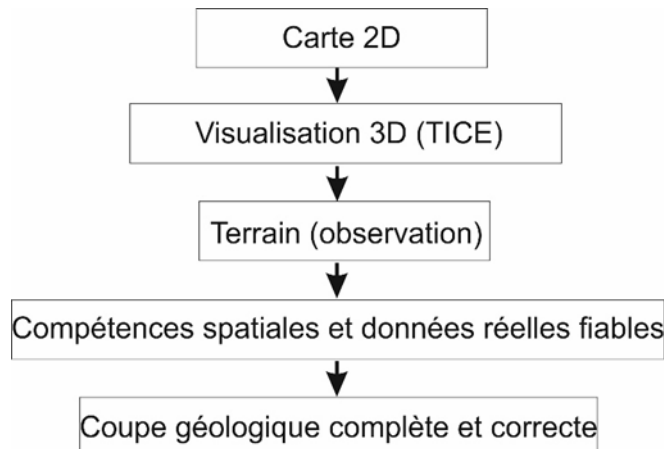


Figure 4 : Parcours d'apprentissage de la coupe géologique

Les difficultés méthodologiques, concernant la continuité des couches et la projection des affleurements (65–85 % des élèves), révèlent que de nombreux étudiants n'appliquent pas correctement les règles de construction d'une coupe à partir des données observées. L'intégration des TICE, par le biais de modèles numériques 3D interactifs ou de visites virtuelles, permet de simuler des contextes variés et d'analyser les relations géométriques complexes avant la réalisation effective d'une coupe (Virtual Geology, 2023). Parallèlement, les sorties de terrain, accompagnées de l'utilisation d'applications mobiles pour collecter les données (photos, coordonnées GPS, mesures d'orientation), fournissent un cadre structuré pour organiser les observations et reporter correctement les affleurements sur la coupe finale.

Enfin, les difficultés graphiques sont très fréquentes, affectant l'échelle, la légende et l'utilisation des symboles (65–92 %), ce qui nuit à la lisibilité et à la précision scientifique des coupes. L'usage de logiciels de dessin géologique assisté par ordinateur et d'outils numériques interactifs permet de respecter les normes graphiques, d'appliquer un code couleur standard et d'insérer correctement les légendes et symboles (Fang, Li & Fan, 2025). La pratique de croquis annotés sur le terrain complète ces outils numériques en reliant l'observation directe à la représentation graphique. En combinant ces approches, il est possible d'améliorer de manière significative les performances des élèves, en renforçant simultanément leur compréhension conceptuelle, leur rigueur méthodologique et leur capacité à produire des coupes graphiquement correctes. L'intégration des TICE et des sorties de terrain constitue donc une stratégie pédagogique complémentaire, favorisant à la fois l'engagement des étudiants, le développement de compétences spatiales et la maîtrise des conventions graphiques indispensables à la réalisation de coupes géologiques de qualité (Whitmeyer,

Mogk & Chambers, 2009; Elmgouz, 2021; Chmanti-Houariens, 2019; Vauzelle, 1991; Lyon, 2019; MDPI, 2023; Virtual Geology, 2023).

Conclusion

La discussion des résultats met en évidence que les difficultés rencontrées par les élèves dans la réalisation des coupes géologiques relèvent à la fois de contraintes cognitives, méthodologiques et conceptuelles. La forte proportion d'élèves concernés par le passage du plan bidimensionnel à la représentation tridimensionnelle du sous-sol confirme que la visualisation spatiale constitue un obstacle majeur à l'apprentissage de la géologie structurale. Ces difficultés se traduisent par des erreurs récurrentes dans l'interprétation des structures, notamment la confusion entre contacts lithologiques et failles ainsi que le non-respect de l'ordre stratigraphique.

Les résultats obtenus s'inscrivent en cohérence avec les travaux antérieurs en didactique des géosciences, qui soulignent le rôle central des compétences spatiales dans la compréhension des phénomènes géologiques. Ils montrent également que les approches pédagogiques traditionnelles, centrées principalement sur des supports bidimensionnels, demeurent insuffisantes pour dépasser ces obstacles. À cet égard, l'intégration des outils numériques de visualisation 3D, combinée à des sorties de terrain, apparaît comme une stratégie didactique pertinente pour renforcer la construction des concepts géologiques et améliorer la maîtrise des coupes.

Ainsi, la complémentarité entre modélisation numérique interactive et observation directe du terrain favorise un apprentissage plus intégré, permettant aux élèves de mieux articuler les données cartographiques, les structures observées et leur représentation en coupe. Ces constats plaident en faveur d'une évolution des pratiques pédagogiques en géologie au secondaire, orientée vers des dispositifs didactiques hybrides, capables de soutenir efficacement le développement des compétences spatiales et graphiques des élèves.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Astolfi, J.-P. (1997). L'erreur, un outil pour enseigner. ESF, Paris.

2. Chmanti-Houari, I. (2019). Enseignement/apprentissage de la géologie face aux obstacles de mobilisation d'espace et du temps : cas des fossiles, de la fossilisation et des gisements fossilifères. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Dhar El Mehrez, Fés, Maroc.
3. De Vecchi, G., & Giordan, A. (2002). L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ? Delagrave.
4. ENS Lyon. (2019). Géosciences3D: ressources pédagogiques pour la visualisation tridimensionnelle en géologie. https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ressources-pedagogiques/notice/view/2019_Lyon1_geosciences3D
5. Elmgouz, O. (2021). Intégrer les TICE aux stratégies d'enseignement et d'apprentissage du FLE en vue de développer les compétences communicatives des étudiants libyens. Compréhension orale, production orale (Doctoral dissertation, Université de Pau et des Pays de l'Adour).
6. Foucault, A., & Raoult, J.-F. (2010). Dictionnaire de géologie. Dunod.
7. Kaid rassou, K., Khiri, F., Benbrahim., M., Tamraoui, Y., Elberrani, H., Anfour, M. (2017). Difficultés Relatives A L'enseignement-Apprentissage de La Géologie En Classes Secondaires Qualifiantes Cas De La Délégation d'Inzegane Ait Melloul. European Scientific Journal, Vol.13, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431. doi:10.19044/esj.2017.v13n18p294
8. Fang, Y., Li, Y., Fan, Y. (2025). Enhanced education on geology by 3D interactive virtual geological scenes. Computers & Education: X Reality 6 (2025) 100094 <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2025.100094>
9. MDPI. (2023). Fieldwork in Geoscience Education: Enhancing Conceptual Understanding. Geosciences, 13(4), 96. <https://www.mdpi.com/2076-3263/13/4/96>.
10. Ministère de l'Éducation nationale (Maroc). (2019). Programmes et orientations pédagogiques des SVT – Lycée.
11. Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle, Direction des curricula. Programmes et orientations pédagogiques générales relatives au cycle de l'enseignement secondaire qualifiant au Maroc. Juillet (2007), Pages 16-23-27-33-39
12. Orange, C. (2003). Problèmes et modélisation en sciences de la Terre. Aster, 37, 23–45.
13. Pasco, D., & Séré, M.-G. (2009). Difficultés des élèves en géologie : analyse didactique. Revue française de pédagogie, 169, 59–72.
14. S'mouni, S., Maziane, B., Hamdani, A., Benjelloun, I., Nachit, B. (2025). Challenges and Obstacles Encountered in the Teaching and Learning of Earth Science in Moroccan Secondary Education:

- Teachers' Perspectives: *International Journal*, 16, e2025262.
<https://doi.org/10.22521/edupij.2025.16.262>
15. Reynard, E., & Coratza, P. (2013). Enseigner les formes et structures géologiques. *Géomorphologie*, 19(3), 247–260.
 16. Virtual Geology. (2023). Digital Outcrop Models for Teaching Structural Geology. <https://virtualgeology.u-bourgogne.fr>
 17. Vauzelle, M. (1991). L'utilisation pédagogique des images spatiales dans l'enseignement secondaire. *Bulletin de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*, (63), 143-157.
 18. Whitmeyer, S. J., Mogk, D. W., & Chambers, M. (2009). The role of visualization in learning geoscience. *Journal of Geoscience Education*, 57(1), 1–8.