

Intérêt de la cartographie conceptuelle en formation initiale de médecine dentaire

The value of concept mapping in initial dental education

Asmaâ SADKI^{1,2,*}, Mariane FRENAY^{3,4}, Gaëtane LELOUP^{2,5}, Séverine MATEU-RAMIS^{2,5}, Dominique VANPEE^{1,2}, et Jean-François DENEFF^{2,†}

¹ Institut de recherche santé et société (IRSS), Université catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique

² Faculté de médecine et de médecine dentaire, Université catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique

³ Institut de recherche en sciences psychologiques, Université catholique de Louvain, Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgique

⁴ Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université catholique de Louvain, Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgique

⁵ Institut de médecine dentaire et de stomatologie (IMDS), Université catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique

Manuscrit reçu le 18 juin 2021 ; commentaires éditoriaux formulés aux auteurs le 14 mars 2022 et le 30 mars 2023 ; accepté pour publication le 31 mars 2023

Résumé-Contexte : L'apprentissage à l'université est une activité complexe qui implique la mise en œuvre de stratégies d'apprentissage efficaces. Pour de meilleures performances académiques (PA), l'étudiant doit construire un savoir ancré dans une compréhension approfondie. La carte conceptuelle (CC) est un outil cognitif qui favorise l'apprentissage significatif et la compréhension approfondie. **But :** Examiner les effets de la participation à des ateliers visant à développer des CC, proposés à des étudiants de première année en médecine dentaire, sur la qualité d'une CC produite à l'examen ainsi que les liens avec les performances des étudiants à court et à moyen terme. **Méthodes :** Deux cohortes successives d'étudiants de première année en formation dentaire ($N = 110$) ont été suivies pour deux unités d'apprentissage (UE), UE₁ en année 1 (A₁) et UE₂ en année 2 (A₂). En A₁, des ateliers CC facultatifs furent proposés. Des PA ont été mesurées au travers des questions lors de l'évaluation finale (examen). Des régressions linéaires multiples en relation avec la participation aux ateliers et la qualité des CC ont été réalisées incluant d'autres variables explicatives. **Résultats :** Il y a effectivement un lien statistiquement significatif et positif entre la participation aux ateliers, la qualité des CC et les PA, mais d'autres variables interviennent également comme l'historique académique, la thématique et les performances antérieures en A₁. **Conclusion :** Les PA, à court et à moyen terme, sont globalement associées à la qualité de la CC. L'effet des ateliers sur les PA se manifeste à moyen terme.

Mots clés : carte conceptuelle, ateliers, performances académiques, taxonomie SOLO, régression linéaire multiple, enseignement dentaire

Abstract. Background: Learning in university is a complex activity that involves the implementation of effective learning strategies. To acquire greater academic performance (AP), the student must construct knowledge rooted in deep understanding. The concept map (CM) is a cognitive tool that promotes meaningful learning and deep understanding. **Aim:** To examine the effects of participation in workshops aimed at developing CMs, offered to 1st year dental students, on the quality of a CM produced for the examination as well as the links with students' performance in the short and medium term. **Methods:** Two successive cohorts of 1st-year dental students ($N = 110$) were followed for two teaching units (TU), TU₁ in year 1 (A₁) and TU₂ in year 2 (A₂). In A₁, optional CM workshops were offered. APs were measured through questions in the final assessment (exam). Multiple linear regressions about workshop participation and CM quality were performed including other explanatory variables. **Results:** There is indeed a statistically significant and positive relationship

*Correspondance et offprints : Asmaâ SADKI, Institut de recherche santé et société (IRSS), Clos Chapelle-aux-Champs 30/B1.30.13, B1200 Woluwe-Saint-Lambert, Belgique.

Mailto : asmaa.sadki@uclouvain.be.

† Auteur décédé.

between workshop participation, CM quality, and AP, but other variables are also involved, such as academic background, topic, and previous performance. **Conclusion:** APs, in the short and medium term, are globally associated with CM quality. The effect of the workshops on APs is apparent in the medium term.

Keywords: concept map, workshop, academic performance, SOLO taxonomy, multiple linear regression, dental education

Introduction

L'apprentissage dans l'enseignement supérieur est une activité complexe qui nécessite la mise en œuvre de stratégies d'apprentissage efficaces ciblant des habiletés cognitives spécifiques et différentes de celles de l'enseignement secondaire [1]. Ce nouvel environnement d'apprentissage est caractérisé par la complexité du savoir à acquérir, la charge de travail et les exigences académiques, ce qui requiert des stratégies d'étude plus adaptées [2]. Plusieurs études [3,4] ont prédit la réussite dans l'enseignement supérieur grâce à de nombreux facteurs (méta) cognitifs et personnels tels que les performances antérieures, les compétences d'étude, les stratégies d'autorégulation, les croyances motivationnelles et les stratégies d'apprentissage. L'étude de Stegers-Jager [5] a souligné l'importance du parcours antérieur des étudiants et des performances passées dans la prédiction de l'évolution future des performances académiques tout au long de la formation médicale.

Développée par Novak [6], inspirée de la psychologie cognitive et de la perspective constructiviste, la carte conceptuelle (CC) est une représentation à la fois figurative et propositionnelle des connaissances, composée de concepts reliés par des liens. Elle permet d'explicitier les connaissances et de les rendre visibles [7]. Grâce à cet outil cognitif, l'étudiant pourrait se rendre compte de la qualité de sa compréhension de concepts relativement complexes. Tardif [8] a décrit plusieurs formes de cartographie qui illustrent l'organisation des connaissances: la carte mentale (*mind map*), la carte cognitive (*cognitive map*), la carte de connaissances (*knowledge map*), la carte sémantique (*semantic map*), le réseau sémantique (*semantic network*) et la carte conceptuelle (*concept map*). Les quatre dernières dénominations sont souvent utilisées de manière indistincte. La figure 1 donne une vue générale qui met en évidence les principales caractéristiques de chaque forme en lien avec les composantes d'une CC. Celle-ci est particulièrement intéressante puisqu'elle permet de clarifier les connaissances implicites [9].

Contexte et problématique

Les études en formation dentaire exigent, en particulier, une rétention importante et intégrée des connaissances acquises visant des compétences professionnelles spécifiques [10]. Ainsi, engager les étudiants à adopter des stratégies efficaces est une composante essentielle dans le processus d'apprentissage [11]. La production d'une CC nécessite la maîtrise des concepts et une réflexion approfondie pour assurer les connexions pertinentes.

Cet effort cognitif dépasse l'apprentissage par cœur et facilite ainsi l'acquisition de connaissances. La visualisation des connaissances est un défi pour les étudiants et les enseignants. En tant que telle, la CC offre l'opportunité pédagogique d'explorer la partie invisible de l'apprentissage. Elle donne accès à l'organisation des connaissances et permet de les évaluer en donnant accès au schéma cognitif de l'étudiant. De ce fait, la qualité de l'organisation et de la transférabilité des connaissances construites sont des indicateurs puissants de l'apprentissage [12].

La taxonomie *Structure of the Observed Learning Outcomes* (SOLO) est un outil de classification qui permet de décrire la qualité de l'apprentissage. Initialement proposée par Biggs et Collis [13], SOLO rend compte d'une approche centrée sur l'apprentissage et fournit un outil pour évaluer et catégoriser les performances académiques. Elle permet d'observer le niveau de compréhension des apprenants selon la complexité des réponses données de ces derniers. Elle se définit en cinq niveaux :

- a. le niveau pré-structurel : la compréhension est absente, mais l'apprenant peut répéter par cœur. L'apprenant ne connaît que des parties isolées de l'apprentissage attendu. Le manque d'organisation du contenu et de ses applications caractérise clairement ce niveau taxonomique ;
- b. le niveau uni-structurel : la réponse de l'apprenant ne concerne qu'un seul aspect de l'apprentissage. Il peut répéter une procédure organisée toujours de la même manière ;
- c. le niveau multi-structurel : l'apprenant aborde plusieurs aspects d'une procédure sans les relier. Les faits sont connus mais ne sont pas structurés ;
- d. le niveau relationnel : les savoirs sont reliés entre eux. L'apprenant établit des liens entre les connaissances et peut analyser une situation. Il est donc capable d'expliquer ce qu'il comprend. Ainsi, l'apprenant explore plusieurs aspects de l'apprentissage ;
- e. le niveau étendu : l'apprenant comprend et peut transférer ses apprentissages dans d'autres contextes. Son apprentissage est global et intégré ; les connaissances sont bien structurées.

Bien que la CC ait récemment fait l'objet de nombreuses recherches et qu'il ait été montré qu'elle a un impact positif sur les performances académiques des étudiants [14,15], certains défis sont encore pointés par plusieurs études [16,17]. L'usage pédagogique de cet outil reste très varié et son impact est fortement lié à la façon de s'en servir : le manque d'alignement entre l'enseignement et l'intégration des CC dans le cadre de la démarche évaluative décourage les étudiants de se les approprier.

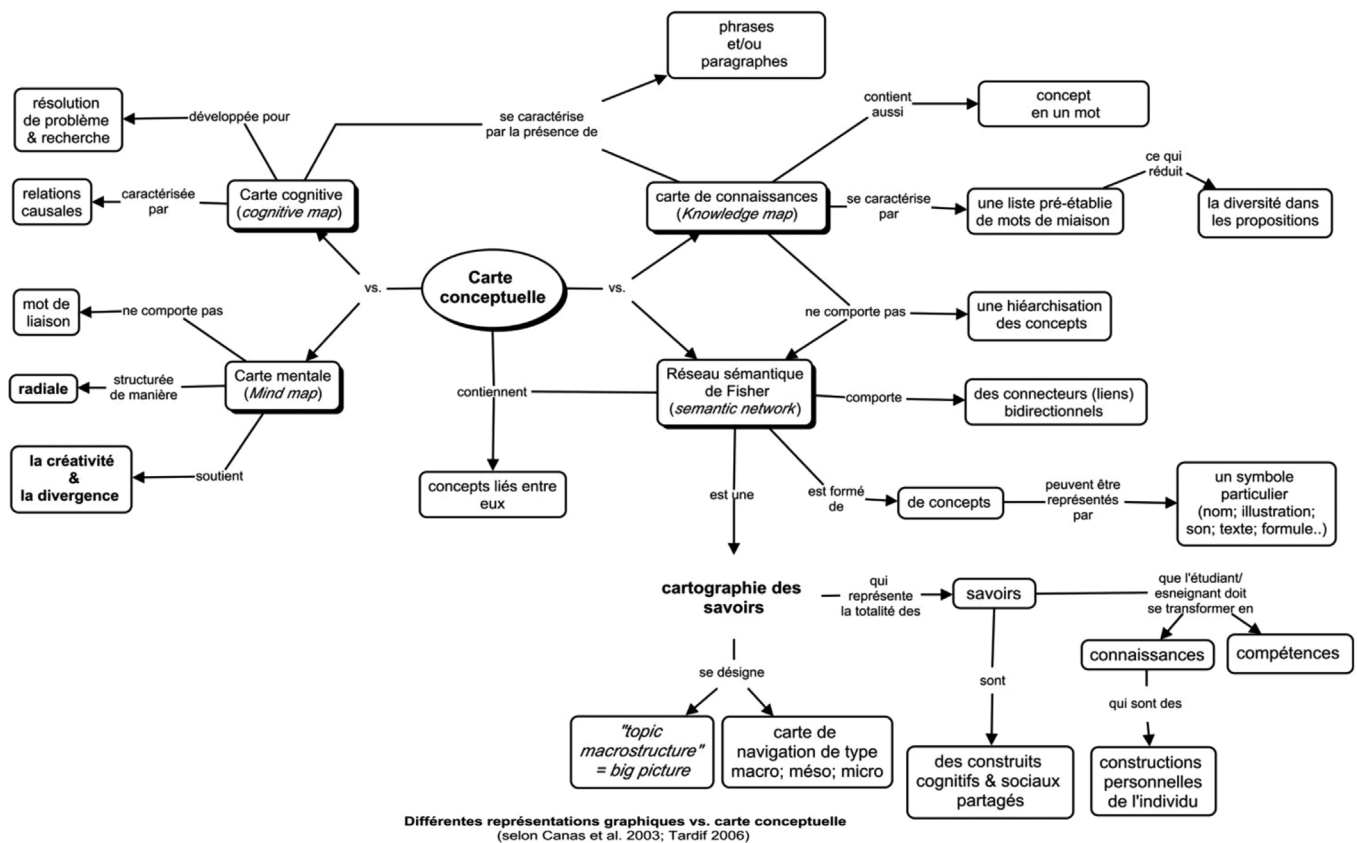


Fig. 1. Une représentation cartographique des différentes formes de cartographie (élaborée à partir de Tardif [8]).

De plus, Kinchin [18] souligne que les recherches portant sur la formation à l'élaboration de CC qui évaluent quantitativement la qualité d'une CC à l'aide de scores n'ont montré que des améliorations de score à court terme et qu'il y a très peu d'études sur les améliorations à moyen ou long terme. C'est dans ce contexte que nous avons développé cette étude.

Objectif

Dans le contexte de l'introduction de la cartographie conceptuelle en tant que dispositif pédagogique de soutien au développement d'habiletés cognitives dans le cadre d'une unité d'enseignement en première année du curriculum de formation initiale en médecine dentaire, tel qu'il est organisé à la faculté de médecine et de dentisterie de l'Université catholique de Louvain (Belgique), notre objectif principal était d'examiner les effets de la participation des étudiants à des ateliers visant à développer des CC sur la qualité d'une CC produite à l'examen, ainsi que les liens avec les performances académiques des étudiants à court et à moyen terme, identifiées au regard de la taxonomie SOLO.

Les questions de recherche examinées sont les suivantes :
les étudiants dont la CC est de meilleure qualité ont-ils de meilleures performances académiques à court et à moyen terme ?

La démarche générale de notre étude s'inscrit dans une perspective d'évaluation de dispositif pédagogique, en se fixant comme intention d'argumenter la pertinence et la cohérence du dispositif et des pratiques pédagogiques étudiées, sur la base d'une documentation de la convergence de certains effets du dispositif. Il ne s'agit donc pas d'une recherche évaluative visant à apporter une démonstration de liens de causalité entre les activités d'enseignement et d'apprentissage et leurs résultats.

Méthodes

Population cible et contexte éducatif

Notre étude a été menée à la faculté de médecine et de médecine dentaire de l'Université catholique de Louvain et a concerné deux cohortes successives d'étudiants (cohorte 1 : 2015–2016 ; cohorte 2 : 2016–2017 ; $n = 110$ étudiants dont 65,45 % de genre féminin) pour l'unité d'enseignement « Éléments de statistiques appliquées à l'épidémiologie » (UE₁) en première année 1 (A₁). Une mesure de transfert éloigné a été prise dans le cadre de l'unité d'enseignement de deuxième année (A₂) : « Matériaux dentaires : concepts et analyse critique » (UE₂), dont l'UE₁ est un prérequis. Tous les étudiants inscrits à l'UE₁ ont été éligibles pour participer à notre dispositif de manière volontaire. Par la suite, nous avons exclu de notre échantillon les étudiants qui n'ont pas présenté de CC à

l'examen et les étudiants qui n'ont pas présenté l'examen en A₁ ou en A₂, puisque cela ne permettait pas de mesurer nos variables de sortie. Les deux cohortes qui ont fait l'objet de cette étude ont eu un accès libre aux études de médecine et de dentisterie en première année. En revanche, pour s'inscrire au premier cycle de ces études, les étudiants devaient présenter l'attestation de la participation effective à un test obligatoire mais non contraignant. La sélection s'est effectuée en fin de première année.

Avant l'introduction de notre dispositif, l'enseignement en UE₁ se donnait sous forme d'exposés magistraux en amphithéâtre. Ce cours aborde deux thématiques. La première est une thématique clinique qui s'articule autour de deux chapitres : 1) la santé bucco-dentaire et 2) l'hygiène et la prévention dentaire. La seconde thématique vise des contenus théoriques à savoir : 1) la démarche scientifique et 2) les statistiques. Il est attendu que les étudiants devraient pouvoir utiliser à bon escient les notions de base en statistiques dans la lecture critique de la littérature dentaire scientifique, plus spécifiquement en lien avec les notions d'épidémiologie et de prévention dentaires, et se préparer à pouvoir les appliquer dans la prise de décision clinique ultérieure. En A₂, l'étudiant devrait être capable de développer un esprit critique et analytique pour un diagnostic rationalisé lors de l'analyse de données. Les résultats d'apprentissage visés sont ainsi des compétences de haut niveau.

Procédure de recherche

L'étude s'est déroulée en quatre phases. La phase 1 a débuté par une séance d'information sur notre étude et par une initiation à la méthode de construction d'une CC précisant comment lister les concepts importants autour d'un concept central et comment les organiser selon plusieurs niveaux hiérarchiques. Ensuite, en phase 2, nous avons proposé des ateliers optionnels (respectivement cinq et sept ateliers pour les cohortes 1 et 2). Le contenu-type de chaque atelier était constitué : 1) d'une introduction précisant les objectifs de l'atelier ; 2) de l'élaboration individuelle d'une CC sur un sujet du cours ; 3) d'une discussion et d'échanges en groupe menant à la production d'une CC collective et 4) d'un exercice faisant appel à la CC construite.

Les deux dernières phases correspondent aux prises de mesures des performances académiques (PA) des étudiants. Au cours de la phase 3 les PA ont été mesurées en lien avec l'épreuve finale de l'UE₁ en A₁ et avec la production d'une CC. Au cours de la phase 4 en A₂, le transfert éloigné des PA a été mesuré lors de l'examen de l'UE₂.

Recueil de données et mesure des variables

Nous avons eu trois moments de recueil de données.

Dans un premier temps, nous avons collecté, au début de l'UE₁, les caractéristiques des étudiants (genre, historique académique et résultats à la session qui a précédé l'UE₁, participation aux ateliers).

Ensuite, pendant l'examen de UE₁, nous avons mesuré les scores relatifs à la CC produite au moment de l'examen, caractérisant ainsi la qualité de la CC. Nous avons également mesuré les PA de base (PB) et celles de haut niveau (PH) relatives aux questions d'examen. Pour ce faire, nous avons utilisé la taxonomie SOLO pour qualifier les PA attendues. L'enseignant a catégorisé les questions des examens UE₁ et UE₂ selon leur degré de complexité et les objectifs visés en utilisant la taxonomie SOLO. Une question peut avoir un des cinq niveaux de complexité, allant de pré-structurel à abstrait étendu. Les trois premiers niveaux de cette taxonomie nous ont permis de classer certaines questions dans la catégorie des PB. Par contre, les questions les plus complexes, correspondant aux niveaux relationnels ou étendus de la taxonomie SOLO, nous ont permis de qualifier les performances visées qui sont les PH.

Le dernier moment de mesure s'est produit en A₂, ce qui nous a permis de collecter les résultats de l'UE₂ en distinguant de nouveau, selon la taxonomie SOLO, les PB et les PH en A₂. En somme, les PA des étudiants ont été mesurées en se basant sur les résultats obtenus lors de l'évaluation finale de l'UE₁ et de l'UE₂. Le [tableau I](#) illustre des exemples de questions d'examen et leur classification.

Pour l'UE₁, l'examen était composé de trois parties. Les questions de la première partie permettaient de mesurer des PB qui nécessitent la restitution, l'identification des règles, l'application d'une procédure ou le classement des connaissances ou encore le traitement de problèmes simples. La seconde partie permettait de mesurer les PH qui mobilisent un niveau plus complexe de compréhension et qui nécessitent des connexions entre les connaissances. La dernière partie concernait une production d'une CC, dont la thématique a varié pour les deux cohortes (cohorte 1 = thématique clinique, cohorte 2 = thématique théorique).

Les CC ont été analysées selon les éléments d'évaluation décrits dans le [tableau II](#) [19] et en se référant à des cartes de référence qui ont été établies par AS et révisées et validées par l'enseignant GL (disponible en tant que matériel éditorial complémentaire en ligne). La [figure 2](#) montre les différentes structures que nous avons rencontrées lors de l'analyse des CC. Pour la mesure de la qualité des CC, deux examinateurs ont corrigé séparément les copies, le score final attribué étant constitué par la moyenne des deux mesures. Pour mesurer la fidélité intra-examineur, les cartes ont été réévaluées et l'indice de concordance était de 86,1 %. La mesure de la fidélité inter-examineurs concernant la qualification de la « structure de la CC » a donné un taux de concordance de 91,2 %.

En phase 4, nous avons mesuré les PB et les PH chez les étudiants lors de l'examen final de l'UE₂. L'examen de l'UE₂ ne comportait pas de question sur la production d'une CC. Pour chaque étudiant, plusieurs variables de contrôle, associées avec les variables dépendantes, ont été collectées. Elles sont décrites dans le [tableau III](#). Les données des deux cohortes ont été fusionnées dans notre analyse statistique après vérification de l'absence de différence significative par rapport à ces variables.

Tableau I. Description des différents niveaux de la taxonomie *Structure of the Observed Learning Outcomes* (SOLO) et classification des questions d'examen (juin 2016) selon les performances attendues.

Niveau taxonomique / performance attendue	Attitude cognitive de l'étudiant	Exemple des questions d'examen								
Pré-structurel / performance de base	- L'étudiant répète ce qu'il a appris par cœur - L'étudiant comprend mal le problème ou utilise des tautologies pour son raisonnement - L'absence des liens entre les connaissances	Aucune question de ce type n'a été posée à l'examen								
Uni-structurel / performance de base	- Réciter, identifier, nommer et suivre des instructions simples - Un seul aspect ou causalité du problème est spécifié - Une faible compréhension - L'absence des liens entre les connaissances	1) « Citez quatre caractéristiques permettant de considérer que la prévention par le brossage dentaire est optimale » 2) « Quels sont les quatre facteurs étiologiques principaux de la carie dentaire ? »								
Multi-structurel / performance de base	- Suivre une procédure, décrire, classer - Un certain nombre d'aspects ou de causes sont précisés, mais ils ne sont pas coordonnés en un tout cohérent - Une faible compréhension - L'absence des liens entre les connaissances	3) Calculez l'indice de surfaces de dents cariées, absentes ou obturées (CAOF) des héli-arcades droites du patient 								
Niveau relationnel / performance de haut niveau	- Relier les savoirs entre eux - Voir les divers aspects d'une situation - Aborder une situation de plusieurs façons - Expliquer sa compréhension et les liens entre les connaissances - Une forte compréhension - La présence des liens entre les connaissances	4) « Une étude est menée chez 81 patients dont le taux de Streptococcus mutans dans la cavité buccale est supérieur à 2 CFU (colony forming unit/mL). Après un traitement par antibiotiques de 15 jours, on obtient les résultats ci-dessous. <table border="1" data-bbox="920 1118 1436 1275"><thead><tr><th></th><th>Moyenne ± ESM*</th></tr></thead><tbody><tr><td>Avant traitement</td><td>Strepto = 2,27 ± 0,13</td></tr><tr><td>Après traitement</td><td>Strepto = 2,12 ± 0,15</td></tr><tr><td></td><td>Différence = 0,15 ± 0,06</td></tr></tbody></table>		Moyenne ± ESM*	Avant traitement	Strepto = 2,27 ± 0,13	Après traitement	Strepto = 2,12 ± 0,15		Différence = 0,15 ± 0,06
	Moyenne ± ESM*									
Avant traitement	Strepto = 2,27 ± 0,13									
Après traitement	Strepto = 2,12 ± 0,15									
	Différence = 0,15 ± 0,06									
Niveau abstrait étendu / performance de haut niveau	- Comprendre et transférer ses apprentissages à d'autres contextes - Formuler des hypothèses, généraliser et émettre des théories - Faire des inductions avec un haut niveau d'abstraction - Une forte compréhension - La présence des liens entre les connaissances	En reprenant les données précédentes avec un seuil de signification de 1 %, identifiez la proposition de conclusion : a. On ne met pas en évidence de modification significative du nombre de bactéries après traitement par antibiotiques b. Le traitement est inefficace c. On met en évidence une diminution significative du nombre de bactéries après traitement antibiotiques d. On met en évidence une augmentation significative du nombre de bactéries après traitement antibiotiques e. On ne dispose pas des informations nécessaires pour conclure »								

Tableau II. Critères d'analyse et barème d'attribution des scores pour l'évaluation des cartes conceptuelles.

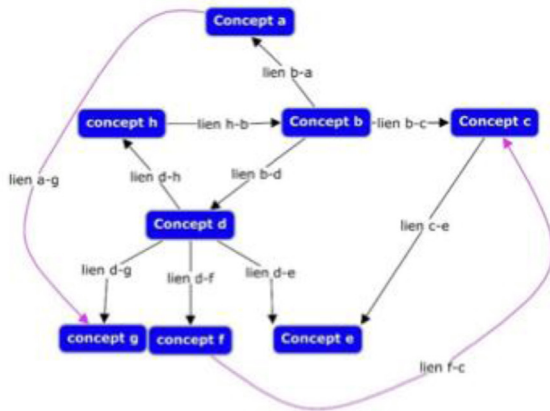
Critère	Description	Score détaillé	Score max. par critère (Score total max. : 20)
Structure de la carte conceptuelle	Réseau	3	5
	Radiale	3	
	Linéaire	0	
	Atypique	0	
	Présence de niveau hiérarchique	1	
	Présence de 3 points de ramification au moins dans la carte produite	1	
Présence de concepts préétablis par l'enseignant dans la CC produite par l'étudiant	Tous les concepts sont présents	3	3
	Absence de 1/3 des concepts	2	
	Absence de 2/3 des concepts	1	
	Absence de concepts	0	
Présence des liens entre les concepts	Présence de tous les liens	3	3
	Présence de 2/3 des liens	2	
	Présence de 1/3 des liens	1	
	Absence de liens	0	
Qualité des propositions	Toutes les propositions sont correctes	9	9
	Présence de 2/3 de propositions correctes	6	
	Présence de 1/3 de propositions correctes	3	
	Aucune proposition correcte	0	

Méthode d'analyse

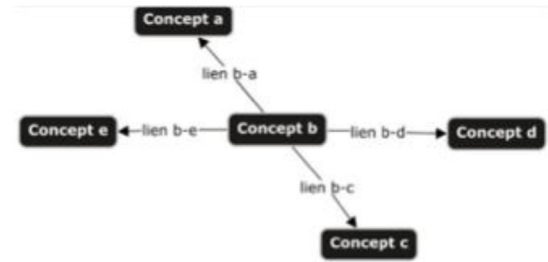
Cinq régressions linéaires multiples (RLM) utilisant le langage R ont été développées. Pour faciliter l'interprétation des résultats, toutes les variables ont été standardisées. Les corrélations entre les variables quantitatives étaient moyennes (Tableau IV). Avant de réaliser ces régressions multiples, l'hypothèse de l'absence de multicollinéarité a été vérifiée. Les statistiques de colinéarité

étaient en dessous de 2 pour toutes les variables indépendantes, ce qui indique qu'il n'y a pas de problème de multicollinéarité.

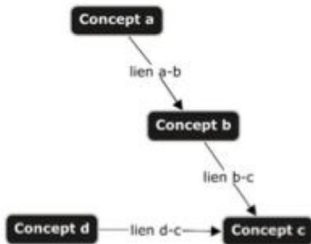
La première RLM estime les effets de la participation aux ateliers, la thématique représentée par la CC ainsi que d'autres variables de contrôle telles que les performances antérieures et l'historique académique de l'étudiant sur la qualité de la CC produite à l'examen de l'UE₁ en A₁. Les autres régressions ont été développées pour déterminer si



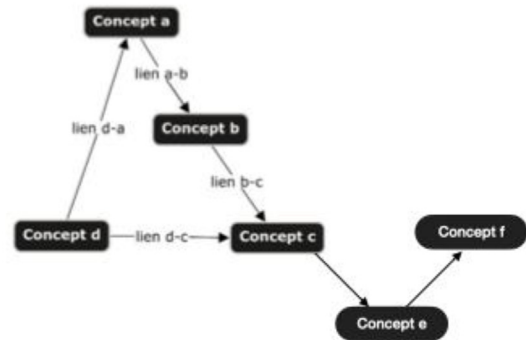
Carte « réseau »



Carte « radiale »



Carte « linéaire »



Carte « atypique »

Fig. 2. Les différentes formes de cartes conceptuelles identifiées dans notre échantillon.

la participation aux ateliers et la qualité de la CC, prise cette fois-ci comme une variable explicative, étaient associées aux PB et PH en A₁ et si cet effet était transférable en A₂ pour l'UE₂.

Résultats

Dans cette section, les résultats des régressions pour chacune de nos deux questions de recherche sont présentés successivement. Les caractéristiques des variables dépendantes et indépendantes utilisées dans ces régressions et les mesures descriptives sont présentées respectivement dans les [tableaux III](#) et [V](#) (a et b).

Effet de la participation aux ateliers sur la qualité d'une CC et sur les PB et PH en A₁ et en A₂

Une régression linéaire multiple (RLM) a été réalisée pour décrire le lien entre la participation aux ateliers et le score obtenu lors de la production de la CC à l'examen de l'UE₁ (SCC). Ce score exprime la qualité de la carte et traduit la capacité de l'étudiant à représenter les connaissances acquises tout en réalisant des connexions

pertinentes. Il reflète ainsi la compréhension profonde des concepts acquis. D'autres facteurs ont été déterminés également. Les résultats repris dans le [tableau VI](#) montrent que le facteur « participation aux ateliers » ne semble pas avoir d'effet statistiquement significatif sur la qualité de la CC produite à l'examen de l'UE₁. Par contre, les performances antérieures des étudiants au premier quadrimestre de A₁ et la thématique représentée dans la CC à l'examen arrivent à expliquer, de manière significative, 19,4 % de la variance du SCC.A₁ ($F(4,97) = 7,09$; $p < 0,001$).

Le [tableau VII](#) regroupe les résultats des quatre analyses qui ont été faites pour évaluer l'effet de la participation aux ateliers sur les PB et les PH en A₁ ainsi que le transfert de cet effet en A₂. Les résultats montrent qu'en A₁, la participation aux ateliers n'est pas un facteur significativement explicatif des PB. De même pour les PH en A₁, le facteur « participation aux ateliers » ne semble pas avoir d'effet statistiquement significatif. Pour A₂, des résultats, positivement surprenants, montrent que les deux facteurs combinés que sont la participation aux ateliers en A₁ et le SCC, pris comme variables explicatives, expliquent 37 % de la variance des PB en A₂ avec une

Tableau III. Les variables dépendantes et indépendantes utilisées dans la régression linéaire multiple.

Variabiles	Caractéristiques / Modalités
Historique académique	Primant : étudiant sorti directement du secondaire (prise comme référence de base dans le modèle de régression linéaire multiple). Ancien : correspond à l'étudiant qui a déjà entrepris des études supérieures.
Performances antérieures (moyenne Q_1 en A_1)	Décrites par la moyenne de l'étudiant du premier quadrimestre en A_1 avant d'entamer l'UE ₁ (score /20). Le niveau de référence dans la régression multiple correspond à la moyenne des données.
Participation aux ateliers	Variable catégorique en distinguant deux modalités : les étudiants qui ont participé à au moins la moitié des ateliers et ceux qui ont participé à moins de la moitié des ateliers. La non-participation est prise comme référence pour la régression linéaire multiple.
Thématique de la CC	1. Thématique clinique qui a fait l'objet de l'examen de la cohorte inscrite à l'UE ₁ en 2015–2016 ; 2. Thématique théorique qui a fait l'objet de l'examen de la cohorte inscrite à l'UE ₁ en 2016–2017. La thématique 1 est prise comme référence dans la régression multiple.
Score de la CC produite à l'examen de l'UE ₁	Correspond au score obtenu à la question concernant la CC à l'examen de juin de l'UE ₁ . Cette variable est prise aussi comme variable dépendante dans notre première analyse (score sur 20 mais remis /10).
Performance de base (PB) en A_1	Exprimée par le score obtenu pour la catégorie de questions simples de l'examen de l'UE ₁ (score /10).
Performance de haut niveau (PH) en A_1	Exprimée par le score obtenu pour la catégorie de questions complexe de l'examen de l'UE ₁ (score /10).
Performance de base (PB) en A_2	Exprimée par le score obtenu pour la catégorie de questions simples de l'examen de l'UE ₂ (score /10).
Performance de haut niveau (PH) en A_2	Exprimée par le score obtenu pour la catégorie de questions complexe de l'examen de l'UE ₂ (score /10).

CC : carte conceptuelle ; UE : Unité d'enseignement ; A1 : première année ; A2 : deuxième année

statistique significative ($F(6,47) = 6,28$ ($p < 0,001$)). Par contre aucun effet significatif de la participation aux ateliers ne se manifeste pour les PH.

Effet de qualité de la CC produite à l'examen de l'UE₁ sur les PB et PH en A_1 et en A_2

La qualité de la CC produite à l'examen de l'UE₁ a été identifiée grâce au SCC. Une première analyse a montré que SCC est corrélée avec les performances académiques PB et PH en A_1 et en A_2 (Figure 3), mais d'autres variables pourraient avoir un effet combiné avec SCC.

Les résultats des quatre RLM, montrent qu'en A_1 , le SCC et les performances antérieures expliquent 29 % de la variance des PB et sont significatifs ($F(5,83) = 8,23$ ($p < 0,001$)). De même pour les PH en A_1 , 29 % de la variance des PH en A_1 est expliquée par un effet combiné du SCC et de l'historique académique de l'étudiant, ce qui est significatif avec $F(5,83) = 8,04$ ($p < 0,001$). Pour A_2 , le

SCC combiné à la participation aux ateliers en A_1 explique 37 % de la variance des PB en A_2 . Enfin, bien que l'effet de SCC sur les PH ne soit pas significatif, l'effet de la thématique explique 26 % de la variance de ces PH ($F(6,47) = 4,04$ ($p < 0,01$)). La thématique théorique (2) est associée à de meilleures PH à moyen terme.

Discussion

Résultats principaux

Le but de cette étude était d'examiner les effets associés à la participation à des ateliers visant à développer des CC, proposés à des étudiants de première année en médecine dentaire, sur la qualité d'une CC produite à l'examen ainsi que les liens avec les performances des étudiants à court et à moyen terme.

Même si le lien entre la participation aux ateliers et la qualité de la CC n'est pas significatif, nos résultats ont mis en lumière que les performances antérieures de l'étudiant et la thématique représentée dans la CC ont été des facteurs

Tableau IV. Matrice de corrélations des variables numériques.

	Performances de base en A ₁	Performances de haut niveau en A ₁	Performances de base en A ₂	Performances de haut niveau en A ₂	Performances antérieures (moyenne Q ₁ de A ₁)	Score de la CC produite à l'examen de l'UE ₁
Performances de base en A ₁	1	–	–	–	–	–
Performances de haut niveau en A ₁	0,44***	1	–	–	–	–
Performances de base en A ₂	0,35**	0,31*	1	–	–	–
Performances de haut niveau en A ₂	0,39**	0,33*	0,71***	1	–	–
Performances antérieures (moyenne Q ₁ en A ₁)	0,33**	0,23*	0,28*	0,46***	1	–
Score de la CC produite à l'examen de l'UE ₁	0,44***	0,41***	0,46***	0,29*	0,15	1

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$)CC : carte conceptuelle; A₁ : première année; Q₁ : premier quadrimestre; A₂ : deuxième année; UE₁ : unité d'enseignement 1**Tableau V.** Mesures descriptives des variables numériques (a) et catégoriques (b) utilisées dans notre étude.

(a) Variables numériques	Moyenne–Écart-type	Min–Max
Performances antérieures (moyenne Q ₁ en A ₁)	10,49 ± 2,08	7,46–16,00
Score de la CC produite à l'examen de l'UE ₁	4,24 ± 2,06	0,50–9,20
Performances de base en A ₁	4,91 ± 1,96	0,75–9,58
Performances de haut niveau en A ₁	6,44 ± 2,06	1,00–10,00
Performances de base en A ₂	5,64 ± 1,76	1,31–8,75
Performances de haut niveau en A ₂	5,15 ± 1,60	2,25–9,20
(b) Variables catégoriques	Effectif (pourcentage %)	
Fréquence de participation aux ateliers (N)	110 (100 %)	
Participation à moins de la moitié des ateliers	77 (70 %)	
Participation à la moitié des ateliers ou plus	33 (30 %)	
Genre		
Féminin	72 (65,45 %)	
Masculin	38 (34,55 %)	
Historique académique		
Primant	57 (51,82 %)	
Ancien	53 (48,18 %)	
Thématique		
Thématique clinique (cohorte 1)	55 (50 %)	
Thématique théorique (cohorte 2)	55 (50 %)	

qui expliquaient une partie de la qualité de la CC. L'effet de la cohorte n'est pas plausible puisque les deux cohortes sont statistiquement homogènes. Ces résultats montrent que les étudiants les plus performants dans le passé maîtrisent mieux la CC. Ceci est cohérent avec la théorie constructiviste et les principes sous-jacents à la cartographie conceptuelle selon Novak. Si l'étudiant a davantage de

connaissances antérieures sur le thème concerné, il n'est pas surprenant que le processus d'élaboration des CC soit plus aisé pour lui et, en conséquence, que la carte qui en résulte soit de meilleure qualité.

Bien que la participation aux ateliers n'apparaisse pas directement liée à la qualité d'une CC produite à l'examen et aux PB et PH de cet examen en A₁, son

Tableau VI. Résumé de l'analyse de la régression linéaire multiple en considérant la participation aux ateliers comme une des variables explicatives du score de la carte conceptuelle (SCC) produite à l'examen de l'unité d'enseignement 1 (UE1) en première année (A1).

	SCC à l'examen de l'UE ₁ en A ₁			
	B	IC 2,5 %	IC 97,5 %	E. S
Terme constant	0,48**	0,14	0,81	0,17
Historique académique (ancien)	-0,37	-0,75	0,00	0,19
Performances antérieures (moyenne Q ₁ en A ₁)	0,21*	0,02	0,39	0,09
Participation aux ateliers (Oui)	0,30	-0,11	0,71	0,21
Thématique de la CC en A ₁ (thématique 2)	-0,80***	-1,17	-0,44	0,18

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$)

B: coefficient standardisé; E.S: erreur standard; IC: intervalle de confiance; CC: carte conceptuelle; A₁: première année; Q₁: premier quadrimestre; A₂: deuxième année

Tableau VII. Les quatre régressions linéaires multiples pour explorer l'effet de la participation aux ateliers et le score de carte conceptuelle (SCC) à l'examen de l'unité d'enseignement 1 (UE₁) sur les performances de base et de haut niveau à court et à moyen terme.

	Performances de base (PB)				Performances de haut niveau (PH)			
	B	IC 2,5 %	IC 97,5 %	E. S	B	IC 2,5 %	IC 97,5 %	E. S
Année 1								
Terme constant	0,05	-0,29	0,39	0,17	0,14	-0,21	0,49	0,17
Historique académique (ancien)	-0,27	-0,67	0,12	0,20	-0,56**	-0,97	-0,16	0,20
Performances antérieures (moyenne Q ₁ en A ₁)	0,29**	0,08	0,46	0,10	0,19	-0,01	0,40	0,40
Participation aux ateliers en A ₁ (oui)	0,27	-0,12	0,67	0,20	0,36	-0,04	0,76	0,20
Thématique de la CC en A ₁ (thématique 2)	-0,02	-0,44	0,39	0,21	-0,14	-0,97	0,29	0,30
Score de la CC (SCC) produite à l'examen de l'UE ₁ en A ₁	0,38***	0,08	0,49	0,11	0,29*	0,07	0,51	0,11
Année 2								
Terme constant	-0,40	-0,81	0,01	0,20	-0,38	-0,83	0,06	0,22
Historique académique (ancien)	-0,26	-0,77	0,26	0,26	-0,34	-0,90	0,22	0,22
Participation aux ateliers en A ₁ (oui)	0,81**	0,32	1,30	0,24	0,33	-0,20	0,86	0,26
Thématique de la carte conceptuelle en A ₁ (thématique 2)	0,17	-0,33	0,66	0,24	0,72**	0,19	1,26	0,27
Performances de base en A ₁	0,10	-0,17	0,36	0,13	0,22	-0,07	0,51	0,14
Performances de haut niveau en A ₁	-0,10	-0,42	0,23	0,16	0,12	-0,23	0,48	0,18
SCC à l'examen de l'UE ₁ en A ₁	0,57**	0,25	0,88	0,15	0,12	-0,23	0,48	0,47

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$)

B: coefficient standardisé; E.S: erreur standard; CC: carte conceptuelle; A₁: première année; Q₁: premier quadrimestre; A₂: deuxième année

effet se manifeste à moyen terme pour les PB. L'un des principaux problèmes lors de la mise en œuvre d'une activité facultative de CC est l'implication des étudiants ainsi que la valeur perçue de cette activité. La faible participation aux ateliers n'a probablement pas permis aux étudiants d'apprendre à construire efficacement une CC ce qui incite l'étudiant à développer des capacités de réflexion. L'étude de Jin [20] met l'accent sur la nécessité de se concentrer prioritairement sur la formation

approfondie qui aide les étudiants à élaborer correctement des CC. Nous suggérons qu'il est essentiel de consacrer du temps pour que les étudiants puissent s'approprier l'outil et élaborer des CC de bonne qualité. L'incapacité de schématiser les connaissances peut constituer un frein qui décourage les étudiants à participer à des activités récurrentes de CC. Par contre, l'effet des ateliers a été marquant au niveau des PB de A₂. Cet effet pourrait être expliqué par l'efficacité cognitive

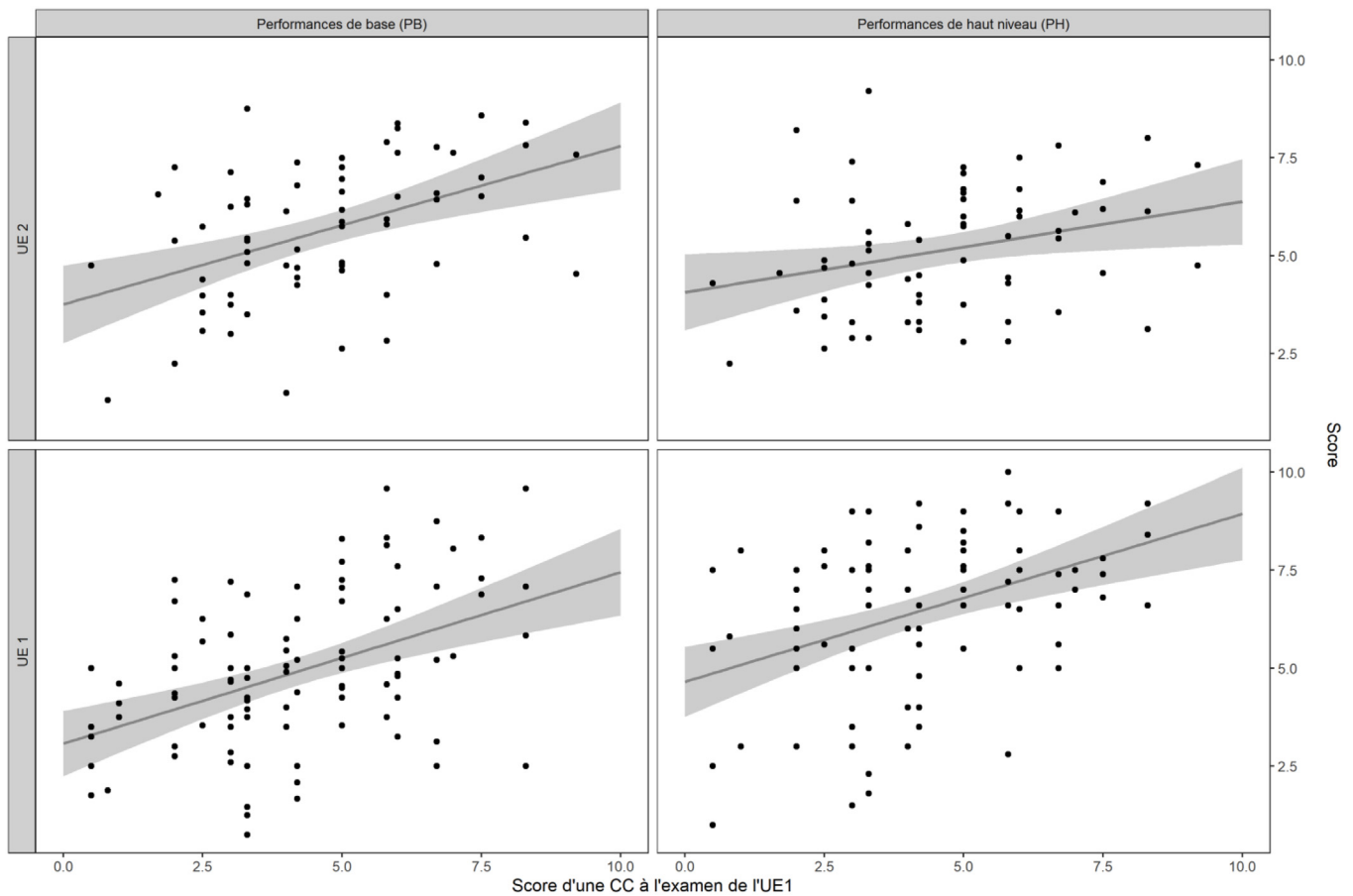


Fig. 3. Performances de base et de haut niveau à l'examen des unités d'enseignement UE₁ (en première année) et UE₂ (en deuxième année) selon le score d'appréciation des cartes conceptuelles (SCC) produites à l'examen de l'UE.

de la CC qui pourrait se manifester plus tard dans le parcours. En première année, les étudiants auraient tendance à privilégier des stratégies d'apprentissage qui facilitent immédiatement la réussite. Le potentiel réflexif de la CC apparaît ultérieurement comme nous l'avons constaté dans les résultats de notre étude.

En somme, une association entre la participation à des ateliers et les PB n'apparaît qu'à moyen terme. Cet effet est difficile à interpréter puisque la mesure de la participation n'est prise que de manière dichotomique (moins de 50 % ; plus de 50 %). Or, dans la catégorie « moins de 50 % », il est difficile de dissocier ceux qui ont participé à quelques séances de ceux qui n'y ont jamais participé. On ne peut pas exclure que la participation à quelques ateliers pourrait être suffisante pour activer l'intérêt de la CC. Et donc, il se peut que ce ne soit pas la participation à tous les ateliers ou à plus de la moitié qui a l'effet le plus déterminant. Suite à cette étude et afin de mieux solliciter l'engagement des étudiants, les ateliers ont été intégrés dans le programme de l'UE₁ comme une activité complémentaire au cours.

Combiné à d'autres facteurs, le SCC qui traduit la qualité d'une CC, semble significativement lié aux performances académiques (PB de A₁ et A₂ et PB de

A₂). Nos résultats vont dans le sens des travaux qui soulignent l'importance des CC pour l'apprentissage et son effet positif sur les performances académiques : les étudiants qui maîtrisent l'élaboration de la CC ont de meilleures performances [21–24]. Nos résultats sont cohérents aussi avec les travaux de Veronese *et al.* [25] qui ont montré que les CC peuvent entraîner une amélioration des performances aux examens : les étudiants qui ont utilisé des CC ont obtenu des scores légèrement plus élevés à l'examen final. Dans l'étude de Peñuela-Epalza et Hoz [26], la CC a été utilisée comme stratégie d'apprentissage et de bons scores observés à l'examen ont été obtenus. D'autres travaux montrent que la CC améliore les performances académiques dans différents cours de la formation médicale [27,28]. En revanche, nos résultats ne concordent que partiellement avec ceux de Baig *et al.* [14] qui ont mis en évidence un effet positif des CC sur la performance académique des étudiants en médecine dans la résolution de problèmes mais pas dans les questions de connaissances déclaratives qui correspondent aux PB de notre étude. Dans une autre recherche, la CC n'a pas été jugée bénéfique pour améliorer les notes d'un examen qui selon l'auteur, mesure des domaines cognitifs différents [29]. D'après Kinchin [16], les examens ont le

plus souvent tendance à mesurer le rappel de faits détaillés et n'évaluent pas correctement la compréhension [30]. Nos résultats montrent que l'effet de la CC ne doit pas être isolé d'autres facteurs caractéristiques de l'étudiant. Par exemple, à court terme, les performances antérieures, combinées avec le SCC, permettent de minimiser les lacunes de compréhension et ont un effet sur les PH.

L'historique académique de l'étudiant associé au SCC est corrélé à un effet sur les PH. Ainsi, le constat combiné d'une CC bien élaborée et de bonnes performances antérieures est associé à des performances académiques améliorées des étudiants en médecine dentaire. L'étudiant fait appel à ces facteurs pour acquérir les performances de base comme l'avaient prédit Stegers-Jager et ses collègues dans leurs travaux [5]. La CC semble permettre de réactiver les connaissances antérieures pour construire un nouveau savoir, orienté par le parcours antérieur de l'étudiant. Les étudiants qui ont rencontré moins de difficultés auparavant s'en sortent mieux que les autres. Examinés de façon combinée, l'activité cognitive suscitée par l'élaboration de la CC et les facteurs personnels propres à chaque étudiant sont clairement associés à un niveau accru des performances. Il est intéressant de noter qu'à moyen terme, l'historique académique n'est plus un facteur associé alors que la capacité à représenter les connaissances le demeure même si l'association reste très faible.

En revanche, le SCC ne semble pas être un facteur lié au PH de l'année 2 tandis que la thématique concernée l'est pour les PH à moyen terme, comme l'illustrent des résultats opposés entre A_1 et A_2 . Représenter une thématique, dont l'utilité est mieux perçue par l'étudiant, pourrait améliorer les PH. La pertinence et la signification pratique d'une thématique à représenter sont liées considérablement au niveau des exigences du cours en question. L'intérêt que portent les étudiants à une thématique clinique au début du cursus pourrait expliquer son effet positif sur les performances en A_1 . Par contre, l'effet positif de la thématique théorique en A_2 pourrait être expliqué par la nature du cours (ici UE_2) qui, à un stade plus avancé, nécessite des notions à la fois théoriques et cliniques. Cette étude indique ce possible double effet de la thématique en tant que frein en première année mais levier à moyen terme. L'étudiant qui est plus attiré par des thématiques pratiques et cliniques ne perçoit pas immédiatement l'intérêt de la thématique théorique, alors que cette dernière fournit des notions conceptuelles qui sont fondamentales pour la pratique professionnelle. Le fait que l'étudiant soit capable produire une CC de qualité pour une thématique donnée traduit une maîtrise des connaissances et une capacité à les articuler ensemble dans une représentation spatiale. Il en résulte que la CC est utile pour évaluer la compréhension conceptuelle [31].

Limites de l'étude

Les résultats présentés doivent cependant se lire au regard de certaines limites que nous souhaitons pointer. Il convient d'abord de rappeler que, même si le travail a

recouru à des mesures et à l'outil statistique pour en interpréter les résultats, il s'inscrivait davantage dans la perspective d'une évaluation de dispositif pédagogique, visant à apprécier la pertinence et la cohérence du dispositif et des pratiques pédagogiques associées, sur la base d'une documentation de la convergence de certains effets du dispositif, plutôt que dans celle d'une recherche évaluative visant à apporter une démonstration de liens de causalité entre les activités d'enseignement et d'apprentissage et leurs résultats.

C'est dans ce cadre que l'on peut discuter la limite constituée par la taille modeste de l'échantillon, qui nous a empêché de faire une mesure plus fine pour mieux comprendre l'effet de la participation aux ateliers. En tant que travail exploratoire, l'étude nous a permis de nous questionner par rapport à la qualité des ateliers pour qu'ils répondent mieux aux objectifs visés et de réfléchir aux éléments manquants tels que le niveau d'accompagnement des étudiants lors des ateliers et l'analyse des CC produites au fur et à mesure des séances. D'autre part, l'intérêt de l'apprentissage progressif des CC n'a pas été immédiatement perçu pas les étudiants, comme l'indique le faible pourcentage de participation aux ateliers proposés, ce qui nous a encouragé à repenser les modalités de cette activité par la suite. Une autre limite se manifeste dans le fait que nous nous sommes focalisés uniquement sur la qualité d'une carte produite à l'examen mais il serait intéressant de suivre toutes les étapes d'élaboration d'une CC pour dévoiler ainsi tout le processus de construction et en repérer les lacunes. L'intérêt de la cartographie conceptuelle résulte en effet tout autant dans l'activité et les processus cognitifs qu'elle suscite lors de sa construction que dans son produit figuratif.

Conclusion

Nos résultats corroborent le fait que l'utilisation des CC comme stratégie de soutien à l'apprentissage, dans le cadre de dispositifs pédagogiques s'inspirant de la perspective constructiviste, est associée à des effets positifs concernant l'exploration des connaissances, l'identification des mises en relation entre ces connaissances et une compréhension approfondie des problématiques d'étude concernées. Les ateliers de CC ainsi que la qualité des CC produites sont des facteurs associés, à moyen terme, aux performances des étudiants, parmi d'autres facteurs tels que l'historique académique, les performances antérieures et la thématique à représenter. Pour que l'étudiant puisse s'approprier cette stratégie d'apprentissage, l'enseignant devrait l'intégrer dans son programme de cours et la pratiquer régulièrement avec les étudiants, si possible en lien avec d'autres stratégies, comme la fourniture régulière de rétroactions, l'apprentissage collaboratif ou l'apprentissage par problème, qui en potentialisent les bénéfices [32–34].

Matériel supplémentaire

Annexe 1. La carte conceptuelle de référence pour l'examen de la cohorte 1 (Examen juin 2016 – thématique clinique).

Annexe 2. La carte conceptuelle de référence pour l'examen de la cohorte 2 (Examen juin 2017 – thématique théorique).

Le matériel supplémentaire est disponible sur <http://www.pedagogie-medicale.org/10.1051/pmed/2023006/olm>.

Contributions

Asmaâ Sadki a participé à la conception du protocole de recherche, au recueil des données, à l'analyse et à l'interprétation des résultats et à l'écriture du manuscrit. Gaëtane Leloup a participé à la conception du protocole de recherche, au recueil des données et à la relecture du manuscrit. Séverine Mateu-Ramis a participé à l'analyse des données et à la relecture du manuscrit. Jean François Deneff et Mariane Frenay ont contribué au cadrage conceptuel, à l'analyse et à l'interprétation, des résultats et à l'écriture du manuscrit. Dominique Vanpee a participé à la relecture du manuscrit.

Approbation éthique

Cette étude a reçu le 31 mai 2021 l'approbation du comité d'éthique de la Faculté de médecine et médecine dentaire de l'Université catholique de Louvain (N°2021/10MAI/211).

Liens d'intérêts

Aucun auteur ne déclare de conflit d'intérêts en lien avec le contenu de cet article. Gaëtane Leloup est l'enseignante responsable des unités d'enseignement constitutives du dispositif pédagogique examiné. Cette étude prend place dans le cadre d'une recherche doctorale conduite par Asmaâ Sadki, financée par l'Université catholique de Louvain.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Oscar Liessens qui a réalisé l'analyse statistique, ainsi que l'ensemble des participants à cette étude.

Références

1. Paivandi S. Apprendre à l'université. Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2015.
2. Zhao C, Hu Y. Reflections on study strategy modifications using cognitive load theory and dual processing theory in the first year of medical school. *Med Sci Educ* 2021;31: 813-18.
3. DaDeppo LMW. Integration factors related to the academic success and intent to persist of college students with learning disabilities. *Learn Disabil Res Pract* 2009;24:122-31.
4. Minnaert A, Janssen PJ. The additive effect of regulatory activities on top of intelligence in relation to academic performance in higher education. *Learn Instr* 1998;9:77-91.
5. Stegers-Jager KM, Themmen APN, Cohen-Schotanus J, *et al.* Predicting performance: relative importance of students' background and past performance. *Med Educ* 2015;49:933-45.
6. Novak J. Concept mapping: a useful tool for science education. *J Res Sci Teach* 1990;27:937-49.
7. Hay D, Kinchin IM, Lygo-Baker S. Making learning visible: the role of concept mapping in higher education. *Stud High Educ* 2008;33:295-311.
8. Tardif J. Les cartes conceptuelles : un accès direct et explicite aux ressources. In : L'évaluation des compétences : documenter le parcours de développement. Montréal : Chenelière Éducation, 2006:292-336.
9. Jonassen DH, Marra RM. Concept mapping and other formalisms as Mindtools for representing knowledge. *Res Learn Technol* 1994;2:50-6.
10. Schmidmaier R, Eiber S, Ebersbach R, *et al.* Learning the facts in medical school is not enough: which factors predict successful application of procedural knowledge in a laboratory setting? *BMC Med Educ* 2013;13:1-9.
11. Weurlander M, Scheja M, Hult H, Wernerson A. The struggle to understand: exploring medical students' experiences of learning and understanding during a basic science course. *Stud High Educ* 2016;41:462-77.
12. Jouquan J. L'évaluation des apprentissages des étudiants en formation médicale initiale. *Pédagogie Médicale* 2002;3: 38-52.
13. Biggs J, Collis KF. Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome). New York: Academic Press, 1982.
14. Baig M, Tariq S, Rehman R, Ali S, Gazzaz ZJ. Concept mapping improves academic performance in problem solving questions in biochemistry subject. *Pak J Med Sci* 2016;32:801-05.
15. Ho V, Kumar RK, Velan G. Online testable concept maps: benefits for learning about the pathogenesis of disease. *Med Educ* 2014;48:687-97.
16. Kinchin IM. Concept mapping as a learning tool in higher education: a critical analysis of recent reviews. *J Contin High Educ* 2014;62:39-49.
17. Pudenko B, Young M, Vincent-Lamarre P, *et al.* Mapping as a learning strategy in health professions education: a critical analysis. *Med Educ* 2012;46:1215-1225.
18. Kinchin IM. Concept mapping and pedagogic health in higher education (a rhizomatic exploration in eight plateaus). University of Surrey, 2020 [On-line]. Disponible sur : <https://openresearch.surrey.ac.uk/esploro/outputs/doctoral/Concept-mapping-and-pedagogic-health-in-higher-education-a-rhizomatic-exploration-in-eight-plateaus/99545423202346#file-0>.
19. Avila S, Eugenia M. Exploration de l'évolution des représentations scientifiques de l'écologie chez les étudiants de deuxième baccalauréat en biologie. Université catholique de Louvain, 2013, [On-line]. Disponible sur : <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:135863>.
20. Jin H, Wong KY. Training on concept mapping skills in geometry. *J Math Educ* 2010;3:104-119.
21. Baliga SS, Walvekar PR, Mahantshetti GJ. Concept map as a teaching and learning tool for medical students. *J Educ Health Promot* 2021;10:35.
22. Briggs AG, Morgan SK, Sanderson SK, Schulting MC, Wieseman LJ. Tracking the resolution of student misconceptions about the central dogma of molecular biology. *J Microbiol Biol Educ* 2016;17:339-50.

23. Huang H-L, Hwang G-J, Chen P-Y. An integrated concept mapping and image recognition approach to improving students' scientific inquiry course performance. *Br J Educ Technol* 2022;53:706-27.
24. Marchand C, d'Ivernois J-F. Les cartes conceptuelles dans les formations en santé. *Pédagogie Médicale* 2004;5:230-40.
25. Veronese C, Richards JB, Pernar L, Sullivan AM, Schwartzstein RM. A randomized pilot study of the use of concept maps to enhance problem-based learning among first-year medical students. *Med Teach* 2013;35:1478-84.
26. Peñuela-Epalza M, De la Hoz KD. Incorporation and evaluation of serial concept maps for vertical integration and clinical reasoning in case-based learning tutorials: perspectives of students beginning clinical medicine. *Med Teach* 2019;41:433-40.
27. Joshi U, Vyas S. Assessment of perception and effectiveness of concept mapping in learning epidemiology. *Indian J Commun Med* 2018;43:37-9.
28. Surapaneni Krishna M, Tekian A. Concept mapping enhances learning of biochemistry. *Med Educ Online* 2013;18:1-4.
29. Qadir F, Zehra T, Khan I. Use of concept mapping as a facilitative tool to promote learning in pharmacology. *J Coll Physicians Surg Pak* 2011;21:476-81.
30. Kinchin IM, Baysan A, Cabot LB. Towards a pedagogy for clinical education: beyond individual learning differences. *J Furth High Educ* 2008;32:373-87.
31. Williams CG. Using concept maps to assess conceptual knowledge of function. *J Res Math Educ* 1998;29:414-21.
32. Fon NC, Pudelko B, Audétat M-C. Optimiser l'usage des cartes conceptuelles dans l'apprentissage par problèmes (APP) dans le cursus préclinique: le point de vue des enseignants. *Pédagogie Médicale* 2016;17:95-107.
33. Joseph C, Conradsson D, Nilsson Wikmar L, *et al.* Structured feedback on students' concept maps: the proverbial path to learning? *BMC Med Educ* 2017;17:1-9.
34. Roessger KM, Daley BJ, Hafez DA. Effects of teaching concept mapping using practice, feedback, and relational framing. *Learn Instr* 2018;54:11-21.

Citation de l'article : Sadki A, Frenay M, Leloup G, Mateu-Ramis S, Vanpee D, Deneff J-F. Intérêt de la cartographie conceptuelle en formation initiale de médecine dentaire. *Pédagogie Médicale*, <https://doi.org/10.1051/pmed/2023006>