

La cartographie conceptuelle pour explorer la
qualité des connaissances des étudiants en première
année de formation dentaire

Asmaâ Sadki

Décembre 2023

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de
docteur en Sciences de la santé publique

La cartographie conceptuelle pour explorer la qualité des connaissances en première année de formation dentaire

© Asmaâ Sadki 2023
Institut de Recherche Santé et Société (IRSS)
Université catholique de Louvain
Clos chapelle au champs, 30
1200 Bruxelles
Belgique

Composition du jury

Cette thèse a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Présidente	Prof. Isabelle Aujoulat Institut de recherche santé et société Université catholique de Louvain
Promoteur	Prof. Dominique Vanpee Institut de recherche santé et société Université catholique de Louvain
Co-promoteur	Prof. Jean-François Denef [†] Université catholique de Louvain
Membres de jury interne	Prof. Mariane Frenay Institut de recherche en sciences psychologiques Université catholique de Louvain Prof. Gaëtane Leloup École de médecine dentaire et de stomatologie Université catholique de Louvain Prof. Jean-François Rees Louvain Institute of Biomolecular Science and Technology Université catholique de Louvain
Membres de jury externe	Prof. Marilou Bélisle Département de pédagogie - Faculté d'éducation Université de Sherbrooke Dr. Anne Demeester Institut national supérieur du professorat et de l'éducation Aix Marseille Université

*«La valeur d'une éducation universitaire
n'est pas l'apprentissage de nombreux faits,
mais l'entraînement de l'esprit à penser.»*

Albert Einstein

*«La plus grande gloire n'est pas de ne jamais tomber,
mais de se relever à chaque chute.»*

Nelson Mandela

*«L'excellence ne résulte pas d'une impulsion isolée,
mais d'une succession de petits éléments qui sont réunis.»*

Vincent Van Gogh

Pour mes enfants,
Najlaâ & Fady

À la mémoire du Professeur
Jean François Deneff

Remerciements

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme.

Je tiens d'abord à remercier mon promoteur de thèse Dominique Vanpee pour sa disponibilité et son soutien dans les moments difficiles.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude à mon co-promoteur de thèse, Jean François Denef. Malgré qu'il nous ait quittés le 08.04.2022, ses conseils précieux, son expertise pédagogique et ses encouragements ne m'ont jamais quittée.

Mariane Frenay m'a fait l'honneur de faire partie de mon comité de thèse puis de m'encadrer après le décès de Jean-François Denef. Elle a pris le temps de m'écouter, de m'encourager et de discuter avec moi. Ses remarques et ses recommandations m'ont permis d'aborder mon travail sous un autre angle. Je la remercie profondément de m'avoir offert l'opportunité de poursuivre et de mener à bien cette thèse, de la qualité de nos échanges, de ses relectures critiques, de sa rigueur, de son intégrité et de son soutien.

Gaëtane Leloup, je n'oublierai jamais le jour où tu m'as proposé de venir présenter le projet de carte conceptuelle à tes étudiants de première année. C'est ce moment là qui a fait émerger ce projet de thèse. Je t'adresse mes sincères remerciements pour m'avoir ouvert de nouveaux horizons, pour m'avoir accompagnée dans les séminaires de cartes conceptuelles, pour avoir accepté mes interventions avec les cartes conceptuelles dans le cours que nous avons donné ensemble et enfin de m'avoir soutenue dans l'intégration des cartes conceptuelles à ton programme de cours.

Je remercie Isabelle Aujoulat d'avoir accepté le rôle de présidente de jury et l'avoir assuré toutes ces années.

Merci également aux membres du jury externe, Marilou Bélisle, Anne Demees-

ter et Jean-François Rees pour avoir accepté de rejoindre le jury, pour leur lecture attentive de la thèse, leurs questions stimulantes et et pour leurs encouragements.

Il m'est impossible d'oublier Séverine Mateu-Ramis, ma meilleure alliée depuis 2020. Notre complémentarité, notre facilité à collaborer nous ont permis de soulever des montagnes. Merci pour ton soutien dans les moments difficiles. Merci pour tes relectures minutieuses (le moindre petit détail ne t'a pas échappé). Grâce à ta collaboration, tes encouragements et ta bienveillance, j'ai pu finaliser ce travail le plus sereinement possible.

Mes remerciements vont également aux personnes que je qualifie de "mentors" dans ma thèse. Grâce à ces personnes, j'ai pu éclaircir certains passages sombres et/ou confus de cette recherche. Merci à Jacques Tardif, Jean Jouquan, Robert Gagnon et Georges Bordage.

Cette recherche n'aurait pas abouti sans la participation de mes étudiants. Je les remercie vivement et je leur souhaite une belle carrière en médecine dentaire.

Madeleine, Nora, Catherine, Hélène, Anne ... et tous mes autres collègues, merci d'avoir été présents pour moi pas seulement dans les moments de joie mais aussi dans les moments de détresse (I can do it...).

Merci Sophie Jassogne et Nathalie Malevé pour la relecture minutieuses et les corrections du texte.

Sandrine Wollanders, merci pour le suivi administratif efficace et pour les encouragements.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à mes collègues de la cellule de développement pédagogique et du secteur des sciences de la santé. Sandrine, Amandine, Camilia, Kathleen, Mathieu, Marie Claire, Louise, Jean Baptiste, Caroline et Delphine. Vos encouragements m'ont aidé lors des moments difficiles. Merci d'avoir pris le relais de temps en temps pour que je puisse avancer dans la rédaction. Merci Alexis pour ton expertise en Latex.

Il m'est impossible de citer toutes les personnes qui à un moment ou l'autre m'ont soutenue, encouragée et se sont intéressées à ma recherche, je ne vous oublie pas. Merci pour toutes les ondes positives que vous m'avez transférées. Je remercie toutes les personnes avec qui j'ai partagé ces années de thèse.

J'ai la chance d'avoir des collègues créatives (Delphine, Sandrine N., Camilia, Yousra, Stéphanie D, Cristina et Madeleine) : excellente initiative pour assurer

la scolarité de mes enfants pendant ma période de convalescence ces dernières semaines. Vous avez certainement choisi le cadeau parfait pour moi : le "TaxiU-CLois"! Merci pour cette aide précieuse.

Najlaâ et Fady, mes deux amours, vous m'avez soutenue tout au long de cette thèse grâce à vos sourires innocents, vos câlins et vos encouragements. Vous m'avez stimulée chaque fois que je disais que j'étais fatiguée et que j'ai trop de travail. Najlaâ tu me disais « maman si c'est pour devenir docteur, ce n'est pas grave, je comprends alors pourquoi tu travailles beaucoup... courage maman! ». Tu ne vas pas être déçue ma chère Najlaâ. Fady tu me disais toujours « Maman, tu travailles TROP,, tu es une super maman, tu es une maman forte et courageuse ». C'est grâce à votre énergie que j'ai pu arriver au bout de ce travail acharné.

Enfin, je remercie mes parents pour leurs encouragements. Ma soeur Ilham, mon frère Abdelhafid, merci pour votre soutien sans faille tout au long de ces années de thèse. Nour, Mohamed et Ayoub merci d'avoir occupé mes enfants lorsque j'avais des réunions.

À vous tous, merci.....

Le navire est arrivé à bon port...

Résumé - Abstract

Résumé

La carte conceptuelle est une activité pédagogique qui aide les étudiants à apprendre des concepts de manière substantielle [1]. Elle permet de visualiser des connaissances, d'identifier les lacunes de compréhension et de repérer les erreurs conceptuelles. C'est une représentation graphique des connaissances utilisée largement en pédagogie médicale [2–5]. Dans la formation dentaire, plusieurs travaux ont reconnu le potentiel de la carte conceptuelle en classe [6, 7]. Les étudiants de première année en formation dentaire ont souvent des difficultés à connecter les connaissances et à les voir comme un tout cohérent. Par conséquent, ils sont enclins à développer des savoirs isolés et créer un écart important entre les connaissances théoriques et les connaissances pratiques.

Le défi des enseignants se traduit par leur mission de guider les étudiants vers des approches d'apprentissage qui optimisent le développement de structures de connaissances expertes [8]. En particulier, l'élaboration de liens plausibles entre les connaissances théoriques et pratiques implique que l'apprenant s'approprie des stratégies d'apprentissage adéquates pour y parvenir. Par conséquent, les étudiants doivent être impliqués et activement engagés pour apprendre [9]. Une fois initiés à cette activité méta-cognitive, les étudiants peuvent extérioriser leurs compréhensions conceptuelles et repenser leurs connaissances antérieures en connectant de nouvelles connaissances [10].

Cette thèse propose d'approfondir les connaissances au sujet de la cartographie conceptuelle comme activité pédagogique en formation dentaire, mais s'intéressera particulièrement à la qualité des structures cognitives et aux types de connaissances. Une méthodologie combinée pour analyser, en profondeur, les cartes conceptuelles sera présentée et appliquée sur plusieurs cartes conceptuelles d'étudiants.

La première étude présente l'intérêt de la cartographie conceptuelle dans la for-

mation dentaire. Elle explore les effets de la participation à des ateliers, visant à développer des cartes conceptuelles, sur la qualité d'une carte produite à l'examen ainsi que les liens avec leurs performances à court et à moyen terme. Ce faisant, deux cohortes successives d'étudiants de première année en formation dentaire ont été suivies pour deux unités d'apprentissage (UE), UE₁ en année 1 et UE₂ en année 2. Des ateliers facultatifs pour élaborer des cartes conceptuelles furent proposés en première année. Les performances académiques ont été mesurées au travers des questions lors de l'évaluation finale. En relation avec la participation aux ateliers et la qualité d'une carte, produite à l'examen, des analyses quantitatives ont été réalisées incluant d'autres variables explicatives. Les analyses de cette première étude ont montré qu'il y a effectivement un lien statistiquement significatif et positif entre la participation aux ateliers, la qualité de la carte produite à l'examen et les performances académiques mais d'autres variables interviennent également comme l'historique académique, la thématique et les performances antérieures en année 2. L'effet des ateliers sur les performances académiques se manifeste nettement à moyen terme.

La seconde étude décrit, à travers une approche quantitative et structurelle, les cartes conceptuelles élaborées par des étudiants en formation dentaire pour quatre thématiques d'un cours de première année (UE₁). Deux examinatrices ont analysé la morphologie et le contenu des cartes pour déterminer la façon dont les étudiants ont organisé leurs connaissances, si leurs représentations se sont améliorées au fil du temps et l'impact de la thématique sur la qualité des cartes. Globalement, les résultats de cette deuxième étude sont assez prometteurs. Les étudiants organisent leurs connaissances différemment. Cette différence est due à un effet d'apprentissage lié à l'engagement réitéré à faire des cartes et à se familiariser avec la tâche. Toutefois, cet effet d'apprentissage était modéré par l'effet de la thématique cartographiée.

La troisième étude propose d'appliquer les méthodes classiques, connues dans la littérature, pour analyser six cartes conceptuelles. Celles-ci ont été extraites d'un échantillon plus large de cartes conceptuelles produites par des étudiants de première année en formation dentaire sur une même thématique. La première méthode qui a été appliquée est l'approche morphologique. Celle-ci donne une vision globale de l'organisation spatiale des concepts. Puis, l'approche descriptive qui consiste à quantifier les éléments constitutifs d'une carte conceptuelle. Ensuite, l'approche sémantique qui fournit une analyse détaillée des propositions et décrit le type de connaissances. Enfin, nous avons proposé une approche séquentielle qui combine les trois approches pré-citées et qui permet de réaliser une analyse plus approfondie. L'approche séquentielle s'est avérée potentiellement enrichissante.

La quatrième étude permet de découvrir la qualité et les types de connaissances

à travers la carte conceptuelle. À cette fin, nous avons analysé trente cartes conceptuelles produites par quinze étudiants en première année de formation dentaire, en utilisant l'approche méthodologique séquentielle comme méthode d'analyse et la dimension sémantique de la théorie des codes de légitimation comme cadre théorique. Cette dimension sémantique peut être un outil utile pour dévoiler la qualité et les types de connaissances. Nous discutons les différents aspects (morphologiques, descriptifs et sémantiques) au travers des résultats obtenus et de la manière dont les connaissances se répartissent sur le plan sémantique pour révéler la prédominance du caractère novice et les liens existants entre la théorie et la pratique. Ainsi, la cartographie conceptuelle permet de visualiser le tissage sémantique entre les différents types de connaissances et le degré d'articulation entre les connaissances théoriques et pratiques.

Chacune de ces études apporte un aperçu supplémentaire sur l'utilité de la cartographie conceptuelle en tant qu'activité pédagogique et contribue ainsi à enrichir la littérature scientifique au sujet de cette activité.

La discussion s'articule autour de deux axes de réflexion. Premièrement, elle propose de prendre du recul par rapport à l'intégration de la cartographie conceptuelle comme dispositif pédagogique et invite à l'associer à d'autres stratégies d'enseignement. La rétroaction est l'une des stratégies d'enseignement qui s'accorde parfaitement avec la cartographie conceptuelle. En effet, pour mieux engager les étudiants et leur permettre d'apprendre à apprendre, l'enseignant doit assurer le suivi des cartes produites en fournissant des commentaires et créer des moments d'échanges entre les pairs en discutant la qualité et le contenu des cartes. Les cartes conceptuelles sont utilisées pour promouvoir l'apprentissage collaboratif. Finalement, elle sera avantageuse si elle est considérée comme un processus d'apprentissage et non comme une fin en soi.

Deuxièmement, la discussion aborde les facteurs intrinsèques et extrinsèques qui devraient retenir l'attention du professeur lorsqu'il intègre la cartographie conceptuelle dans un dispositif pédagogique. L'environnement de l'apprentissage est conditionné par plusieurs éléments liés à l'étudiant ou liés au contexte d'apprentissage. Par ailleurs, les facteurs les plus communément connus se résument dans les performances antérieures ainsi que dans la motivation et l'engagement actif de l'étudiant qui peuvent influencer la qualité des cartes conceptuelles. Ce qui doit retenir notre attention dans la partie empirique c'est que, pour une même thématique cartographiée, une diversité de structures est présente et les profils sémantiques des étudiants sont extrêmement variés. Finalement, les connaissances en formation dentaire initiale sont restées globalement novices.

À l'aide de ces deux axes réflexifs et en tenant compte des limites de cette re-

cherche, la partie discussion propose une série de recommandations destinées aux enseignants, aux étudiants et aux chercheurs. Elle propose aussi des pistes pour que ce travail puisse contribuer en partie à de nouvelles recherches sur la cartographie conceptuelle.

Mots clés : carte conceptuelle, formation dentaire, ateliers, performances académiques, structure cognitive, effet d'apprentissage, effet de la thématique, approche quantitative, approche descriptive, approche qualitative, morphologie, analyse sémantique, méthodologie séquentielle, type de connaissances.

Abstract

The concept map is an educational activity that helps student learn concepts in a substantial way [1]. It enables the ability to visualize knowledge, identify knowledge gaps and conceptual errors. It is a graphic representation of knowledge widely used in medical education [2–5].

Several studies have recognized the potential of the concept map in dental medical training [6, 7]. It is common for first-year students to need help with connecting knowledge and seeing it as a cohesive whole. As a result, they are inclined to acquire isolated knowledge and create a significant gap between theoretical and practical knowledge.

The challenge of teachers is reflected in their mission to guide students towards learning approaches that optimize the development of expert knowledge structures [8]. The learner must use appropriate learning strategies to develop plausible links between theoretical and practical knowledge.

Therefore, students must be involved and actively engaged in learning [9]. Once introduced to this metacognitive activity, students can externalize their conceptual understandings and rethink their previous knowledge by connecting new knowledge [10].

This thesis proposes to deepen knowledge about conceptual mapping as an educational activity in dental training but will focus mainly on the quality of cognitive structures and types of knowledge. A combined methodology for in-depth analysis of concept maps will be presented and applied to several student concept maps.

The first study presents the value of conceptual mapping in dental education. It explores the effects of participation in workshops, aimed at developing concept maps, on the quality of a map developed at the final examination as well as the correlation between their academic performance on a short and medium term. In doing so, two successive cohorts of first-year dental students were followed for two teaching units (TU), TU₁ in year 1 and TU₂ in year 2. Optional workshops for developing concept maps were suggested in the first year. Academic performance was measured through questions during the final assessment. Concerning the participation in the workshops and the quality of a map produced at the final evaluation, quantitative analyses included other explanatory variables. The analyses of this first study showed that there is indeed a statistically significant and positive link between participation in workshops, the quality of the map produced for the exam, and academic performance, but other variables also were involved, such as academic history, theme, and previous performance in year 2. The effect

of workshops on academic performance is evident in the medium term.

Through a quantitative and structural approach, the second study describes the concept maps developed by dental students for four themes of a first-year course. Two examiners analyzed the morphology and content of the maps to determine how students organized their knowledge, whether their representations improved over time, and the topic's impact on the quality of the maps. The results of this second study are generally positive. Students organize their knowledge differently. This difference is due to a learning effect related to the repeated practice of making maps and becoming familiar with the task. However, this learning effect has been reduced by the topic being addressed in the map.

The third study proposes to apply classical methods, known in the literature, to analyze six conceptual maps. These were extracted from a larger sample of concept maps produced by first-year dental students on the same topic. The first method that has been applied is the morphological approach. This gives a global vision of the spatial organization of the concepts. Afterward, the descriptive approach involves counting the components of a conceptual map. Then, the semantic approach provides a detailed analysis of the proposals and describes the type of knowledge. Finally, we proposed a sequential approach that combines the three approaches mentioned above and allows for a more in-depth analysis. The sequential approach proved potentially rewarding.

The fourth and final study reveals the quality and types of knowledge through the concept map. To this end, we analyzed thirty concept maps produced by fifteen first-year dental students, using the sequential methodological approach as a method of analysis and the semantic dimension of the legitimation code theory as a theoretical framework. This semantic dimension can help reveal the quality and types of knowledge. We discuss the different aspects (morphological, descriptive, and semantic) through the results obtained and how knowledge is distributed semantically to reveal the predominance of the novice character and the existing links between theory and practice. Thus, conceptual mapping makes it possible to visualize the semantic weaving between the different types of knowledge and the degree of articulation between theoretical and practical knowledge.

Each of these studies provides additional insight into the usefulness of conceptual mapping as an educational activity and thus contributes to enriching the scientific literature about this activity.

Two lines of reflection are the focus of the discussion. The first suggestion is to rethink conceptual mapping as a pedagogical tool and encourage its integration with other teaching strategies. Using feedback as a teaching strategy is a perfect

fit for conceptual mapping. Indeed, to better engage students and allow them to learn, the teacher must monitor the cards produced by providing feedback and create moments of exchange between peers by discussing the quality and content of the maps. Concept maps are used to promote collaborative learning. It would be beneficial to view it as a learning process instead of a product.

Second, the discussion addresses the intrinsic and extrinsic factors teachers must consider by integrating conceptual mapping into a pedagogical framework. The learning environment is regulated by several factors that relate to the student or the learning context. Moreover, the most commonly known characteristics can be summarized in previous performance, student motivation, and active engagement that can influence the quality of concept maps. What should draw our attention in the empirical section is that for the same thematic map, a diversity of structures are present, and the semantic profiles of students are very varied. Finally, the knowledge in initial dental training remained generally novice.

The discussion section proposes a series of recommendations for teachers, students, and researchers, taking into account the limitations of this research, using these two reflexive frameworks. It also proposes ways for this work to contribute in part to new research on conceptual mapping.

Keywords

A concept map, dental training, workshops, academic performance, cognitive structure, learning effect, thematic effect, quantitative approach, descriptive approach, qualitative approach, morphology, semantic analysis, sequential methodology, and type of knowledge.

Bibliographie

- [1] Joseph D. Novak. Concept mapping : A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10) :937–949, 1990. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.3660271003.
- [2] Ian M. Kinchin. Concept mapping as a learning tool in higher education : A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1) :39–49, 2014. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2014.872011.
- [3] Beatrice Pudelko, Meredith Young, Philippe Vincent-Lamarre, and Bernard Charlin. Mapping as a learning strategy in health professions education : A critical analysis. *Med Educ*, 46(12) :1215–1225, 2012. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/medu.12032.
- [4] Claire Marchand and Jean-François d’Ivernois. Les cartes conceptuelles dans les formations en santé. *Pédagogie Médicale*, 5(4) :230–40, 2004. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2004031.
- [5] Anne Demeester. *Formation Initiale Au Raisonnement Clinique En Sciences Maïeutiques : Bénéfices, Limites et Perspectives d’utilisation Des Cartes Conceptuelles*. These de doctorat, Aix-Marseille, December 2014.
- [6] Y.M. Gil and B.-D. Lee. Concept map-based learning in an oral radiographic interpretation course : Dental students’ perceptions of its role as a learning tool. *European Journal of Dental Education*, 27(1) :201–208, 2022. ISSN 1396-5883. doi : 10.1111/eje.12828.
- [7] Ian M. Kinchin and L. B. Cabot. An introduction to concept mapping in dental education : The case of partial denture design. *European Journal of Dental Education*, 13(1) :20–27, 2009. ISSN 1600-0579. doi : 10.1111/j.1600-0579.2008.00532.x.
- [8] Ian M. Kinchin, Naomi E. Winstone, and Emma Medland. Considering the concept of reciprocity in student learning from a modified Bernsteinian perspective. *Studies in Higher Education*, 46(11) :2296–2308, November 2021. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075079.2020.1717459.
- [9] Noah L. Schroeder, John C. Nesbit, Carlos J. Anguiano, and Olusola O. Adesope. Studying and Constructing Concept Maps : A Meta-Analysis. *Educ Psychol Rev*, 30(2) :431–455, 2018. ISSN 1573-336X. doi : 10.1007/s10648-017-9403-9.
- [10] Joseph D. Novak and D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. ISBN 978-0-521-31926-3. doi : 10.1017/CBO9781139173469.

Table des matières

Remerciements	vii
Résumé	xi
Table des matières	xix
Table des figures	xxiii
Liste des tableaux	1

I Introduction et approche méthodologique

1 Introduction générale	3
1.1 Formation en médecine dentaire	4
1.2 Carte conceptuelle	6
1.2.1 Cartographie conceptuelle versus cartographie mentale	6
1.2.2 Les éléments constitutifs d'une carte conceptuelle	6
1.2.3 Morphologie de la carte conceptuelle	8
1.2.4 Logiciel Cmaptools	8
1.2.5 Cartographie conceptuelle : outil, stratégie d'apprentissage ou activité cognitive	10
1.2.6 Fondements théoriques	10
1.2.7 Cartographie conceptuelle : une activité d'apprentissage	11
1.3 Mesure de la qualité des cartes conceptuelles	12
1.3.1 Approches quantitatives	12
1.3.2 Approches qualitatives	13
1.4 Mesure de la complexité et de la contextualisation des connaissances	14
1.4.1 Dimension sémantique	14
1.4.2 Types de connaissances	16
1.4.3 Profil sémantique	16
1.4.4 De la connaissance novice à la connaissance experte	17

1.5	Problématiques ciblées dans cette thèse	17
1.6	Objectifs et structure de la thèse	19
1.6.1	<i>Objectif général</i>	19
1.6.2	<i>Objectif spécifique de la première étude</i>	20
1.6.3	<i>Objectif spécifique de la seconde étude</i>	20
1.6.4	<i>Objectif spécifique de la troisième étude</i>	20
1.6.5	<i>Objectif spécifique de la quatrième étude</i>	21
2	Approche méthodologique générale	31
2.1	Adaptation du protocole de recherche	32
2.2	Public cible et cours concerné	32
2.3	Activité : cartographie conceptuelle	34
2.4	Relation entre les quatre études	35
2.4.1	<i>Quatre études réalisées lors de cette thèse</i>	36
2.5	Protocoles de recherche et collecte des cartes conceptuelles	36
2.6	Analyse des cartes	42
2.6.1	<i>Approche quantitative dans la première étude</i>	42
2.6.2	<i>Analyse descriptive des propositions</i>	43
2.6.3	<i>Codage de la morphologie</i>	44
2.6.4	<i>Analyse descriptive des propositions</i>	44
2.6.5	<i>Codage sémantique des propositions correctes</i>	45
2.7	Approche méthodologique séquentielle (Études 3 et 4)	47

II Partie empirique

3	Intérêt de la cartographie conceptuelle en formation initiale de médecine dentaire	53
3.1	Introduction	56
3.1.1	<i>Contexte et problématique</i>	56
3.1.2	<i>Objectif</i>	57
3.2	Méthodes	59
3.2.1	<i>Population cible et contexte éducatif</i>	59
3.2.2	<i>Procédure de recherche</i>	60
3.2.3	<i>Recueil de données et mesure des variables</i>	60
3.2.4	<i>Méthode d'analyse</i>	64
3.3	Résultats	64
3.3.1	<i>Effet de la participation aux ateliers sur la qualité d'une CC et sur les PB et PH en A_1 et en A_2</i>	64
3.3.2	<i>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</i>	70
3.4	Discussion	71
3.4.1	<i>Résultats principaux</i>	71

3.4.2	<i>Limites de l'étude</i>	73
3.5	Conclusion	74
4	The quality of first-year dental students' cognitive structures through concept maps and the factors that influence it	81
4.1	Introduction	84
4.2	Methods	87
4.2.1	<i>Sample</i>	87
4.2.2	<i>Course content and concept map training</i>	87
4.2.3	<i>Analysing CM through qualitative and descriptive approaches</i>	88
4.3	Results	91
4.3.1	<i>Morphology and content</i>	91
4.3.2	<i>Morphological and content evolution of CMs</i>	92
4.4	Discussion	101
4.5	Conclusion	105
5	Une méthodologie séquentielle pour une analyse approfondie des cartes conceptuelles	113
5.1	Introduction	114
5.1.1	<i>Approche quantitative centrée sur l'évaluation</i>	114
5.1.2	<i>Approche descriptive centrée sur la qualité du contenu</i>	115
5.1.3	<i>Approches morphologique et sémantique centrées sur la qualité de la carte</i>	115
5.1.4	<i>Quelle est la meilleure façon de procéder pour analyser une carte conceptuelle ?</i>	116
5.2	Méthode	117
5.3	Résultats	122
5.3.1	<i>Approche morphologique : reconnaissance simplifiée de la structure d'une carte</i>	122
5.3.2	<i>Approche descriptive</i>	122
5.3.3	<i>Approche sémantique</i>	123
5.3.4	<i>Approche séquentielle : combinaison des trois approches</i>	123
5.4	Discussion	140
5.5	Conclusion	143
6	Découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la cartographie conceptuelle	149
6.1	Structure des connaissances et cartographie conceptuelle	150
6.2	Types de connaissances	150
6.3	Dimension sémantique de la théorie des codes de légitimation	151
6.4	Matériels et méthode	154
6.4.1	<i>Échantillon et collecte de données</i>	154
6.4.2	<i>Procédure d'analyse</i>	155

6.5	Résultats	156
6.5.1	<i>Analyse de la morphologie des cartes par l'approche séquentielle . . .</i>	156
6.6	Discussion	169
6.7	Conclusion	172

III Discussion générale

7	Discussion générale	179
7.1	Retour sur les principaux résultats	180
7.1.1	<i>Retour sur la première étude</i>	180
7.1.2	<i>Retour sur la deuxième étude</i>	181
7.1.3	<i>Retour sur la troisième étude</i>	182
7.1.4	<i>Retour sur la quatrième étude</i>	183
7.2	Comment intégrer la cartographie conceptuelle dans un environne- ment d'apprentissage ?	184
7.2.1	<i>Allier la cartographie à l'apprentissage collaboratif</i>	184
7.2.2	<i>Allier la cartographie à la rétroaction</i>	185
7.2.3	<i>Allier la cartographie à l'apprentissage par problèmes</i>	186
7.3	Les facteurs qui influencent la qualité de la cartographie conceptuelle	188
7.3.1	<i>Facteurs intrinsèques</i>	188
7.3.2	<i>Facteurs extrinsèques</i>	189
7.4	Bénéfices et limites des cartes conceptuelles	190
7.5	Double posture : enseignement - recherche	192
7.5.1	<i>En tant qu'enseignante</i>	192
7.5.2	<i>En tant que chercheuse</i>	193
7.6	Implications et perspectives	193
7.6.1	<i>Implications pour la pratique</i>	194
7.6.2	<i>Perspectives pour la recherche</i>	195
7.7	Conclusion générale	197

IV Pages d'appoint

8	Annexes	207
8.1	Publications et communications scientifiques	208
8.2	Annexes : chapitre 3	209
8.3	Annexes : chapitre 4	215

Table des figures

1.1	Éléments constitutifs d'une carte conceptuelle.	7
1.2	Les différentes morphologies des cartes conceptuelles	9
1.3	Plan sémantique qui représente les composantes (D,G) selon le degré de complexité et le degré de contextualisation.	15
2.1	Quatre études réalisées lors de cette thèse.	37
2.2	Quatre phases de la première étude (chapitre 3).	38
2.3	Protocole de la première étude (chapitre 3)	39
2.4	Protocole détaillé de la troisième étude réalisée avec la quatrième cohorte 2018-2019	41
2.5	Carte conceptuelle qui présente les différents cheminements suivis pour analyser, en profondeur, une carte conceptuelle	48
3.1	Une représentation cartographique des différentes formes de cartographie (élaborée à partir de Tardif [8])	58
3.2	Les différentes formes de cartes conceptuelles identifiées dans notre échantillon.	61
3.3	Performances de base et de haut niveau à l'examen des unités d'enseignement UE ₁ (en première année) et UE ₂ (en deuxième année) selon le score d'appréciation des cartes conceptuelles (SCC) produites à l'examen de l'UE ₁	70
3.4	Carte conceptuelle qui présente l'étude 1 concernant l'intérêt de la cartographie conceptuelle en formation initiale de médecine dentaire	80
4.1	Concept map morphologies	85
4.2	Research protocol	89
4.3	The representative concept map of the first topic "oral and dental health" with a spoke structure.	94
4.4	The representative concept map of the first topic "oral and dental health" with a network structure	95

4.5	The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with an unconnected structure	96
4.6	The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with a cyclic structure	97
4.7	The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with an undeveloped structure	98
4.8	The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with an unreflective structure	99
4.9	Evolution in the morphology of students’ CMs from topic 1 to topic 4 (N = 31)	100
4.10	Carte conceptuelle qui présente l’étude 2 concernant la qualité des structures cognitives des étudiants en première année de médecine dentaire à travers les cartes conceptuelles et les facteurs qui l’influencent	111
5.1	Critères pour identifier les types de connaissances, la densité et la gravité sémantique ainsi que des exemples repris des cartes d’étudiants.	119
5.2	Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.01	126
5.3	Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.02	128
5.4	Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.03	130
5.5	Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.04	132
5.6	Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.05	134
5.7	Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.06	136
5.8	Profils sémantiques esquissés suite à l’analyse sémantique des cartes conceptuelles de la thématique « santé bucco-dentaire »	138
5.9	Carte conceptuelle qui présente les différents cheminements suivis pour analyser une carte conceptuelle	139
6.1	Types de connaissances classées selon la dimension sémantique	153
6.2	Collecte des cartes conceptuelles selon le protocole de l’étude 2 (chapitre 4)	154
6.3	Profils sémantiques pour les cinq cartes conceptuelles dont la morphologie est « non développée ».	161
6.4	Profils sémantiques pour les cinq cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « non réfléchie »	162
6.5	Profils sémantiques pour les sept cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « non connectée »	163

6.6	Profils sémantiques pour les trois cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « cyclique »	165
6.7	Profils sémantiques pour les trois cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « en réseau »	166
6.8	Profils sémantiques pour les sept cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « radiale »	167
6.9	Carte conceptuelle qui présente le chapitre : découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la carte conceptuelle	176
7.1	Carte conceptuelle cumulative	204
8.1	Annexe de l'étude 1 : carte de référence produite pour la première thématique du cours (santé bucco-dentaire)	209
8.2	Annexe de l'étude 1 : carte de référence produite pour la deuxième thématique du cours (Hygiène et prévention dentaire)	210
8.3	Annexes qui illustrent l'image et le tableau des questions 3 et 4 du tableau 3.1 (chapitre 3)	211
8.4	Exemples de cartes conceptuelles produites par les étudiants de la cohorte 1 sur la thématique "santé bucco-dentaire"	212
8.5	(a) Dispersion of the total number of concepts and (b) the ratio of key concepts by morphology type for topic 2 (N = 31)	215
8.6	(a) Dispersion of the total number of concepts and (b) the ratio of key concepts by morphology type for topic 3 (N = 31)	216
8.7	(a) Dispersion of the total number of concepts and (b) the ratio of key concepts by morphology type for topic 4 (N = 31)	217
8.8	Jitter plot of total number of concepts and key concepts per topic (N = 31)	219

Liste des tableaux

2.1	Description des modalités d'utilisation de la cartographie conceptuelle pour les cinq cohortes de première année en formation dentaire	33
2.2	Description de l'approche d'analyse des cartes utilisées dans les quatre études.	43
2.3	Valeurs du coefficient kappa de Cohen pour la fidélité « <i>test - retest</i> » du codage morphologique.	44
2.4	Coefficients de fiabilité inter-examineurs (kappa de Cohen) et la stabilité du codage par rapport à la version consensus pour les propositions-clés des quatre thématiques du cours UE ₁	45
2.5	Coefficients de concordance (kappa de Cohen) pour trois cartes conceptuelles.	46
3.1	Description des différents niveaux de la taxonomie <i>Structure of the Observed Learning Outcomes</i> (SOLO) et classification des questions d'examen (juin 2016) selon les performances attendues.	62
3.2	Critères d'analyse et barème d'attribution des scores pour l'évaluation des cartes conceptuelles.	63
3.3	Les variables dépendantes et indépendantes utilisées dans la régression linéaire multiple.	65
3.4	Mesures descriptives des variables numériques (a) et catégoriques (b) utilisées dans notre étude.	66
3.5	Matrice de corrélations des variables numériques.	67
3.6	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'enseignement1 (UE ₁) en première année (A ₁).	68
3.7	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 (UE ₁) sur les performances terme.	69

4.1	Key concepts defined by the teacher for each topic - translated into English	90
4.2	Descriptive statistics for CM characteristics for the four topics ($N_{total}=124$)	93
5.1	Analyse des six cartes conceptuelles en appliquant l'approche séquentielle	125
6.1	Résultats de l'analyse, par l'approche séquentielle, des cartes conceptuelles produites par quinze étudiants en formation dentaire sur la première thématique du cours (santé bucco-dentaire)	159
6.2	Résultats de l'analyse, par l'approche séquentielle, des cartes conceptuelles produites par quinze étudiants en formation dentaire sur la deuxième thématique du cours (hygiène et prévention dentaire)	160
8.1	Evolution de la morphologie des cartes conceptuelle (chapitre 4) . . .	218

PARTIE I

1

Introduction générale

Ce chapitre présente une introduction générale pour décrire le contexte particulier de la formation dentaire et sa spécificité. Afin d'acquérir des connaissances expertes, l'étudiant doit tisser des liens entre les connaissances théoriques et les connaissances pratiques. Ensuite, ce chapitre décrit quelques aspects généraux de la carte conceptuelle comme activité d'apprentissage et d'évaluation tout en précisant les forces et les limites pour chaque utilisation. Ce chapitre apporte également un bref rappel au sujet des problématiques ciblées dans les quatre études de la thèse. Enfin, l'objectif général et les objectifs spécifiques de la thèse sont présentés à la fin de ce chapitre.

Éléments-clés :

- Le tissage de lien entre la théorie à la pratique est une spécificité de la formation dentaire ;
- La carte conceptuelle comporte deux éléments essentiels : les concepts à connecter et les propositions ;
- La cartographie conceptuelle favorise l'activité cognitive chez les étudiants.

1.1 Formation en médecine dentaire

Les étudiants en formation dentaire ont besoin d'acquérir des compétences professionnelles et de devenir des experts en la matière. D'emblée, ils commencent le parcours d'apprentissage comme étudiants novices ayant des connaissances peu organisées alors que les experts disposent de connaissances très organisées et bien structurées, qu'ils utilisent efficacement et aisément dans des contextes professionnels [1]. Le modèle d'acquisition de compétences de Dreyfus est un modèle pragmatique qui permet aussi bien à l'enseignant qu'à l'apprenant d'acquérir des connaissances à des fins professionnelles [2]. Selon ce modèle, le novice a peu ou pas d'expérience dans le domaine qu'il aborde. Il vise donc, prématurément, la réussite sans pour autant se focaliser sur le processus d'apprentissage. Il est facilement perturbé par des situations inédites qui présenteront une difficulté essentielle dans son parcours d'apprentissage. Le novice prend rarement des initiatives pour comprendre ce qu'il doit apprendre, il attend qu'il soit guidé ou accompagné dans son parcours par des actions et des directives. Il devient progressivement expert lorsque ses perspectives deviennent plus affinées selon les situations, le contexte et les stratégies mobilisées. L'expert reconnaît intuitivement la situation et le mécanisme de « prise de décision » devient invisible et spontané. Par ailleurs, l'acquisition de l'expertise ne doit pas être une action abstraite et formelle mais doit être favorisée par un apprentissage signifiant et en profondeur qui connecte les connaissances théoriques à la pratique.

La formation dentaire est un ensemble vaste et complexe de connaissances théoriques et pratiques qui doivent s'articuler pour que l'apprenant acquière le niveau d'expertise souhaité. L'objectif ultime de cette formation est de former des étudiants capables d'entreprendre une large gamme de missions d'une manière authentique et compétente [3]. Depuis son entrée à l'université jusqu'à la fin de sa carrière professionnelle, le dentiste affronte des situations d'apprentissage fréquemment inédites. Les programmes de la formation dentaire comportent à la fois des connaissances théoriques et pratiques. La nature procédurale de la pratique clinique dentaire est tributaire des connaissances implicites dites tacites.

L'articulation de la pratique experte avec la théorie sous-jacente repose sur des liens entre les séquences d'action (la pratique observable) et le réseau sous-jacent de compréhension à partir duquel elles sont tirées. Ces liens sont généralement inconnus et automatisés dans la pratique [4]. Afin d'enseigner les connaissances pratiques de manière appropriée et de les connecter convenablement aux connaissances théoriques, plusieurs auteurs [4, 5] ont suggéré que les programmes d'enseignement dentaire devaient désavantager l'apprentissage par coeur et intégrer des processus d'apprentissage tacites (comme l'observation, la démonstration, la réflexion) et que les enseignants devraient promouvoir des activités d'apprentissage

qui entravent l'automatisation des actions pratiques, soutiennent la réflexion critique et renforcent la connexion entre les actes pratiques et la théorie sous-jacente.

À ce propos, la compréhension des concepts et la structuration des connaissances, qu'elles soient théoriques ou pratiques, sont essentielles pour l'acquisition des compétences professionnelles. Organiser et comprendre les concepts et les procédures permet aux apprenants de s'engager dans un processus d'apprentissage plus complet sur le plan cognitif. D'après Rumelhart et Norman [6], l'apprentissage est le résultat du changement ou de l'adaptation des connaissances existantes par le biais de nouvelles connaissances et qui exige le choix de structures appropriées. De plus, plusieurs recherches ont reconnu l'organisation et la structuration des connaissances comme un élément fondamental de l'apprentissage [7, 8]. Bref, au début de son parcours universitaire, l'étudiant manifeste des difficultés dans la structuration des connaissances ce qui traduit un manque de compréhension en profondeur. Pour mieux apprendre et assurer une rétention plus efficace, il doit s'approprier des stratégies d'apprentissage. La mission de l'enseignant n'est pas moindre : il doit contribuer au développement cognitif des étudiants et induire des changements conceptuels chez eux [9]. Le défi majeur est donc de créer des liens étroits entre la théorie et la pratique, ce qui requiert la mise en place de ressources habilitantes et des stratégies d'apprentissage qui favorisent la réflexion et les connexions entre les différents types de connaissances [10]. C'est ainsi que les méthodes d'enseignement et d'apprentissage ont connu des ajustements considérables afin de favoriser l'apprentissage signifiant et efficace et de garantir la qualité de l'expertise visée [11].

De nombreux courants théoriques ont influencé la pédagogie de la formation dentaire. D'une part, le constructivisme qui a mis l'accent sur la façon dont l'apprenant construit son apprentissage. Dans cette perspective, l'apprenant construit activement des connaissances fondées sur l'expérience, les perceptions et les connaissances préalables. Selon cette théorie constructiviste de l'apprentissage, la compréhension croissante est considérée comme un processus visant à élargir et à enrichir les relations établies entre les connaissances [12]. De surcroît, l'approche constructiviste incite les enseignants à soutenir les étudiants et à les aider à devenir des apprenants actifs en développant des connaissances fondées sur les connaissances antérieures [13]. D'autre part, la psychologie cognitive a apporté une contribution significative en expliquant certains processus d'apprentissage tels que la façon dont les connaissances sont organisées et stockées, le fonctionnement de la mémoire et le sens qu'ont les individus de leur expérience [14].

Organiser les connaissances et établir des liens entre elles contribuent à l'acquisition de compétences professionnelles dans la formation dentaire. Au cours des dernières décennies, depuis l'introduction de la carte conceptuelle dans la commu-

nauté éducative par Novak, cette activité a servi à de multiples fins pédagogiques. En plus, la cartographie conceptuelle s'est révélée utile pour faciliter l'articulation entre les connaissances théoriques et pratiques. De ce fait, l'étudiant doit être initié à cette activité méta-cognitive qui lui permet de construire des représentations cognitives et de promouvoir le passage de l'apprentissage passif (par cœur) à un apprentissage signifiant et plus engagé [15].

1.2 Carte conceptuelle

1.2.1 Cartographie conceptuelle versus cartographie mentale

Ces dernières années, la schématisation des connaissances est devenue une alternative éducative liée à plusieurs fins. Plusieurs représentations graphiques sont utilisées pour permettre aux étudiants d'exprimer autrement ce qu'ils ont acquis. La caractéristique commune à ces représentations est l'utilisation de relations schématiques de natures diverses. Les schémas structurés sont considérés comme plus compréhensibles que de simples mots et présentent, d'une manière assez commode et explicite, des thématiques relativement complexes.

Les techniques de cartographie les plus utilisées sont la cartographie conceptuelle et la cartographie mentale. Cette dernière est une représentation d'une pensée spontanée avec une forme plus libre partant d'un concept central qui se développe en général en branches périphériques. C'est une stratégie d'étude qui facilite la rétention de l'information et facilite la prise de notes [16]. Par contre, la cartographie conceptuelle, telle que développée par Novak [17], est une activité de réflexion qui incite l'étudiant à découvrir les relations entre les concepts et à les exprimer par des mots, ce qui n'apparaît pas dans une carte mentale. Eppler [18] et Davis [19] ont montré que ces deux techniques de cartographie des connaissances sont distinctes. Pour cela, ces deux représentations ne doivent pas être confondues et le choix de l'activité dépendra de la finalité de son utilisation.

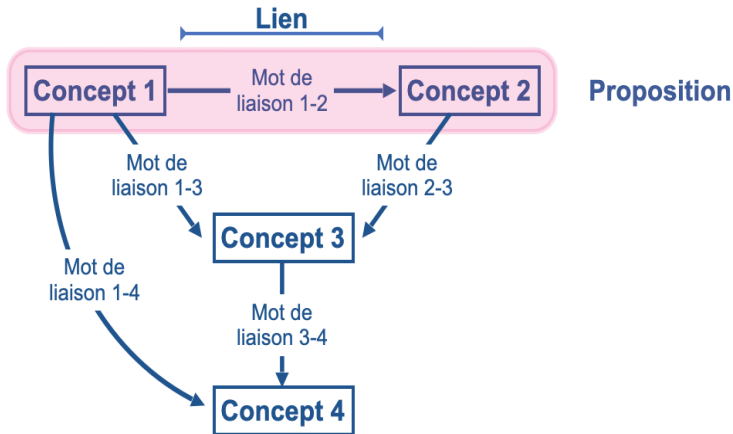
1.2.2 Les éléments constitutifs d'une carte conceptuelle

La carte conceptuelle a été développée par Novak et Gowin [20] dans les années septante pour présenter l'organisation des connaissances et les relations entre les concepts sous une forme graphique. Une carte conceptuelle consiste en deux unités d'information déterminantes, à savoir les concepts et les propositions (Figure 1.1).

La carte conceptuelle se présente sous forme d'un ensemble de concepts, enfermés dans des nœuds, organisés et associés les uns aux autres par des mots de liaison qui les connectent pour leur donner un sens. Deux concepts reliés constituent une proposition. Les relations entre ces concepts s'établissent à l'aide de flèches qui montrent explicitement le sens que donne l'apprenant à la proposition

formulée.

Figure 1.1 Éléments constitutifs d'une carte conceptuelle.



Cette représentation schématique permet de mettre en évidence un ensemble de significations conceptuelles incluses dans les propositions formulées [21].

Concepts

Appelés aussi des nœuds, les concepts sont indiqués dans une forme géométrique. Ils peuvent ne contenir qu'un seul mot. Cependant, il faut parfois plus d'un mot pour définir l'idée générale que l'on veut exprimer. Les cartes conceptuelles se présentent généralement sous différentes formes. La plus connue est la carte novakienne qui présente la forme d'une structure hiérarchique verticale : les concepts les plus généraux se trouvent en haut et les plus spécifiques en bas. Mais elle peut aussi être présentée sous d'autres formes.

Propositions

Dans la théorie cognitive d'Ausubel [22], une proposition est identifiée comme étant la plus petite unité de la connaissance qui définit un énoncé significatif composé de concepts reliés pour créer une unité de sens [23]. En termes de contenu, les propositions peuvent être statiques ou dynamiques. Safayeni et al. considèrent que la proposition est statique lorsque la proposition soulève des liens entre les concepts qui décrivent, définissent et agencent les connaissances [24]. En revanche, une proposition est dynamique lorsqu'elle exprime une action, un changement ou

une dépendance [25].

Liens

Dans une carte conceptuelle, les liens permettent de connecter les concepts et d'apporter de la précision et du sens à une proposition. Un lien comporte deux éléments : une ligne fléchée pour joindre deux concepts et donner un sens de relation, et un mot de liaison pour marquer la relation. Il s'agit en règle générale d'un verbe, mais il peut s'agir d'autres mots, qui précisent la relation entre deux concepts. Selon Miller [25], la détermination de la relation entre deux concepts est une tâche considérable qui exprime le degré de compréhension [26].

Concrètement, la détermination de lien approprié qui relie les concepts pourrait être la partie la plus épineuse lors de l'élaboration d'une carte conceptuelle. En particulier, si les liens relient des concepts de différentes parties de la carte (liens-croisés), la formulation est moins évidente et l'effort cognitif est plus conséquent puisque cela exige plus de créativité [25].

Finalement, nous pouvons décrire une carte conceptuelle comme étant un ensemble de connaissances. Chaque connaissance se traduit par deux concepts reliés par une flèche ayant un sens et connectés par un mot de liaison qui donne du sens à la proposition formée [27].

1.2.3 Morphologie de la carte conceptuelle

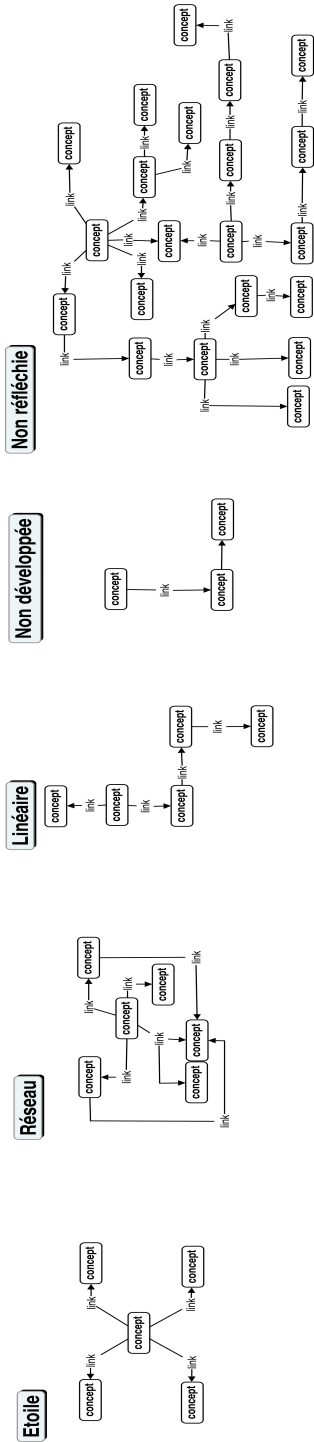
Les principales formes de carte conceptuelle illustrées dans figure 1.2 représentent les grands types morphologiques susceptibles d'être rencontrés. La représentation de ces morphologies s'inspire largement de plusieurs travaux [24, 28, 29]. Les étudiants peuvent présenter des cartes sous forme : étoile dite radiale, linéaire, réseau, cyclique, non développée ou non réfléchi. Les caractéristiques de ces formes sont décrites explicitement dans le quatrième chapitre de cette thèse.

1.2.4 Logiciel Cmaptools

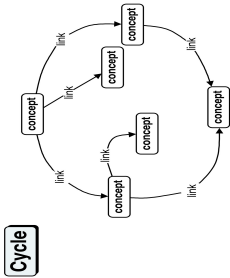
De nombreux logiciels permettent le transfert de la cartographie conceptuelle à l'environnement informatique. Le plus utilisé est « Cmaptools ». Ce logiciel, téléchargeable sur le web (www.cmap.ihmc.us), est le résultat de recherches menées au *Florida Institute for Human & Machine Cognition* (IHMC). Ce logiciel est un outil d'apprentissage efficace qui aide à construire, naviguer, partager et discuter des cartes conceptuelles. Il permet de visualiser une thématique et les idées qui l'explicitent de manière visuelle et graphique. Il présente également de nombreux avantages en termes de créativité. Les propositions peuvent être visualisées sous forme graphique mais peuvent être converties en texte sous forme de liste de propositions.

Figure 1.2 Les différentes morphologies des cartes conceptuelles

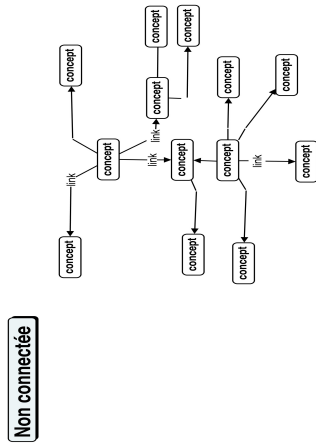
a) Morphologies décrites par Kinchin (2000, 2020)



b) Morphologie décrite par Safayeni (2005)



c) Morphologie décrite par Sadki & Mateu Ramis (2023)



1.2.5 Cartographie conceptuelle : outil, stratégie d'apprentissage ou activité cognitive

Alors que certains auteurs considèrent la cartographie conceptuelle comme stratégie d'apprentissage dans la formation des professions de la santé [30], d'autres la décrivent comme un outil d'apprentissage ou d'évaluation [31–33]. Par exemple, Tardif a décrit la carte conceptuelle comme un outil puissant pour apprécier les apprentissages et un instrument d'évaluation des compétences [34].

Au début de notre recherche, nous avons utilisé la carte conceptuelle comme un outil à la fois d'apprentissage et d'évaluation. Mais, l'évolution de nos travaux nous a orienté vers une autre considération qui s'accorde avec la description de Pudenko : la carte conceptuelle représente le produit d'une activité cognitive. Par ailleurs, elle est utilisée en tant que stratégie d'apprentissage pour représenter les connaissances [35].

Pour décrire la carte conceptuelle dans la première version de ce manuscrit, nous avons utilisé les trois termes : outil, stratégie d'apprentissage et activité cognitive. Suite aux remarques des experts et pour uniformiser la terminologie, nous allons garder le terme activité cognitive puisqu'il décrit amplement l'objectif de ce travail de recherche.

1.2.6 Fondements théoriques

La cartographie conceptuelle trouve son origine dans l'épistémologie constructiviste et dans la théorie de l'assimilation qui est un élément indispensable de l'apprentissage significatif d'Ausubel [22]. Grâce à cette activité cognitive, les nouvelles connaissances sont assimilées en établissant des liens avec les connaissances antérieures. Les nouveaux concepts sont ancrés dans une structure cognitive qui enrichit le réseau de significations et élargit la matrice d'apprentissage. Cette méthode d'appropriation des connaissances facilite la rétention de l'information et favorise la réflexion des étudiants [36, 37].

À cet égard, la cartographie conceptuelle facilite les processus de construction et d'utilisation des représentations élaborées et peut être considérée comme l'activité cognitive idéale pour rendre visibles les connaissances acquises [38, 39]. Un autre principe cognitif important est celui de la réconciliation intégrative. La réconciliation intégrative consiste à explorer explicitement les relations significatives entre les idées, à identifier les similitudes et les différences entre les idées et à concilier les incohérences apparentes ou réelles. Il en résulte que l'apprenant peut définir de manière claire et précise les similitudes et les différences entre les concepts et pourrait apprendre avec moins d'ambiguïté [40].

Le modèle constructiviste de Piaget préconise un apprentissage qui s'effec-

tue dans l'interaction entre l'apprenant et son environnement. L'acquisition des connaissances est le résultat d'un apprentissage par action. Dès lors, ce courant de constructivisme admet que le développement d'un individu en interaction avec son environnement est un processus continu de construction et d'organisation des connaissances [13]. Pour Ausubel, la théorie cognitive [41] a mis l'accent sur le processus d'apprentissage avec ces différentes facettes : la pensée, la mémoire, le savoir et la résolution de problème. La théorie cognitive s'est vue développée en approche constructiviste piagétienne [42] en considérant que l'apprenant se voit construire activement les nouvelles connaissances sur base des connaissances existantes.

Dans cette approche constructiviste, la capacité de l'étudiant à construire sa propre compréhension n'est pas conditionnée par la méthode d'enseignement mais gravite autour de la structuration des connaissances. D'autres théories se sont plus focalisées sur divers aspects tels que la rétention, la reproduction, la motivation, la pratique (*social learning theory*) ou des facteurs plus personnels centrés sur l'étudiant (*humanism*) [42].

Enseigner pour former des experts, fait partie des préoccupations de l'enseignant. Par conséquent, faire appel à la cartographie conceptuelle dans sa pratique pédagogique, permet à l'enseignant de cibler les besoins des étudiants grâce aux modèles mentaux fournis par les représentations graphiques [43].

Selon Torre et. coll [44], la cartographie conceptuelle est une application directe de la théorie cognitive en formation médicale.

1.2.7 Cartographie conceptuelle : une activité d'apprentissage

La cartographie conceptuelle a été largement utilisée dans la communauté éducative pour de nombreuses fins. Elle représente l'activité d'apprentissage qui a fait preuve, à maintes reprises, de son efficacité pour aider les apprenants à structurer leurs nouvelles connaissances et comme modèle tangible pour démontrer la connaissance d'un sujet [45, 46]. L'utilité de la cartographie conceptuelle est pédagogiquement plus étendue : elle nous renseigne sur les différentes manières de structurer les connaissances acquises [15]. En plus, Richhart [37] a montré le potentiel de cette activité cognitive qui permet de révéler les changements conceptuels chez les apprenants favorisant ainsi leur réflexion. Dans ce sens, la cartographie conceptuelle doit jouer un rôle actif dans le développement des étudiants [47].

En tant que telle, la cartographie conceptuelle permet aux nouvelles connaissances d'être assimilées en établissant des liens avec des connaissances antérieures préexistantes. L'étape importante et cruciale dans l'élaboration de la carte conceptuelle est l'identification des liens [47]. Cette action de réflexion est utile dans le

développement des capacités de raisonnement [48]. Ainsi, la rétention devient plus facile et l'étudiant acquiert des connaissances significatives. Par conséquent, cette activité nous permet d'analyser la structure des connaissances et la validité des liens dans les nouvelles connaissances [49].

1.3 Mesure de la qualité des cartes conceptuelles

1.3.1 Approches quantitatives

Dans de nombreuses études, l'accent est souvent mis sur l'analyse et l'évaluation quantitative des cartes conceptuelles. Qu'elle soit formative ou sommative, l'analyse de la carte conceptuelle fait appel à de multiples critères. Il est possible d'évaluer une carte conceptuelle, de la comparer à une carte de référence élaborée par un expert [50, 51]. Novak et Gowin ont proposé des critères d'analyse basés sur les théories de l'apprentissage [20], mais les méthodes de notation de cartes conceptuelles se sont diversifiées avec son usage considérable dans différents domaines éducatifs utilisant, particulièrement, l'approche quantitative dans la notation des cartes [52, 53].

Au-delà des méthodes qui visent essentiellement l'analyse des propositions, la littérature propose d'autres techniques d'évaluation telles que la notation traditionnelle, holistique et catégorielle [54–57]. La notation traditionnelle quantifie le nombre de concepts, les niveaux hiérarchiques et le nombre de liens croisés en utilisant des scores pondérés. La notation holistique évalue l'exhaustivité, l'organisation et l'exactitude des cartes conceptuelles. Par contre, dans la notation catégorielle, les évaluateurs regroupent chaque concept dans une carte conceptuelle selon les catégories appropriées puis utilisent la distribution des concepts pour analyser dans quelle mesure un étudiant associe une catégorie spécifique au sujet central.

D'après Ruiz-Primo [54], bien que la carte conceptuelle soit considérée comme une activité d'apprentissage à évaluer et qui nécessite une méthode de notation valide et fiable, cette mesure varie considérablement. Les enjeux liés à l'utilisation des cartes conceptuelles dans l'évaluation ont été largement discutés dans la littérature [56, 58]. Les auteurs recommandent de fournir des informations de fiabilité et de validité sur l'effet des différentes techniques de cartographie avant qu'elles ne soient utilisées pour l'évaluation. Ils ajoutent qu'il est primordial de s'assurer de la capacité des étudiants à utiliser les cartes conceptuelles et donc de mettre l'accent sur la formation des étudiants à cette activité et sur son effet sur l'enseignement.

1.3.2 Approches qualitatives

L'évaluation des cartes conceptuelles doit refléter ses fondements constructivistes, l'approche quantitative pour évaluer une carte conceptuelle risque de dévier de la visée pédagogique de cette activité cognitive, décrite par Novak et Gowin à savoir, soutenir la qualité de l'apprentissage [20]. Par conséquent, mettre l'accent sur un score accroît l'importance accordée à la carte comme produit plutôt qu'à la carte comme processus [58, 59]. Cela suggère qu'une évaluation plutôt qualitative aboutit à une reconnaissance de la structure et de la qualité des cartes. Les critères structurels et sémantiques proposés dans les travaux de Cañas et. al [23] montrent ce que nous pourrions qualifier de « bonne » carte conceptuelle : une carte dont le contenu et la structure sont concis et explicatifs. En élaborant une excellente carte, l'apprenant fait preuve d'une compréhension profonde avec une carte claire et équilibrée en lien et concepts [43]. Cependant l'attribution d'un score à une carte de haute qualité reste ambivalente. Cela suggère qu'une approche plutôt qualitative apporte plus d'indices sur la qualité de l'apprentissage grâce à une reconnaissance de la structure et de la qualité des cartes.

Dans une étude récente [60], une analyse du contenu et de la structure des cartes conceptuelles selon les niveaux de la taxonomie SOLO (*Structure of Observed Learning Outcomes*) a révélé des résultats prometteurs pour mesurer l'évolution de l'apprentissage.

La taxonomie SOLO est parmi les modèles les plus utilisés pour évaluer la complexité des résultats d'apprentissage. Elle a été introduite pour la première fois par Biggs et Collis [61]. Le terme «*Structure*» précise que c'est la structure des connaissances qui est évalué. Le terme «*learning outcomes*» désigne le résultat d'apprentissage de l'étudiant. Le mot «*Observed*» souligne qu'il s'agit d'une observation du résultat d'apprentissage que l'étudiant démontre lors d'une évaluation à un instant donné.

Cette taxonomie décrit cinq niveaux de complexité dans la structure des résultats d'apprentissage observés :

1. le niveau préstructural : l'étudiant ne comprend pas le problème ou utilise des tautologies pour raisonner.
2. le niveau unistrial : un seul aspect ou cause du problème est spécifié.
3. le niveau multistrial : un certain nombre d'aspects ou de causalités sont précisés, mais ils ne sont pas coordonnés en un tout cohérent.
4. le niveau relationnel : un changement qualitatif par rapport au niveau précédent se produit et l'étudiant démontre comment les différents aspects interagissent entre eux.
5. le niveau étendu : l'étudiant généralise sa compréhension à d'autres contextes

plus larges, à un niveau de complexité plus élevé.

1.4 Mesure de la complexité et de la contextualisation des connaissances

Les cartes conceptuelles produites par les étudiants peuvent être utilisées également pour explorer et analyser la qualité et les types de «connaissances» des étudiants. Cependant, nous savons peu de choses sur la façon dont ces cartes peuvent être analysées, en particulier lorsque les propositions sont étroitement liés aux connaissances théoriques et pratiques. Des travaux récents ont présenté une nouvelle approche d'analyse en utilisant la densité sémantique et la gravité sémantique, deux concepts issus du cadre de la théorie du code de légitimation qui conceptualise la complexité et la contextualisation des connaissances [43].

La théorie du code de légitimation (TCL) est connue dans un contexte sociologique pour la recherche et l'information sur la pratique. Ainsi, elle reflète le "réalisme social" qui considère la connaissance comme étant résultante sociale et réelle avec des effets[62]. Dans sa modélisation, la théorie de code de légitimation repose, entre autres, sur les fondements du travail de Bernstein et utilise les idées bernsteiniennes de structures de connaissances horizontales et verticales [63]. Bernstein distingue le «discours horizontal» ou le savoir de tous les jours du «discours vertical» qui représente le savoir éducatif [62]. Maton s'est inspiré du modèle de Bernstein des «discours» et des «structures de connaissances» pour l'adapter et proposer son modèle TCL.

1.4.1 Dimension sémantique

Maton [64] a développé une suite d'outils qui constituent la théorie du code de légitimation. Issue de cette théorie, la dimension sémantique représente les structures sémantiques comme des codes sémantiques comprenant la densité sémantique et la gravité sémantique. Ces deux composantes ne sont pas dichotomiques, elles ne sont pas dépendantes et peuvent être relativement plus fortes ou plus faibles. Toutes les pratiques sont caractérisées à la fois par la densité sémantique et la gravité sémantique; ce qui diffère, ce sont leurs intensités, qui peuvent varier indépendamment pour générer des codes sémantiques. Maton les représente dans un plan appelé «plan sémantique» avec des axes orthogonaux [65] (figure 1.3).

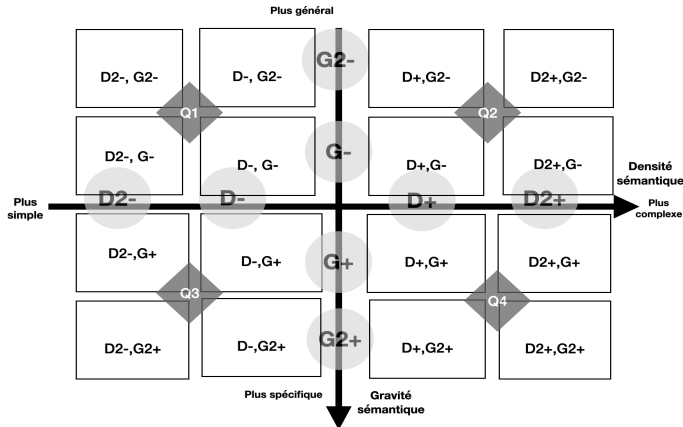
La densité sémantique représente le degré auquel le sens est condensé dans les symboles (termes, concepts, phrases, expressions, etc). Cette composante est liée au degré de complexité. Elle est représentée sur l'axe horizontal, orienté vers la droite pour désigner une densité de forte intensité. Plus la densité sémantique est

forte (D^{2+}), plus le sens est complexe.

La gravité sémantique est liée au degré de contextualisation et se définit par le degré auquel le sens se rapporte au contexte. Elle varie d'une intensité faible à une intensité élevée. L'axe de cette composante est orienté positivement vers le bas pour désigner une gravité sémantique forte qui signifie des concepts contextualisés. Autrement dit, plus la gravité sémantique est forte (G^{2+}), plus la signification dépend de son contexte; plus la gravité sémantique est faible (G^{2-}), moins la signification dépend de son contexte.

Des exemples de son application dans le système éducatif ont été rapportés dans plusieurs domaines, par exemple en chimie [66, 67], ou en biologie [68, 69]. Kinchin a utilisé la dimension sémantique pour analyser les cartes conceptuelles en termes de gravité sémantique et de densité sémantique et présenter comment les étudiants peuvent orienter leur apprentissage vers l'expertise et comment cela se reflète dans leurs cartes conceptuelles évaluant ainsi les différents types de connaissance présents dans les cartes [43].

Figure 1.3 Plan sémantique qui représente les composantes (D,G) selon le degré de complexité et le degré de contextualisation.



D^{2-} : Densité sémantique de faible intensité. D^{2+} : Densité sémantique de forte intensité.

G^{2-} : Gravité sémantique de faible intensité. G^{2+} : Gravité sémantique de forte intensité.

Q_1 : Quadrant des connaissances novices. Q_2 : Quadrant des connaissances théoriques.

Q_3 : Quadrant des connaissances pratiques. Q_4 : Quadrant des connaissances expertes.

1.4.2 Types de connaissances

Une carte conceptuelle contient différents types de connaissances. L'analyse du contenu d'une carte en s'appuyant sur la dimension sémantique (issuée de la théorie du code de légitimation) fournit non seulement une idée sur le niveau cognitif de l'étudiant, mais propose également une vue éclairée sur les types de connaissances acquises par l'étudiant (figure 1.3).

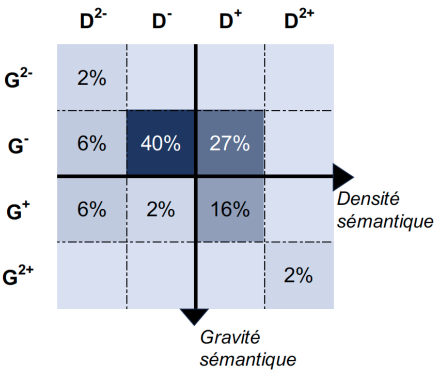
Ces connaissances peuvent avoir une faible densité et gravité sémantiques traduisant ainsi un niveau cognitif novice (quadrant Q₁). Toutefois, les connaissances sont qualifiées de théoriques lorsque la densité sémantique est forte alors que la gravité sémantique est faible (quadrant Q₂). En d'autres termes, l'étudiant est en mesure de présenter des concepts théoriques mais il ne possède pas les compétences pour les relier à la pratique. Si les propositions décrivent une procédure pratique simplifiée sans se référer à une théorie sous-jacente, on dit qu'elles sont pratiques. (quadrant Q₃, avec une gravité sémantique élevée et une faible densité sémantique). Enfin, les connaissances expertes présentent une densité et une gravité sémantiques élevées (quadrant Q₄).

Grâce à la dimension sémantique, l'analyse des propositions qui constituent une carte conceptuelle permet d'identifier les types de connaissances qui ont été acquises et les relations que l'étudiant a identifiées entre ces connaissances.

1.4.3 Profil sémantique

Concrètement, l'analyse sémantique des cartes conceptuelles se traduit par la conversion des propositions en densité sémantique et en gravité sémantique. Chaque proposition est considérée selon sa complexité et par rapport à la manière dont l'étudiant a articulé la connaissance à un contexte particulier.

Une fois que chaque proposition a été traduite pour indiquer le profil sémantique (D ; G), celui-ci est ensuite tracé sur un plan pour indiquer la répartition des connaissances dans le plan sémantique comme le montre l'exemple ci-contre.



Les chercheurs, qui utilisent cette méthode pour évaluer le niveau de densité

et de gravité de chaque proposition, ont besoin d'établir le degré de fiabilité inter-examineurs lors de l'attribution des différentes intensités variant entre 2- ; - ; + ou 2+ [43].

1.4.4 De la connaissance novice à la connaissance experte

Les connaissances peuvent être structurées différemment. Les connaissances pratiques présentent des informations et des procédures linéaires qui peuvent être mobilisées pour résoudre un problème précis, alors que les connaissances théoriques présentent des idées qui peuvent être complexes et liées. Pour que les étudiants puissent mettre en pratique ce qu'ils apprennent en théorie, il est essentiel de créer un lien entre les connaissances théoriques et pratiques. La capacité d'un étudiant à relier sur une même carte conceptuelle des connaissances théoriques et pratiques reflète l'acquisition de connaissances expertes. Dans ce contexte, l'expertise est perçue comme issue de l'interaction délibérée de divers types de connaissances [70].

Bien que la représentation des concepts dans une carte conceptuelle est souvent perçue par les étudiants comme un exercice de synthèse, elle fournit un excellent moyen pour externaliser la qualité de l'apprentissage puisqu'elle met en évidence la relation entre les concepts représentés et les connaissances qui s'y attachent. Les cartes expertes sont des constructions dynamiques qui naviguent entre les connaissances théoriques et les connaissances pratiques. Comme le souligne Kinchin [71], les experts oscillent constamment entre les quadrants pratiques et théoriques, traversant régulièrement la zone qui semble être un écart théorie-pratique pour les novices. Ce tissage sémantique entre la théorie (D-, G+) et la pratique (D+, G-) peut encourager les étudiants à accéder à une compréhension experte.

En guise de conclusion, les travaux de recherche ont exploré le potentiel des cartes conceptuelles comme activité pédagogique d'apprentissage et d'évaluation et ont montré ses effets positifs [72–74]. La carte conceptuelle aide les apprenants à affirmer leur maîtrise des concepts associés aux connaissances acquises et facilite la compréhension grâce à la structuration des concepts dans une disposition spatiale pertinente [75, 76]. C'est donc une activité cognitive qui octroie aux étudiants un nouveau contexte de réflexion. Il permet un accompagnement efficace de l'étudiant dans son apprentissage pour qu'il puisse construire aisément son savoir.

1.5 Problématiques ciblées dans cette thèse

La cartographie conceptuelle est amplement ancrée dans les théories de l'apprentissage [31]. Nous l'avons, délibérément, choisie comme représentant le produit d'une activité cognitive, et à ce titre, dévoile la qualité des connaissances des étudiants. Elle permet à l'étudiant de réaliser une représentation des connaissances, ce qui aide à visualiser la structure cognitive et les difficultés à connecter

les concepts.

Du point de vue des enseignants, la carte conceptuelle permet d'encourager les étudiants à s'engager (méta) cognitivement dans les activités d'enseignement proposées. Ainsi, l'enseignant peut avoir une vision de ce que les étudiants connaissent et les accompagner pendant la formation [58]. L'élaboration d'une carte conceptuelle en classe permet de dévoiler la compréhension et les erreurs de compréhension, les lacunes conceptuelles ainsi que les schémas d'apprentissage (ou de non-apprentissage) [46]. Elle facilite la mise en évidence des erreurs et permet d'y remédier.

Demeester et coll. [77] expliquent que « *la construction de carte conceptuelle est utilisée en tant que stratégie de représentation des connaissances* ». Elle permet également une évaluation diagnostique des apprentissages du raisonnement clinique et constitue une aide au développement des habiletés métacognitives. Grâce à la cartographie conceptuelle, les étudiants sont en mesure d'identifier leur propre fonctionnement intellectuel [78, 79]. Il convient également de rajouter que dans le cadre de l'évaluation du raisonnement clinique la carte conceptuelle aurait plusieurs avantages. Elle permet de visualiser le déroulement de l'apprentissage, d'examiner la manière dont l'étudiant structure ses connaissances et de dévoiler les processus de la pensée.

Cela dit, les études au sujet de la cartographie conceptuelle dans un contexte de formation dentaire sont peu répandues. Cette thèse contribue en partie à apporter des éléments supplémentaires liés aux défis répertoriés dans des travaux antérieurs.

Au travers de quatre études, cette thèse vise à approfondir certains enjeux épi-
neux. Nous souhaitons explorer en quoi la carte conceptuelle permet de susciter l'activité cognitive des étudiants et permet de représenter le produit de celle-ci. Il est alors essentiel de pouvoir développer une analyse fine qui donne accès à la qualité de la carte.

Deux enjeux principaux seront mis en évidence. D'une part, la pertinence de la mise en place d'une activité cognitive dans l'encadrement pédagogique des étudiants pour rechercher les difficultés éprouvées à maîtriser des connaissances complexes et à développer une compréhension en profondeur. D'autre part, la nécessité d'une approche méthodologique pour analyser et mesurer la qualité de la carte conceptuelle, tant au niveau de la qualité du contenu que pour explorer la richesse sémantique et la qualité des connaissances.

Ce travail cherche à connecter ces deux volets autour de la cartographie conceptuelle : d'une part, mettre en évidence la pertinence de l'utilisation des cartes

conceptuelles comme dispositif d'apprentissage et souligner une éventuelle association entre les performances académiques des étudiants et la maîtrise de la cartographie conceptuelle. D'autre part, nous allons contribuer à éclairer une problématique de la littérature concernant l'approche d'analyse des cartes conceptuelles et à l'enrichir par la proposition d'une approche d'analyse séquentielle et systématique qui combine les approches classiques.

1.6 Objectifs et structure de la thèse

Il ressort clairement des travaux publiés sur la cartographie conceptuelle que celle-ci peut être considérée comme un processus d'apprentissage et un outil de recherche plutôt qu'un simple produit [71, 80, 81]. Ses avantages ont été largement cités mais certains éléments liés à l'analyse approfondie n'ont pas encore été exploités.

1.6.1 Objectif général

Cette thèse prend le format de thèse par articles et comporte sept chapitres. Ce premier chapitre est une introduction générale. Le deuxième chapitre décrit en détail la méthodologie de la collecte de données qui n'est décrite que brièvement dans les quatre études. En plus, ce second chapitre fournit plus de précisions en ce qui concerne la sélection des participants, l'élaboration de la collecte de données et les mesures de fiabilité inter-examineurs. En revanche, il ne couvre pas les méthodes d'analyse des données propres à chacune des études.

Ce travail de recherche présente quatre études avec des dimensions variées à propos de la cartographie conceptuelle. Les quatre études sont le résultat de collectes de données auprès de plusieurs cohortes d'étudiants de première année en formation dentaire, mais s'inscrivent dans un seul et même objectif qui consiste à explorer la qualité des connaissances par la cartographie conceptuelle en tant qu'activité pédagogique pour susciter l'engagement et l'apprentissage dans la formation dentaire.

Au départ, le projet de thèse visait à mesurer l'impact de la carte conceptuelle, intégrée comme dispositif d'apprentissage, sur les performances académiques des étudiants de première année en formation dentaire, à court et à moyen terme (étude 1). Ayant remarqué que le contenu d'une carte pourrait nous fournir des informations plus intéressantes, au delà d'un simple score, il a été décidé d'explorer qualitativement la richesse du contenu des cartes conceptuelles produites par les étudiants. Ainsi trois études (études 2 à 4) se sont développées concernant la qualité de la structure cognitive au travers des cartes conceptuelles ainsi que les approches appropriées pour réaliser une analyse approfondie.

1.6.2 Objectif spécifique de la première étude

La démarche générale de la première étude (troisième chapitre) 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. La cartographie conceptuelle a été introduite comme 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. Cette première étude porte sur les effets de la participation des étudiants à des ateliers visant à développer des cartes conceptuelles sur la qualité d'une carte produite à l'examen, ainsi que sur les liens de cette qualité avec les performances académiques des étudiants à court et à moyen terme.

1.6.3 Objectif spécifique de la seconde étude

La deuxième étude (quatrième chapitre) fait suite à plusieurs réflexions sur la qualité des cartes conceptuelles et l'opportunité qu'elles nous offrent pour avoir accès à la structure cognitive. En adaptant notre protocole recherche avec un nouveau contexte de recherche, nous avons donc exploité la pertinence du contenu, l'effet de l'apprentissage - dû à la familiarisation avec la production des cartes conceptuelles, sur la structuration des connaissances. Cette deuxième étude complète la première en apportant de nouveaux éléments qui influencent la qualité des cartes conceptuelles et donc qui agissent sur la qualité de la structure cognitive chez les étudiants de première année en formation dentaire.

1.6.4 Objectif spécifique de la troisième étude

La troisième étude (cinquième chapitre) concerne l'analyse des cartes conceptuelles. Plusieurs approches classiques ont été développées dans la littérature et ont montré des avantages mais aussi des limites. L'approche morphologique donne une vue globale sur l'organisation des concepts dans un schéma bi-dimensionnel. L'approche descriptive - issue de l'évaluation quantitative, permet d'attribuer des scores et de dénombrer les éléments qui composent une carte. Enfin l'approche sémantique, proposée récemment par Kinchin [43], permet de classer les connaissances en quatre catégories. Pour analyser une carte conceptuelle de manière fine et explorer amplement ses atouts pédagogiques, nous avons cherché à démontrer la valeur ajoutée d'une approche séquentielle qui combine les approches classiques de manière systématique. Cela permettrait de nous renseigner sur la nature des propositions (correctes, erronées ou « non propositions ») ainsi que sur la qualité des connaissances (connaissances novices, théoriques, pratiques ou expertes).

1.6.5 Objectif spécifique de la quatrième étude

La quatrième étude (sixième chapitre) présente l'application de l'approche séquentielle développée dans l'étude précédente sur un échantillon plus large. Les cartes analysées abordent deux thématiques différentes. Cette étude explore la richesse des cartes conceptuelles en termes de concepts clés, types de connaissances et les différentes morphologies qui en découlent. À l'aide de l'analyse sémantique des propositions qui composent les cartes conceptuelles des étudiants, cette étude présente une esquisse du profil sémantique pour chaque étudiant concernant une thématique représentée. Une telle représentation sémantique donne accès à la présence ou à l'absence de liens entre les connaissances théoriques et pratiques. Lorsque ces liens sont présents, cela signifie que l'étudiant a réussi à mettre en contexte ce qu'il a appris et qu'il peut osciller entre la théorie et la pratique pour atteindre le niveau d'expertise souhaité.

À l'issue des quatre études de cette thèse, une discussion générale sera initiée sur les principaux résultats présentés dans les chapitres qui précèdent. Une place importante sera également laissée à une réflexion critique sur les problématiques abordées, axée principalement sur les stratégies d'enseignement qui s'associent parfaitement avec la cartographie conceptuelle et sur les facteurs intrinsèques et extrinsèques auxquels l'enseignant doit être attentif en intégrant la carte conceptuelle comme dispositif pédagogique. Enfin les implications pratiques et les perspectives futures de recherche seront mentionnées.

Au terme de cet écrit, le lecteur devrait avoir pu acquérir une meilleure compréhension de la cartographie conceptuelle qui apporte des éléments enrichissants tels que la structure cognitive, l'identification des erreurs et des lacunes conceptuelles, la richesse sémantique et des pistes pour élargir l'usage de cette activité cognitive sans se contenter uniquement d'une production instantanée. Cela se justifie d'autant plus que la formation en médecine dentaire, semblable à d'autres formations en sciences de la santé, vise le développement d'un praticien réfléchi et autonome, engagé dans l'apprentissage tout au long de la vie, bien ancré dans un environnement professionnel. Cette expertise doit être acquise le long du parcours académique de l'étudiant. Un tel défi cognitif nécessite des activités pédagogiques efficaces qui permettent de mesurer la qualité des connaissances acquises.

Bibliographie

- [1] John Bransford, National Research Council (U.S.), and National Research Council (U.S.), editors. *How People Learn : Brain, Mind, Experience, and School*. National Academy Press, Washington, D.C, expanded ed edition, 2000. ISBN 978-0-585-32107-3 978-0-309-07036-2.
- [2] Hubert Dreyfus and Stuart E. Dreyfus. *Mind Over Machine : The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer*. Simon and Schuster, 2000. ISBN 978-0-7432-0551-1.
- [3] Ian M. Kinchin and L. B. Cabot. Using concept mapping principles in PowerPoint. *European Journal of Dental Education*, 11(4) :194–199, 2007. ISSN 1600-0579. doi : 10.1111/j.1600-0579.2007.00454.x.
- [4] Ian M. Kinchin, Lyndon B. Cabot, and David B. Hay. Using concept mapping to locate the tacit dimension of clinical expertise : Towards a theoretical framework to support critical reflection on teaching. *Learning in Health and Social Care*, 7(2) :93–104, 2008. ISSN 1473-6861. doi : 10.1111/j.1473-6861.2008.00174.x.
- [5] M. Fugill. Tacit knowledge in dental clinical teaching. *European Journal of Dental Education*, 16(1) :2–5, 2012. ISSN 1600-0579. doi : 10.1111/j.1600-0579.2011.00716.x.
- [6] David E. Rumelhart and Donald A. Norman. Accretion, Tuning and Restructuring :Three Modes of Learning. In J.W. cotton and R.L. Klatzky, editors, *Semantic Factors in Cognition*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, US, 1978. doi : 10.21236/ADA030406.
- [7] Jacques Tardif. *Pour un enseignement stratégique : l'apport de la psychologie cognitive*. Logiques, Montréal, 1992. ISBN 978-2-89381-060-7.
- [8] David P. Ausubel. The Effects of Cognitive Structure Variables on the Acquisition, Retention, and Transferability of Knowledge. In David P. Ausubel, editor, *The Acquisition and Retention of Knowledge : A Cognitive View*, pages 146–180. Springer Netherlands, Dordrecht, 2000. ISBN 978-94-015-9454-7. doi : 10.1007/978-94-015-9454-7_6.
- [9] S. J. Gravett, Swart E. Concept mapping : A tool for promoting and assessing conceptual change. *South African Journal of Higher Education*, 11(2) :122–126, 1997. doi : 10.10520/AJA10113487_619.
- [10] F. A. Ashley, B. Gibson, B. Daly, S. Lygo Baker, and J. T. Newton. Undergraduate and postgraduate dental students'‘reflection on learning’ : A qualitative study. *European Journal of Dental Education*, 10(1) :10–19, 2006. ISSN 1600-0579. doi : 10.1111/j.1600-0579.2006.00390.x.

- [11] Karen V Mann. Theoretical perspectives in medical education : Past experience and future possibilities. *Medical Education*, 45(1) :60–68, 2011. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/j.1365-2923.2010.03757.x.
- [12] Gail P. Baxter, Anastacia D. Elder, and Robert Glaser. Knowledge-based cognition and performance assessment in the science classroom. *Educational Psychologist*, 31(2) :133–140, 1996. ISSN 0046-1520. doi : 10.1207/s15326985ep3102_5.
- [13] Dale H. Schunk. *Learning Theories : An Educational Perspective*. Pearson, Boston, 6th ed edition, 2012. ISBN 978-0-13-707195-1.
- [14] Arthur S. Elstein, Alan Schwartz, and Mathieu R. Nendaz. Medical Decision Making. In Geoff R. Norman, Cees P. M. van der Vleuten, David I. Newble, Diana H. J. M. Dolmans, Karen V. Mann, Arthur Rothman, and Lynn Curry, editors, *International Handbook of Research in Medical Education*, Springer International Handbooks of Education, pages 231–261. Springer Netherlands, Dordrecht, 2002. ISBN 978-94-010-0462-6. doi : 10.1007/978-94-010-0462-6__9.
- [15] Els Van Zele, Josephina Lenaerts, and Willem Wieme. Improving the usefulness of concept maps as a research tool for science education. *International Journal of Science Education*, 26(9) :1043–1064, 2004. ISSN 0950-0693. doi : 10.1080/1468181032000158336.
- [16] Maria Noonan. Mind maps : Enhancing midwifery education. *Nurse Education Today*, 33(8) :847–852, 2013. ISSN 0260-6917. doi : 10.1016/j.nedt.2012.02.003.
- [17] Joseph D. Novak. *Learning, Creating, and Using Knowledge : Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Routledge, 2010.
- [18] Martin J Eppler. A Comparison between Concept Maps, Mind Maps, Conceptual Diagrams, and Visual Metaphors as Complementary Tools for Knowledge Construction and Sharing. *Information Visualization*, 5(3) :202–210, 2006. ISSN 1473-8716. doi : 10.1057/palgrave.ivs.9500131.
- [19] Martin Davies. Concept mapping, mind mapping and argument mapping : What are the differences and do they matter? *High Educ*, 62(3) :279–301, 2011. ISSN 1573-174X. doi : 10.1007/s10734-010-9387-6.
- [20] Joseph D. Novak and D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. ISBN 978-0-521-31926-3. doi : 10.1017/CBO9781139173469.

- [21] Joseph D Novak and Alberto J Cañas. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical report, Institute for Human and Machine Cognition, 2008.
- [22] David G. Ausubel. Cognitive structure and the facilitation of meaningful verbal learning. *Journal of Teacher Education*, 14(2) :217–221, 1963. doi : 10.1177/002248716301400220.
- [23] Alberto J. Cañas, Joseph D. Novak, and Priit Reiska. How good is my concept map? Am I a good Cmapper? *Knowledge Management & E-Learning : An International Journal*, 7(1) :6–19, 2015. ISSN 2073-7904.
- [24] Frank Safayeni, Natalia Derbentseva, and Alberto J. Cañas. A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7) :741–766, 2005. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.20074.
- [25] Norma Miller and Alberto Cañas. *A Semantic Scoring Rubric for Concept Maps : Design and Reliability*. Tallinn University, 2008.
- [26] Joseph Novak and Alberto J Cañas. The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization*, 5 (3) :175–184, 2006. ISSN 1473-8716, 1473-8724. doi : 10.1057/palgrave.ivs.9500126.
- [27] Claire Marchand, René Hivon, and Jean d’Ivernois. Évaluation des connaissances des patients diabétiques par les cartes conceptuelles : approche méthodologique. *mee*, 24(1) :27–43, 2001. ISSN 0823-3993, 2368-2000. doi : 10.7202/1091196ar.
- [28] Ian M. Kinchin, David B. Hay, and Alan Adams. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42(1) :43–57, 2000. ISSN 0013-1881. doi : 10.1080/001318800363908.
- [29] Ian M. Kinchin. A ‘species identification’ approach to concept mapping in the classroom. *Journal of Biological Education*, 54(1) :108–114, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1546763.
- [30] Beatrice Pudelko, Meredith Young, Philippe Vincent-Lamarre, and Bernard Charlin. Mapping as a learning strategy in health professions education : A critical analysis. *Med Educ*, 46(12) :1215–1225, 2012. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/medu.12032.
- [31] J. Novak and J. Alberto. Theoretical Origins of Concept Maps, How to Construct Them, and Uses in Education. *Reflecting education*, 3(1) :29–42, 2007.

- [32] Farida Qadir, Tabassum Zehra, and Imrana Khan. Use of Concept Mapping as a Facilitative Tool to Promote Learning in Pharmacology. *J Coll Physicians Surg Pak*, 21 :476–81, 2011.
- [33] Liling Hsu and Suh-Ing Hsieh. Concept Maps as an Assessment Tool in a Nursing Course. *Journal of Professional Nursing*, 21(3) :141–149, 2005. ISSN 8755-7223. doi : 10.1016/j.profnurs.2005.04.006.
- [34] Jacques Tardif. Les cartes conceptuelles : un accès direct et explicite aux ressources. In *L'évaluation des compétences : documenter le parcours de développement*, pages 292–336. Chenelière Éducation, Montréal, 2006. ISBN 978-2-7650-1005-0.
- [35] Béatrice Pudelko. *Étude Microgénétique Des Médiations Épistémiques d'un Outil Informatisé de Représentation Graphique Des Connaissances Au Cours d'une Activité de Compréhension de Texte : Propositions Pour Une Approche Instrumentale Étendue Des Médiations Des Outils Cognitifs Dans l'apprentissage*. These de doctorat, Paris 8, January 2006.
- [36] Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak. *Assessing Science Understanding : A Human Constructivist View*. Academic Press, 2005. ISBN 978-0-08-057533-9.
- [37] Ron Ritchhart, Terri Turner, and Linor Hadar. Uncovering students' thinking about thinking using concept maps. *Metacognition Learning*, 4(2) :145–159, 2009. ISSN 1556-1631. doi : 10.1007/s11409-009-9040-x.
- [38] Nathalie Caire Fon, Béatrice Pudelko, and Marie-Claude Audétat. Optimiser l'usage des cartes conceptuelles dans l'apprentissage par problèmes (APP) dans le cursus préclinique : le point de vue des enseignants. *Pédagogie Médicale*, 17(2) :95–107, 2016. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2016031.
- [39] David Hay, Ian M. Kinchin, and Simon Lygo-Baker. Making learning visible : The role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33(3) :295–311, 2008. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070802049251.
- [40] Dario Torre, Deborah German, Barbara Daley, and David Taylor. Concept mapping : An aid to teaching and learning : AMEE Guide No. 157. *Medical Teacher*, 45(5) :455–463, 2023. ISSN 0142-159X. doi : 10.1080/0142159X.2023.2182176.
- [41] David Paul Ausubel. *The Acquisition and Retention of Knowledge : A Cognitive View*. Springer, Dordrecht ; London, 2011. ISBN 978-90-481-5536-1.
- [42] J. Piaget. *Epistemology and Psychology of Functions*. D. Reidel Publishing Company, Netherlands, 1977.

- [43] Ian M. Kinchin, Aet Möllits, and Priit Reiska. Uncovering types of knowledge in concept maps. *Education Sciences*, 9(2) :131, 2019. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci9020131.
- [44] D. M. Torre, B. Daley, Tracy Stark-Schweitzer, Singh Siddartha, Jenny Petkova, and Monica Ziebert. A qualitative evaluation of medical student learning with concept maps. *Medical Teacher*, 29(9-10) :949–955, 2007. ISSN 0142-159X, 1466-187X. doi : 10.1080/01421590701689506.
- [45] Richard J. Shavelson, Maria Araceli Ruiz-Primo, and Edward W. Wiley. Windows into the mind. *High Educ*, 49(4) :413–430, 2005. ISSN 1573-174X. doi : 10.1007/s10734-004-9448-9.
- [46] David B. Hay. Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32(1) :39–57, 2007. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070601099432.
- [47] Ian M. Kinchin. Concept mapping as a learning tool in higher education : A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1) :39–49, 2014. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2014.872011.
- [48] Wendy Jayne McMillan. Teaching for clinical reasoning – helping students make the conceptual links. *Medical Teacher*, 32(10) :e436–e442, 2010. ISSN 0142-159X. doi : 10.3109/01421591003695303.
- [49] Katherine M. Edmondson. Chapter 2 - Assessing science understanding through concept maps. In Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak, editors, *Assessing Science Understanding*, Educational Psychology, pages 15–41. Academic Press, Burlington, 2005. doi : 10.1016/B978-012498365-6/50004-4.
- [50] Daniel C. West, J. Richard Pomeroy, Jeanny K. Park, Elise A. Gerstenberger, and Jonathan Sandoval. Critical Thinking in Graduate Medical Education A Role for Concept Mapping Assessment? *JAMA*, 284(9) :1105–1110, 2000. ISSN 0098-7484. doi : 10.1001/jama.284.9.1105.
- [51] Daniel C West, Jeanny K Park, J Richard Pomeroy, and Jonathan Sandoval. Concept mapping assessment in medical education : A comparison of two scoring systems. *Medical Education*, 36(9) :820–826, 2002. ISSN 1365-2923. doi : 10.1046/j.1365-2923.2002.01292.x.
- [52] Sally Sue Richmond, Joanna F. Defranco, and Kathryn Jablokow. A set of guidelines for the consistent assessment of concept maps. *International Journal of Engineering Education*, 30(5) :1072–1082, 2014. ISSN 0949-149X.

- [53] Mary Besterfield-Sacre, Jessica Gerchak, Mary Rose Lyons, Larry J. Shuman, and Harvey Wolfe. Scoring Concept Maps : An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 93(2) :105–115, 2004. ISSN 2168-9830. doi : 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00795.x.
- [54] María Araceli Ruiz-Primo. On the Use Of Concept Maps As An Assessment Tool in Science : What We Have Learned so Far. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1) :29–53, 2000.
- [55] Maria Araceli Ruiz-Primo, Richard J Shavelson, and Susan Elise Schultz. On the validity of concept map-base assessment interpretations : An experiment testing the assumption of hierarchical concept maps in science. *CRESST*, 5611, 1997.
- [56] Maria Araceli Ruiz-Primo and Richard J. Shavelson. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6) :569–600, 1996. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M.
- [57] Mary Katherine Watson, Joshua Pelkey, Caroline R. Noyes, and Michael Owen Rodgers. Use of Concept Maps to Assess Student Sustainability Knowledge. In *2014 ASEE Annual Conference & Exposition*, pages 24.1305.1–24.1305.18, 2014.
- [58] Ian M. Kinchin. *Concept Mapping and Pedagogic Health in Higher Education (a Rhizomatic Exploration in Eight Plateaus)*. Postdoctoral, University of Surrey, 2020.
- [59] Ian M. Kinchin and Karen Gravett. Concept mapping in the age of deleuze : Fresh perspectives and new challenges. *Education Sciences*, 10(3) :82, 2020. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci10030082.
- [60] Vasiliki Bakouli and Athanassios Jimoyiannis. Concept mapping as cognitive tool in science education : An analysis of students’ learning using SOLO taxonomy. In *Recent Advances in Science and Technology Education, Ranging from Modern Pedagogies to Neuroeducation and Assessment*, pages 43–58. Cambridge Scholars Publishing, 2016. ISBN 978-1-4438-7125-9.
- [61] John Biggs and Kevin F. Collis. *Evaluating the Quality of Learning : The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. New York :Academic Press, 1982. ISBN 978-1-4832-7331-0.
- [62] Karl Maton. Cumulative and segmented learning : Exploring the role of curriculum structures in knowledge-building. *British Journal of Sociology of Education*, 30(1) :43–57, 2009. ISSN 0142-5692. doi : 10.1080/01425690802514342.

- [63] Basil Bernstein. Vertical and Horizontal Discourse : An essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2) :157–173, 1999. ISSN 0142-5692. doi : 10.1080/01425699995380.
- [64] Karl Maton. *Knowledge and Knowers : Towards a Realist Sociology of Education*. Routledge, Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, 2014. ISBN 978-0-415-47999-8.
- [65] Karl Maton. Making semantic waves : A key to cumulative knowledge-building. *Linguistics and Education*, 24(1) :8–22, 2013. ISSN 0898-5898. doi : 10.1016/j.linged.2012.11.005.
- [66] Margaret A. L. Blackie. Creating semantic waves : Using Legitimation Code Theory as a tool to aid the teaching of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4) :462–469, 2014. doi : 10.1039/C4RP00147H.
- [67] Ilse Rootman-le Grange and Margaret A. L. Blackie. Assessing assessment : In pursuit of meaningful learning. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 19(2) :484–490, 2018. ISSN 1109-4028, 1756-1108. doi : 10.1039/C7RP00191F.
- [68] Roisin F. Kelly-Laubscher and Kathy Luckett. Differences in Curriculum Structure between High School and University Biology : The Implications for Epistemological Access. *Journal of Biological Education*, 50(4) :425–441, 2016. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2016.1138991.
- [69] Marnel Mouton and Edward Archer. Legitimation code theory to facilitate transition from high school to first-year biology. *Journal of Biological Education*, 53(1) :2–20, 2019. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2017.1420681.
- [70] Ian M. Kinchin, Naomi E. Winstone, and Emma Medland. Considering the concept of reciprocity in student learning from a modified Bernsteinian perspective. *Studies in Higher Education*, 46(11) :2296–2308, November 2021. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075079.2020.1717459.
- [71] Ian M. Kinchin. Accessing Expert Understanding : The Value of Visualising Knowledge Structures in Professional Education. In Karen Trimmer, Tara Newman, and Fernando F. Padró, editors, *Ensuring Quality in Professional Education Volume II : Engineering Pedagogy and International Knowledge Structures*, pages 71–89. Springer International Publishing, Cham, 2019. ISBN 978-3-030-01084-3. doi : 10.1007/978-3-030-01084-3_4.
- [72] Cristiane Tolentino Machado and Ana Amélia Carvalho. Concept mapping : Benefits and challenges in higher education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 68(1) :38–53, 2020. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2020.1712579.

- [73] John C. Nesbit and Olusola O. Adesope. Learning With Concept and Knowledge Maps : A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 76(3) :413–448, 2006. ISSN 0034-6543. doi : 10.3102/00346543076003413.
- [74] Joseph D. Novak. Concept mapping : A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10) :937–949, 1990. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.3660271003.
- [75] Barbara J Daley and Dario M Torre. Concept maps in medical education : An analytical literature review. *Medical Education*, 44(5) :440–448, 2010. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x.
- [76] Angelo J. Pinto and Howard J. Zeitz. Concept mapping : A strategy for promoting meaningful learning in medical education. *Medical Teacher*, 19(2) :114–121, 1997. ISSN 0142-159X. doi : 10.3109/01421599709019363.
- [77] Anne Demeester, Chantal Eymard, and Dominique Vanpee. Apprentissage du raisonnement clinique : difficultés identifiées en formation initiale sage-femme. *Revue française de pédagogie*, 181(4) :43–54, 2012. ISSN 0556-7807. doi : 10.4000/rfp.3906.
- [78] Anne Demeester. *Formation Initiale Au Raisonnement Clinique En Sciences Maïeutiques : Bénéfices, Limites et Perspectives d'utilisation Des Cartes Conceptuelles*. These de doctorat, Aix-Marseille, December 2014.
- [79] M. Ben-Haddour, M. Roussel, and A. Demeester. Étude exploratoire de l'utilisation des cartes conceptuelles pour le développement du raisonnement clinique des étudiants de deuxième cycle en stage dans un service d'urgence. *Ann. Fr. Med. Urgence*, 12(5) :285–293, 2022. ISSN 2108-6524, 2108-6591. doi : 10.3166/afmu-2022-0423.
- [80] Matthew Wilson, Christopher Howell, Kelsey Martin-Morales, and Sanghoon Park. Concept Mapping and Reading Comprehension. *Journal of Political Science Education*, pages 1–24, 2023. ISSN 1551-2169, 1551-2177. doi : 10.1080/15512169.2023.2164861.
- [81] Marion Heron, Ian M. Kinchin, and Emma Medland. Interview talk and the co-construction of concept maps. *Educational Research*, 60(4) :373–389, 2018. ISSN 0013-1881.

2

Approche méthodologique générale

Ce chapitre vise à donner une vue complète de la collecte de données, sans toutefois répéter les informations particulières à chaque étude. Il présente ainsi l'évolution de notre protocole de recherche ainsi que les approches méthodologiques que nous avons appliquées pour chaque étude. Certains détails, décrits généralement dans un cadre méthodologique, comme les méthodes de traitement des données et les méthodes d'analyse, ne s'y trouvent pas puisqu'ils sont explicités dans chacune des études.

Éléments-clés :

- L'évaluation quantitative des cartes conceptuelles nous informe sur la qualité du contenu d'une carte conceptuelle ;
- L'analyse morphologique des cartes conceptuelles nous renseigne sur l'organisation des connaissances ;
- L'analyse sémantique des cartes conceptuelles nous permet de tracer le profil sémantique de l'étudiant ;
- L'approche séquentielle associe les approches classiques de manière systématique.

2.1 Adaptation du protocole de recherche

Cette recherche est composée de quatre études scientifiques présentées distinctement en quatre chapitres dans la partie empirique. Les données de cette recherche reposent sur une collecte de cartes conceptuelles réalisées en première année de formation dentaire avec trois cohortes (cohorte 1 : 2015 - 2016 ; cohorte 2 : 2016 - 2017 et cohorte 4 : 2018-2019). Ce chapitre décrit donc les grandes lignes de cette collecte de données ainsi que les protocoles utilisés. Plus de détails quant aux considérations méthodologiques propres à chacune des études sont décrits dans les chapitres qui suivent.

Le projet initial de cette recherche a été basé sur les objectifs de la première étude (chapitre 3). Puis, suite à certaines contraintes, nous avons adapté voire réorienté le protocole de recherche pour les études ultérieures. D'autres objectifs ambitieux se sont ajoutés et notre protocole a évolué selon une approche plutôt qualitative tout en ciblant la dimension sémantique dans l'analyse des cartes conceptuelles. La collecte de données visait principalement à établir une base de données de cartes conceptuelles produites par les étudiants de première année. Il est nécessaire de présenter d'abord les grandes lignes de la collecte des données afin de comprendre la façon dont chaque article s'inscrit dans la recherche.

Lors de cette recherche, l'activité de cartographie conceptuelle proposée aux étudiants s'est réalisée en deux temps. Le premier correspond à la phase de formation à la cartographie conceptuelle et le second correspond à la participation à des séminaires (ateliers) de cartes conceptuelles. Le protocole de la première étude se distingue des autres études. Toutefois, leur point commun est la phase de formation, qui est essentielle pour les étudiants afin qu'ils s'adaptent à une nouvelle façon d'externaliser le savoir. L'étudiant doit s'approprier la cartographie conceptuelle peu utilisée en classe [1, 2]. La formation doit être adaptée à la réalité de la classe ainsi qu'aux différentes manières de créer des cartes conceptuelles [3].

2.2 Public cible et cours concerné

Notre recherche s'est déroulée à la faculté de médecine dentaire de l'Université catholique de Louvain et a concerné plusieurs cohortes successives d'étudiants (cohorte 1 : 2015 - 2016 ; cohorte 2 : 2016 - 2017 ; cohorte 4 : 2018 - 2019) pour l'unité d'enseignement «Éléments de statistiques appliquées à l'épidémiologie» (UE₁) qui est dispensée au second quadrimestre de la première année. Les particularités des cohortes sont décrites dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 Description des modalités d'utilisation de la cartographie conceptuelle pour les cinq cohortes de première année en formation dentaire

Cohorte (nombre d'étudiants)	1 (N= 75)	2 (N = 65)	3 (N = 21)	4 (N = 43)	5 (N = 32)
Année académique	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
Examen d'entrée aux études de dentisterie	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Concours en fin de première année	Oui	Oui	Non	Non	Non
Ateliers de CC	Non obligatoire	Non obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
Remise de CC	Non obligatoire	Non obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
Modalité d'élaboration des CC	Manuelle ou informatisée	Manuelle ou informatisée	Informatisée	Informatisée	Informatisée
Contenu des CC	Quatre thématiques	Quatre thématiques	Quatre thématiques	Quatre thématiques + deux articles scientifiques	Quatre thématiques + deux articles scientifiques
Rétroaction	Discussion entre les pairs et rétroaction de l'enseignant	Discussion entre les pairs et rétroaction de l'enseignant	Présentations orales des CC, discussion entre les pairs et rétroaction de l'enseignant	Présentations orales des CC, discussion entre les pairs et rétroaction de l'enseignant	Présentations orales des CC, discussion entre les pairs et rétroaction de l'enseignant
Type d'évaluation en juin	Élaboration d'une CC à l'examen écrit	Élaboration d'une CC à l'examen écrit	Discussion d'une CC « par thématique »	Discussion d'une CC « article scientifique »	Discussion d'une CC « article scientifique »
Particularité de l'évaluation à la fin de l'UE	Examen écrit	Examen écrit	Oral et examen écrit	Oral et examen écrit	Covid 19 ; oral via Teams et examen écrit

CC : Carte conceptuelle ; UE : Unité d'enseignement

Les cohortes 3 et 5 n'ont pas été concernées par notre recherche suite aux contextes particuliers liés à chacune d'elles. En ce qui concerne la troisième cohorte, il s'agissait de l'année de transition en ce qui a trait à l'accès aux études puisque, en 2017, l'examen d'entrée donnant accès aux études médicales est devenu obligatoire. En revanche, pour la cinquième cohorte, les modalités d'examen à la fin de la première année ont été adaptées à la crise sanitaire causée par la covid en 2020.

Les modalités de la première étude étaient différentes des trois autres études. La particularité de la première étude se résume en deux points principaux. Premièrement, cette étude ne concernait que les cohortes 1 et 2. L'activité de cartographie a été facultative et les ateliers proposés n'ont pas été obligatoires. Les cartes récoltées ont été produites au terme de l'évaluation finale de l'UE₁. Deuxièmement, une mesure de transfert éloigné a été prise dans le cadre de l'unité d'enseignement de deuxième année (A₂) (UE₂ Matériaux dentaires : concepts et analyse critique) dont l'UE₁ est un pré-requis. Nous avons exclu de notre échantillon les étudiants qui n'ont pas présenté de carte conceptuelle à l'examen et les étudiants qui n'ont pas présenté l'examen en A₁ ou en A₂. 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. Un concours de sélection s'est effectué en fin de première année.

En 2017, le nombre d'étudiants inscrits en première année en formation dentaire a diminué. Suite à ce nouveau contexte, nous avons adapté notre dispositif de cartographie conceptuelle. Nous avons intégré cette activité dans le curriculum et elle est devenue obligatoire. À la fin de chaque thématique, un séminaire de production de carte conceptuelle permettait aux étudiants d'initier leurs cartes. Ils devaient ensuite les déposer sur la plateforme de cours sous forme de production individuelle.

Cela dit, l'unité d'enseignement concernée par cette recherche était la même (UE₁). Elle comportait deux grandes thématiques : une thématique clinique qui s'articule autour de deux sujets qui sont la santé bucco-dentaire et l'hygiène et la prévention dentaire, et une thématique théorique qui contient deux sujets : la démarche scientifique et les statistiques appliquées.

2.3 Activité : cartographie conceptuelle

Lors de la première séance, nous avons proposé une séance d'introduction et d'initiation à la cartographie. Cette séance s'est déroulée en trois moments. D'abord, nous avons présenté ce qu'est la cartographie conceptuelle, ses avantages et ses limites (<https://prezi.com/view/ZQ0vOow8NTsw0hwSCKDM/>), puis nous avons montré aux étudiants un exemple de carte conceptuelle et enfin nous

avons expliqué les modalités pratiques pour utiliser le logiciel *CmapTools* qui permet de produire une carte conceptuelle informatisée.

L'élaboration d'une carte conceptuelle comporte plusieurs étapes que Marchand et Ivernois [4] ont résumé en quatre étapes dans leur article « Les cartes conceptuelles dans les formations en santé » :

1. *À partir d'un thème, d'un concept, d'une compétence, etc, l'étudiant détermine les principaux concepts qui semblent associés. On obtient une liste de concepts qui peuvent représenter des objets, des événements, des symboles, etc.*
2. *À partir de cette liste de concepts, organiser les connaissances en classant les concepts du plus général au plus spécifique, du plus abstrait au plus concret.*
3. *Trier ensuite les concepts en fonction de leur niveau d'abstraction et de leurs relations afin de les agencer ou de les situer sur la carte.*
4. *Relier les différents concepts entre eux par une flèche et une expression verbale indiquant le sens de la relation. Il peut s'agir d'un verbe, d'un nom, d'une conjonction de coordination ou d'un terme de liaison.*

Pratiquement, les étudiants commençaient l'élaboration de la carte pendant le séminaire. L'enseignante (A.S) reste à leur disposition pour les aider en cas de difficulté lors de la manipulation du logiciel (par exemple, ajuster la page, insérer une image, ajouter des flèches, etc...). Les étudiants peuvent discuter entre eux pour le choix du contenu mais la production finale doit être personnelle. Les étudiants se sont engagés à remettre leur propre production. Comme le mentionnent plusieurs études [5, 6], au-delà des aspects techniques, l'élaboration d'une carte conceptuelle exige que l'étudiant prenne le temps de se l'approprier.

2.4 Relation entre les quatre études

Au début de cette recherche, nous nous sommes intéressés à la carte conceptuelle en tant qu'activité d'apprentissage et d'évaluation. Mais, nos objectifs pédagogiques, liés à l'usage de la carte conceptuelle, ont évolué au fur et à mesure et nous nous en sommes servis pour explorer, potentiellement, la qualité de connaissances acquises. Depuis l'instauration de la cartographie conceptuelle comme activité d'apprentissage dans un cours de première année de formation dentaire, nous avons récolté les cartes conceptuelles produites par les étudiants de cinq cohortes. Le tableau 2.1 présente l'évolution de l'utilisation de la cartographie conceptuelle pour cinq cohortes successives. Pour toutes ces cohortes, nous avons récolté les cartes conceptuelles produites mais nous n'avons utilisé qu'une partie selon les critères d'inclusion de chaque étude. Cela sera développé, en détail, dans les chapitres

suivants.

Pour les deux premières cohortes, l'élaboration des cartes conceptuelles a été une activité supplémentaire dans le cadre d'ateliers facultatifs. Les cartes conceptuelles de ces deux cohortes, produites lors de l'évaluation finale de l'UE₁, ont été analysées selon une approche quantitative (détaillée dans le chapitre 3). Les scores obtenus ont servi à identifier des éventuelles associations avec les performances académiques à court et à moyen terme ainsi qu'avec d'autres facteurs explicatifs.

À partir de la troisième cohorte, le changement dans les conditions des études en formation dentaire a eu un impact sur le nombre d'étudiants inscrits en première année qui a diminué d'environ 50%. Outre ce facteur, nous avons voulu explorer les avantages et la richesse, décrits dans plusieurs travaux récents [7–9], que pourrait nous apporter une utilisation plus élargie de la carte conceptuelle en classe. Cela nous a permis d'exploiter différents aspects avec des approches quantitative, morphologique, qualitative et sémantique. Elles seront développées dans la partie résultats de cette thèse.

2.4.1 Quatre études réalisées lors de cette thèse

La figure 2.1 résume les quatre études menées au cours de la présente thèse. La première étude (chapitre 3) a visé la mesure de l'impact de la cartographie conceptuelle sur les performances académiques à court et à moyen terme pour les cohortes 1 et 2. Suite aux résultats obtenus avec les deux premières cohortes et pour mieux exploiter le potentiel des cartes conceptuelles, nous nous sommes intéressés, dans une seconde étude, à l'analyse quantitative et structurelle des cartes conceptuelles de la quatrième cohorte (chapitre 4). Cela nous a amenés à développer, dans une troisième étude, une méthodologie plus approfondie (chapitre 5) pour analyser les cartes conceptuelles. Enfin, dans la quatrième étude, nous avons appliqué cette méthodologie séquentielle pour analyser les cartes conceptuelles de la même cohorte (chapitre 6).

2.5 Protocoles de recherche et collecte des cartes conceptuelles

La première étude porte sur les deux cohortes (1) et (2). Le protocole de la présente étude est illustré à la figure 2.2. Celui-ci a été appliqué pour les deux cohortes. Comme le montre la figure 2.3, les étudiants ont élaboré des cartes conceptuelles lors de l'évaluation finale de l'UE₁. Les cartes collectées ont été manuscrites. L'analyse de ces cartes a été utilisée pour déterminer des scores. Dans le troisième chapitre, nous décrivons la grille utilisée pour cette analyse quantitative.

Figure 2.1 Quatre études réalisées lors de cette thèse.

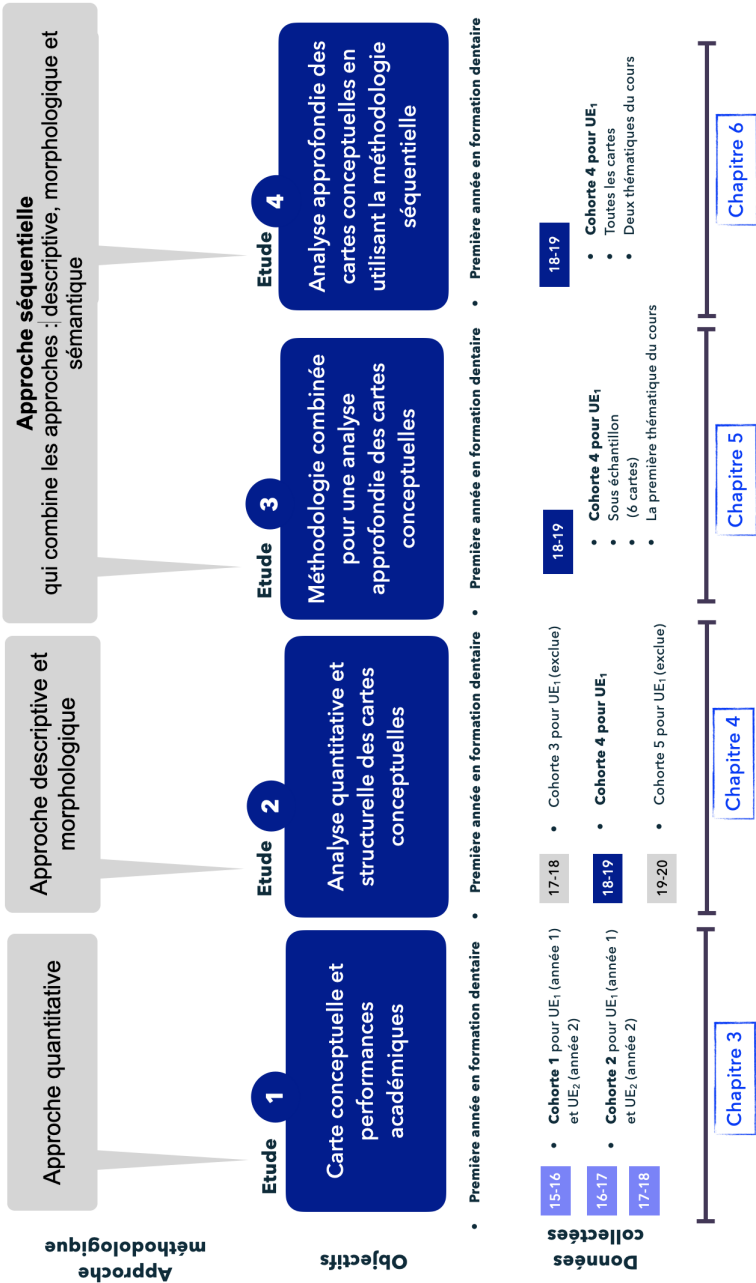
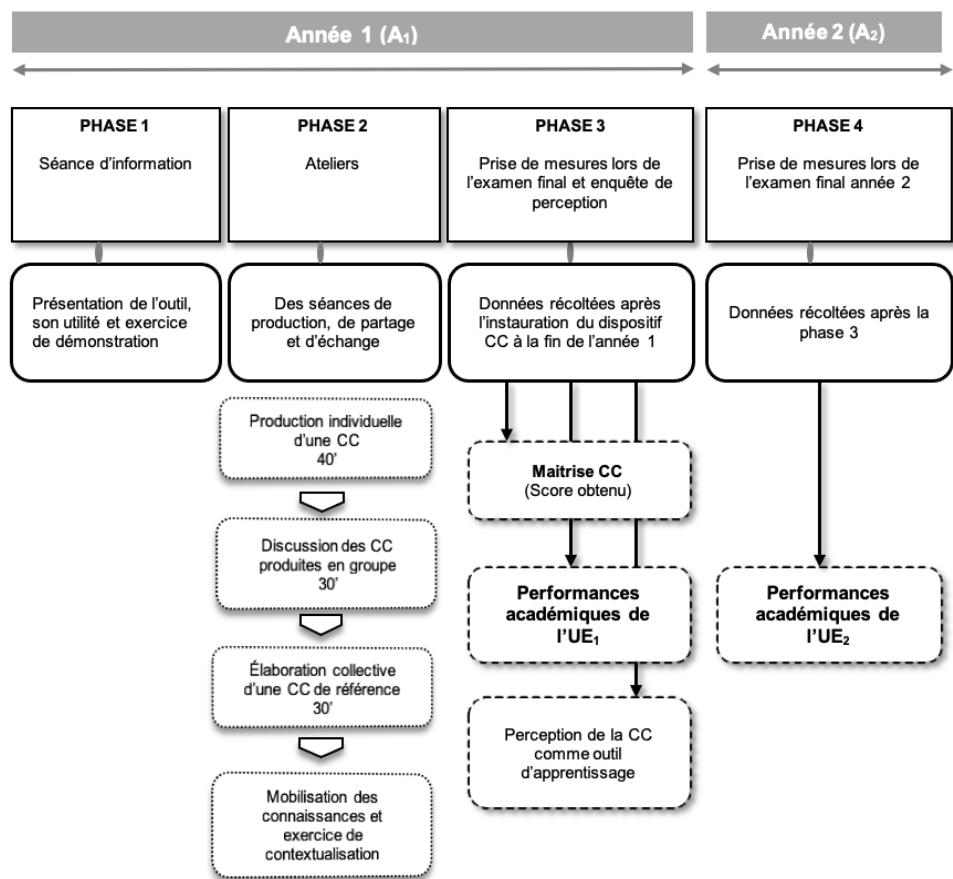


Figure 2.2 Quatre phases de la première étude (chapitre 3).

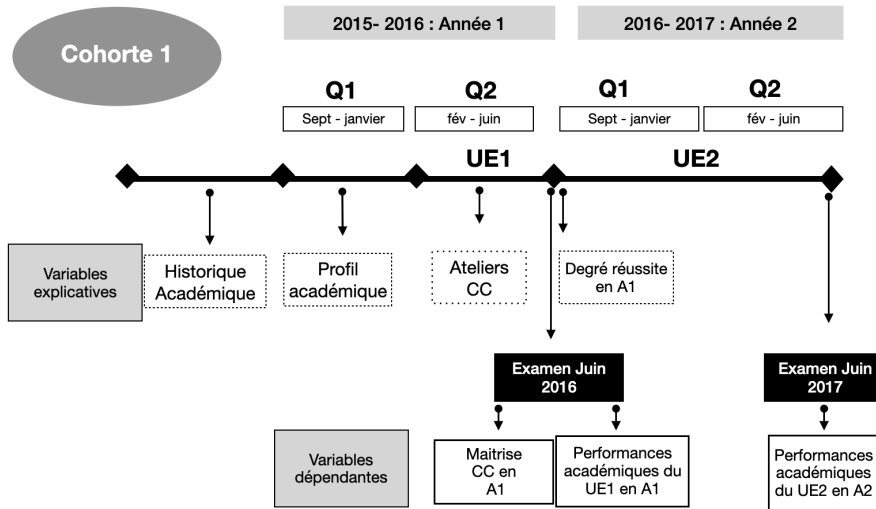
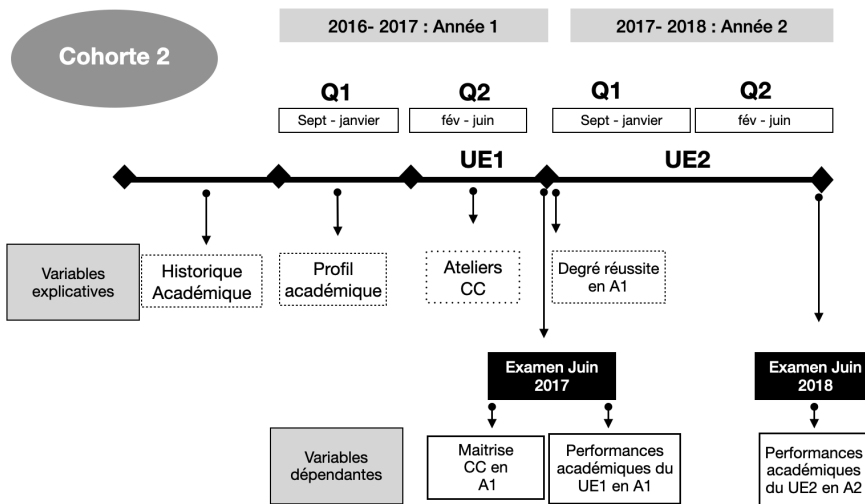


CC : Carte conceptuelle

UE₁ : Unité d'enseignement en première année

UE₂ : Unité d'enseignement en deuxième année

Figure 2.3 Protocole de la première étude (chapitre 3)

(a) Protocole de la première étude pour la cohorte 1

(b) Protocole de la première étude pour la cohorte 2


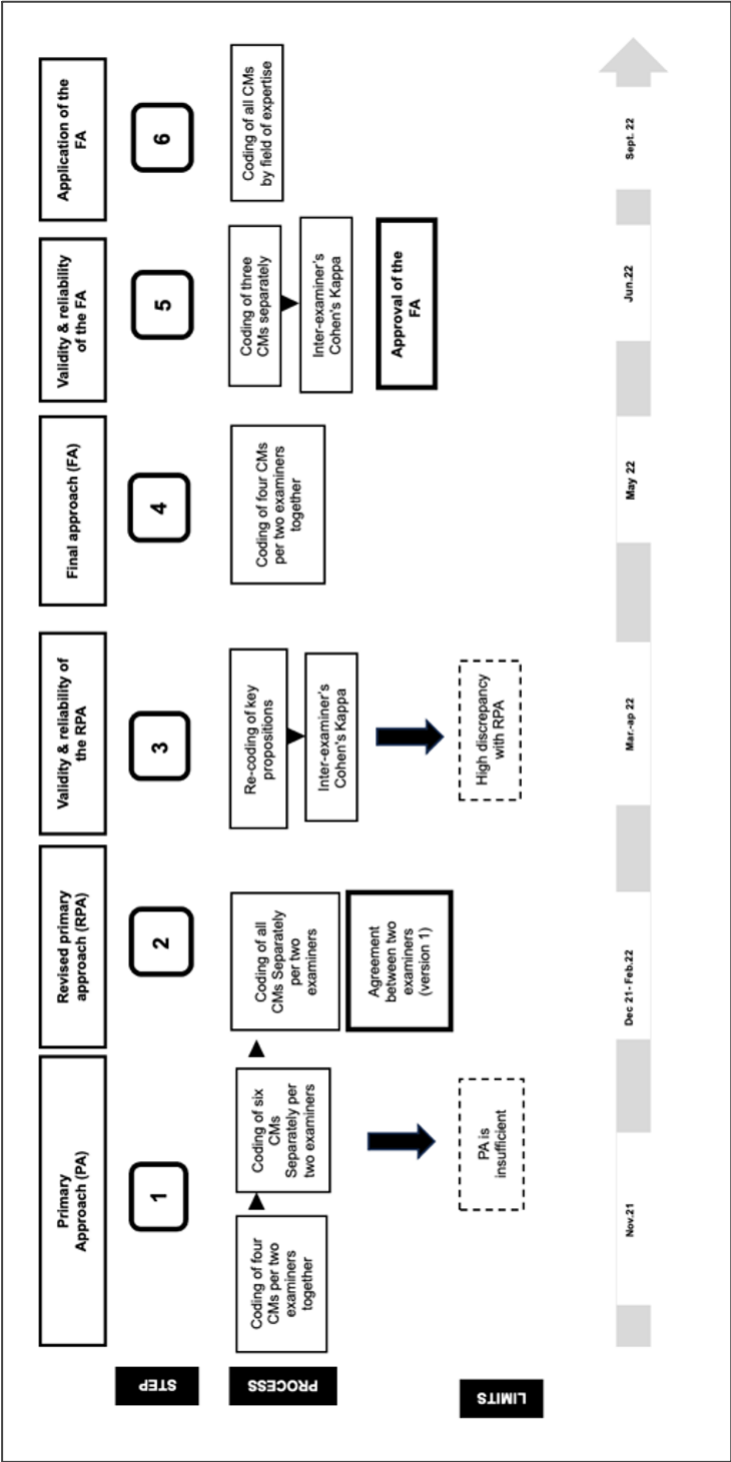
Q₁ : Premier quadrimestre ; Q₂ : Second quadrimestre ; CC : carte conceptuelle

UE₁ : Unité d'enseignement en première année ; UE₂ : Unité d'enseignement en deuxième année

Les trois dernières études portent sur la quatrième cohorte. C'est la cohorte qui n'a pas eu de changements en amont et/ ou en aval de l'instauration de la cartographie conceptuelle contrairement aux autres cohortes (tableau 2.1). Le protocole détaillé de l'étude 2 est décrit dans le chapitre 4.

La figure 2.4 présente notre démarche détaillée concernant la troisième étude (chapitre 5). Cette démarche nous a permis de décrire une méthodologie séquentielle pour analyser finement les cartes conceptuelles que nous avons utilisé dans la quatrième étude (chapitre 6).

Figure 2.4 Protocole détaillé de la troisième étude réalisée avec la quatrième cohorte 2018-2019



2.6 Analyse des cartes

2.6.1 Approche quantitative dans la première étude

Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer la qualité des connaissances dans les cartes conceptuelles. Novak et Gowin [10] ont mis au point la première technique permettant cette évaluation. Cette méthode d'évaluation s'est basée sur le dénombrement des concepts, l'exactitude des propositions qui regroupent les concepts. L'échelle utilisée par Novak et Gowin (1984) tient compte de :

- la validité du lien entre les concepts et de la notion de proximité en attribuant un score de 1 à tous les liens proches valides et en enlevant un point pour chaque lien proche invalide ;
- la présence de lien croisé entre deux concepts éloignés dans la carte en attribuant 10 points au lien croisé qui présente une pensée réflexive. Les liens croisés non réflexifs sont considérés comme des liens de proximité ;
- Attribuer une note de 3 à chaque niveau de la hiérarchie.

Des progrès supplémentaires ont été constatés ces dernières années pour une augmentation de l'efficacité des évaluations à l'aide des cartes conceptuelles. Les résultats de l'étude de Rice & Ryan [11] suggèrent qu'une carte conceptuelle pourrait être utilisée pour évaluer les connaissances déclaratives et procédurales. Fisher a suggéré que la carte conceptuelle est une approche directe qui mesure la structure cognitive et que les étudiants sont invités à construire une carte qui montre la façon dont ils lient des paires de concepts [12]. Dans les travaux de Ruiz-Primo et les travaux de Shavelson, l'échelle de mesure comprenait l'énumération des concepts, des liens et des liens croisés [13, 14].

Afin d'atteindre le premier objectif de cette thèse et d'explorer l'impact des cartes conceptuelles sur les performances académiques ainsi que leur transférabilité, nous avons adopté une approche plutôt quantitative. Nous nous sommes inspirés de travaux précités ainsi que de l'approche utilisée par Avila-Salamanca [15] pour réaliser notre première étude. Les résultats que nous allons présenter dans le chapitre 3 concernent les données des deux cohortes 1 et 2 (2015 - 2016 et 2016 - 2017). La méthodologie de la première étude sera présentée en détail dans le chapitre 3. Nous avons pris les mesures en l'année A_1 pour chaque cohorte pour l'UE₁ et puis, en l'année suivante (A_2), les performances académiques d'un autre cours (UE₂) dont l'UE₁ est un pré-requis. Les résultats des deux cohortes ont été traités conjointement.

2.6.2 Analyse descriptive des propositions

La présente section décrit en détail la procédure suivie pour analyser les cartes conceptuelles de la quatrième cohorte qui ont été utilisées dans les trois dernières études. Toutes les cartes ont été déposées sur Moodle, téléchargées, classées par thématique et anonymisées.

Les cartes conceptuelles produites par la cohorte 4, qui ont été utilisées dans les autres études, étaient informatisées. Pour chaque thématique, les étudiants ont élaboré une carte conceptuelle à l'aide de « CmapTools » et l'ont partagé avec l'enseignant sur la plateforme du cours. Le tableau 2.2 regroupe des informations concernant les cartes utilisées dans chacune des études.

Tableau 2.2 Description de l'approche d'analyse des cartes utilisées dans les quatre études.

	Étude 1	Étude 2	Étude 3	Étude 4
Cohorte concernée	1 et 2	4	4	4
Approche méthodologique	classique	classique	séquentielle	séquentielle
Analyse	évaluative	morphologique descriptive	morphologique descriptive qualitative sémantique	morphologique descriptive qualitative sémantique
Thématique	SBD HYG	SBD HYG DEM STAT	SBD	SBD HYG
Nombre de cartes analysées	110	124	6	30

Les quatre thématiques de l'UE₁ :

- SBD** Thématique clinique 1 : Santé bucco-dentaire
- HYG** Thématique clinique 2 : Hygiène et prévention dentaire
- DEM** Thématique théorique 3 : Démarche scientifique
- STAT** Thématique théorique 4 : Statistiques appliquées

Nous avons réalisé les analyses morphologique et sémantique¹. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés des travaux de Kinchin [16, 17] et des travaux de

1. A. Sadki ; S. Mateu-Ramis

Rootman - Legrange [18]. Nous avons d’abord utilisé les grilles proposées par ces auteurs et nous avons suivi la démarche illustrée dans la figure 2.4. Ceci dit, nous avons remarqué que les critères mentionnés par ces chercheurs sont difficilement applicables à nos cartes. Nous les avons donc ajustés et balisés pour standardiser leur utilisation. Grâce à cette démarche, nous avons pu mettre en place une méthodologie séquentielle que nous décrirons explicitement dans la troisième étude.

2.6.3 Codage de la morphologie

Nous parlons du codage de la morphologie pour caractériser la structure attribuée à chaque carte conceptuelle selon les différentes morphologies décrites dans la littérature (structure linéaire, radiale, réseau, non développée, etc...). Les étapes de cette procédure de codage se résument comme suit :

- Les deux examinatrices ² ont identifié, séparément, la morphologie des cartes pour chaque thématique.
- En cas de désaccord, les deux examinatrices ont ré-examiné les cartes conjointement afin de parvenir à un accord.
- Pour tester la stabilité du codage morphologique, appelée la fidélité « test-retest », nous avons codé une deuxième fois toutes les cartes après six mois.

Le tableau 2.3 montre les valeurs du coefficient kappa de Cohen par thématique de cours.

Tableau 2.3 Valeurs du coefficient kappa de Cohen pour la fidélité « *test - retest* » du codage morphologique.

	Thème 1	Thème 2	Thème 3	Thème 4
coefficient kappa de Cohen	0,91	0,95	0,77	0,91
p-valeur	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

2.6.4 Analyse descriptive des propositions

Cette étape consiste à dénombrer les éléments constitutifs de la carte conceptuelle. Donc, pour chaque carte, nous avons compté le nombre de concepts, de concepts-clés et de propositions. Les concepts-clés pour chaque thématique ont été préalablement définis par les deux examinatrices et validés par l’enseignante. En outre, cette analyse descriptive a permis d’identifier et dénombrer trois catégories de proposition : les propositions correctes, erronées et les dites « non propositions ».

2. A. Sadki ; S. Mateu-Ramis

2.6.5 Codage sémantique des propositions correctes

Nous appelons codage sémantique, l’opération qui nous a permis de coder chaque proposition correcte de la carte conceptuelle selon la densité sémantique et la gravité sémantique. Pour chaque thème, nous avons testé les grilles proposées dans la littérature [17, 18] sur une carte conceptuelle. Ensuite, nous avons codé séparément les cartes de chaque thème. À la fin du codage, nous nous sommes concertées pour validation et obtention d’une seule version (consensus).

Pour vérifier la fiabilité du codage, nous avons procédé comme suit :

- sélectionner cinq propositions-clés pour chaque thématique que nous avons identifiées sur les mêmes cartes non codées. Au total 360 propositions ont été analysées ;
- coder, de manière indépendante, les cinq propositions pour toutes les cartes de chaque thème ;
- transcrire les résultats du codage dans un tableau Excel. Chaque examinatrice a noté ses codages pour le type de proposition, le type de la connaissance, la gravité sémantique (G) et la densité sémantique (D) ;
- tester la fiabilité inter-examineurs pour les cinq propositions (tableau 2.4) ;
- tester la stabilité du codage en comparant le codage de chaque examinatrice avec le codage de la version consensus.

Tableau 2.4 Coefficients de fiabilité inter-examineurs (kappa de Cohen) et la stabilité du codage par rapport à la version consensus pour les propositions-clés des quatre thématiques du cours UE1

Analyse qualitative					Analyse sémantique	
	qualité propositions	Proposition erronée	non proposition	Type de connaissances	Densité sémantique	Gravité sémantique
Examinatrice 1 vs. Examinatrice 2						
Kappa	0,62***	1,00***	1,00***	0,54***	0,36***	0,59***
N	207	25	19	148	148	148
Examinatrice 1 vs. consensus (V ₁)						
Kappa	0,78***	0,93***	0,85***	0,73***	0,73***	0,83***
N	207	31	16	152	152	152
Examinatrice 2 vs. consensus (V ₁)						
Kappa	0,63***	0,92***	0,85***	0,59***	0,40***	0,49***
N	207	25	17	146	146	146

*** p-valeur < 0,001

N Nombre de propositions dans la carte analysée

Nous avons noté une discordance dans le codage. Cette différence de codage entre les examinatrices s’explique en grande partie par la décontextualisation des propositions. Coder les propositions-clés d’une manière isolée, et sans tenir compte de la carte conceptuelle dans sa globalité, nous a empêchées de comprendre le sens de la proposition et par conséquent d’estimer correctement l’intensité de la gravité ou de la densité sémantique. Une autre source de désaccord s’est exprimée lors de nos discussions : dans notre encodage, nous avons d’abord commencé par les intensités sémantiques puis nous avons défini le type de connaissances. Cet ordre de codage a compliqué notre travail. Nous avons donc décidé de procéder autrement pour vérifier la fiabilité inter-examinatrices. Après trois mois de codage des propositions, nous avons revu notre protocole de codage, ajusté et amélioré notre grille de codage en procédant autrement (chapitre 5). Au lieu d’un codage isolé des propositions-clés, nous avons pris une carte conceptuelle de la troisième thématique (démarche scientifique) que nous avons codée ensemble pour tester notre nouvelle grille. Ensuite, nous avons pris trois cartes conceptuelles, chacune correspondant aux autres thématiques du cours. Le nouveau codage nous a permis de vérifier la fiabilité inter-examineurs pour : (1) la qualité des propositions ; (2) le type de connaissances, (3) la densité sémantique et (4) la gravité sémantique. Les coefficients obtenus ont été globalement bons (tableau 2.5).

Tableau 2.5 Coefficients de concordance (kappa de Cohen) pour trois cartes conceptuelles.

	Qualité des propositions	Type de connaissances	Densité sémantique	Gravité sémantique
Examinatrice 1 vs. Examinatrice 2 pour une carte de « Santé bucco-dentaire »				
Kappa	0,92***	0,73***	0,91***	0,70***
N	35	32	32	32
Examinatrice 1 vs. Examinatrice 2 pour une carte d'« Hygiène et prévention dentaire »				
Kappa	0,92***	0,86***	0,92***	0,90***
N	50	26	26	26
Examinatrice 1 vs. Examinatrice 2 pour une carte de « statistiques descriptives »				
Kappa	0,91***	0,66***	0,99***	1,00***
N	59	36	36	36
Le coefficient de concordance moyen				
	0,92***	0,94***	0,75***	0,87***

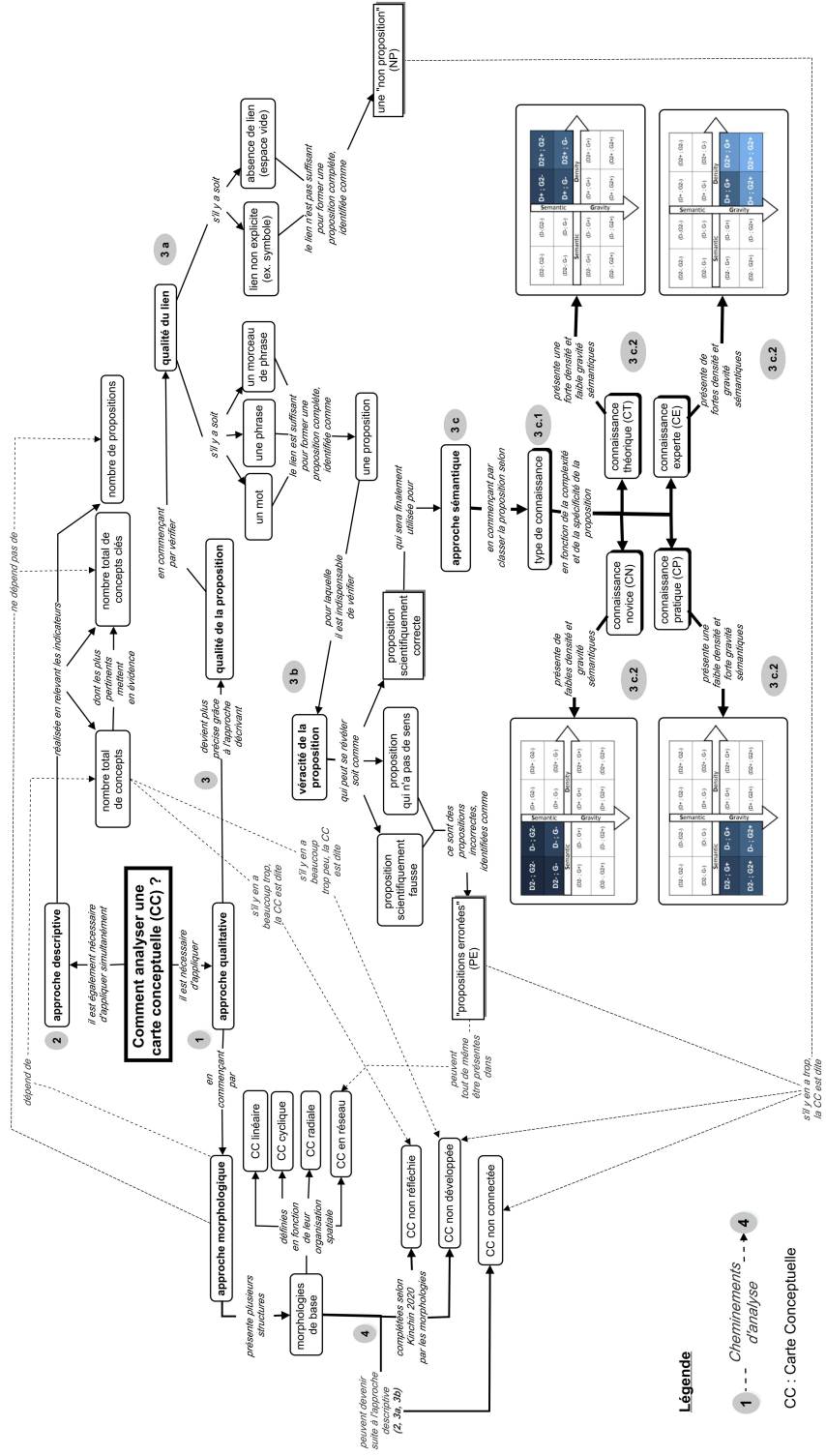
*** p-valeur < 0,001

N Nombre de propositions dans la carte analysée

2.7 Approche méthodologique séquentielle (Études 3 et 4)

L'évolution de notre méthode d'analyse et du codage nous a amenées à combiner les méthodes d'analyse classiques et les appliquer de manière systématique. De ce fait, nous décrivons dans le cinquième chapitre, cette nouvelle approche que nous avons appelée « approche séquentielle ». Cette approche est le fruit d'un travail acharné et de plusieurs réflexions que nous avons eues tout au long du processus du codage et d'analyse des cartes conceptuelles. Nous l'avons cartographiée sous forme d'une carte conceptuelle (figure 2.5). Ce point est amplement expliqué dans le chapitre 5.

Figure 2.5 Carte conceptuelle qui présente les différents cheminements suivis pour analyser, en profondeur, une carte conceptuelle



Bibliographie

- [1] Joseph D Novak and Alberto J Cañas. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical report, Institute for Human and Machine Cognition, 2008.
- [2] Alberto J. Cañas and Joseph D. Novak. Concept Mapping Using CmapTools to Enhance Meaningful Learning. In Alexandra Okada, Simon J. Buckingham Shum, and Tony Sherborne, editors, *Knowledge Cartography : Software Tools and Mapping Techniques*, Advanced Information and Knowledge Processing, pages 23–45. Springer, London, 2014. ISBN 978-1-4471-6470-8. doi : 10.1007/978-1-4471-6470-8_2.
- [3] Maxim Morin. *Expérimentation de la cartographie conceptuelle comme dispositif de collecte de données en vue de l'évaluation des apprentissages*. PhD thesis, Université de Montréal, 2019.
- [4] Claire Marchand and Jean-François d'Ivernois. Les cartes conceptuelles dans les formations en santé. *Pédagogie Médicale*, 5(4) :230–40, 2004. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2004031.
- [5] Barbara J Daley and Dario M Torre. Concept maps in medical education : An analytical literature review. *Medical Education*, 44(5) :440–448, 2010. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x.
- [6] Annie Rochette, Marilou Bélisle, André Laflamme, Michèle Doucet, Monique Chaput, and Barbara Fillion. Étude descriptive de l'utilisation des cartes conceptuelles comme stratégie pédagogique en sciences de la santé. *Pédagogie Médicale*, 11(2) :97–109, 2010. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2010011.
- [7] Sylvia C. Vink, Jan Van Tartwijk, Jan Bolk, and Nico Verloop. Integration of clinical and basic sciences in concept maps : A mixed-method study on teacher learning. *BMC Medical Education*, 15(1) :20, 2015. ISSN 1472-6920. doi : 10.1186/s12909-015-0299-0.
- [8] Natasha Dmoshinskaia, Hannie Gijlers, and Ton de Jong. Giving feedback on peers' concept maps as a learning experience : Does quality of reviewed concept maps matter? *Learning Environ Res*, 25(3) :823–840, 2022. ISSN 1573-1855. doi : 10.1007/s10984-021-09389-4.
- [9] Ian M. Kinchin. Concept mapping as a learning tool in higher education : A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1) :39–49, 2014. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2014.872011.

- [10] Joseph D. Novak and D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. ISBN 978-0-521-31926-3. doi : 10.1017/CBO9781139173469.
- [11] Diana C. Rice, Joseph M. Ryan, and Sara M. Samson. Using concept maps to assess student learning in the science classroom : Must different methods compete? *J. Res. Sci. Teach.*, 35(10) :1103–1127, 1998. ISSN 0022-4308, 1098-2736. doi : 10.1002/(SICI)1098-2736(199812)35:10<1103::AID-TEA4>3.0.CO;2-P.
- [12] Kathleen M. Fisher. Chapter 9 - SemNet Software as an Assessment Tool. In Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak, editors, *Assessing Science Understanding*, Educational Psychology, pages 197–221. Academic Press, Burlington, 2005. doi : 10.1016/B978-012498365-6/50011-1.
- [13] Maria Araceli Ruiz-Primo and Richard J. Shavelson. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6) :569–600, 1996. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M.
- [14] Richard J. Shavelson, Maria Araceli Ruiz-Primo, and Edward W. Wiley. Windows into the mind. *High Educ*, 49(4) :413–430, 2005. ISSN 1573-174X. doi : 10.1007/s10734-004-9448-9.
- [15] Eugenia Avila Salamanca, Maria and Maria Eugenia. *Exploration de l'évolution des représentations scientifiques de l'écologie chez les étudiants de deuxième baccalauréat en Biologie*. PhD thesis, UCL - Université catholique de Louvain, 2013.
- [16] Ian M. Kinchin. A 'species identification' approach to concept mapping in the classroom. *Journal of Biological Education*, 54(1) :108–114, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1546763.
- [17] Ian M. Kinchin, Aet Möllits, and Priit Reiska. Uncovering types of knowledge in concept maps. *Education Sciences*, 9(2) :131, 2019. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci9020131.
- [18] Ilse Rootman-le Grange and Margaret A. L. Blackie. Assessing assessment : In pursuit of meaningful learning. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 19(2) :484–490, 2018. ISSN 1109-4028, 1756-1108. doi : 10.1039/C7RP00191F.

PARTIE II

3

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,†}



Manuscrit reçu le 18 juin 2021 ; commentaires éditoriaux formulés aux auteurs le 14 mars et le 30 mars 2022 ; accepté pour publication le 31 mars 2023 dans la revue Pédagogie Médicale.

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

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 signifiant 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 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.

3.1 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 3.1 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].

3.1.1 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 fournit une approche centrée sur l'apprentissage et adaptée 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 :

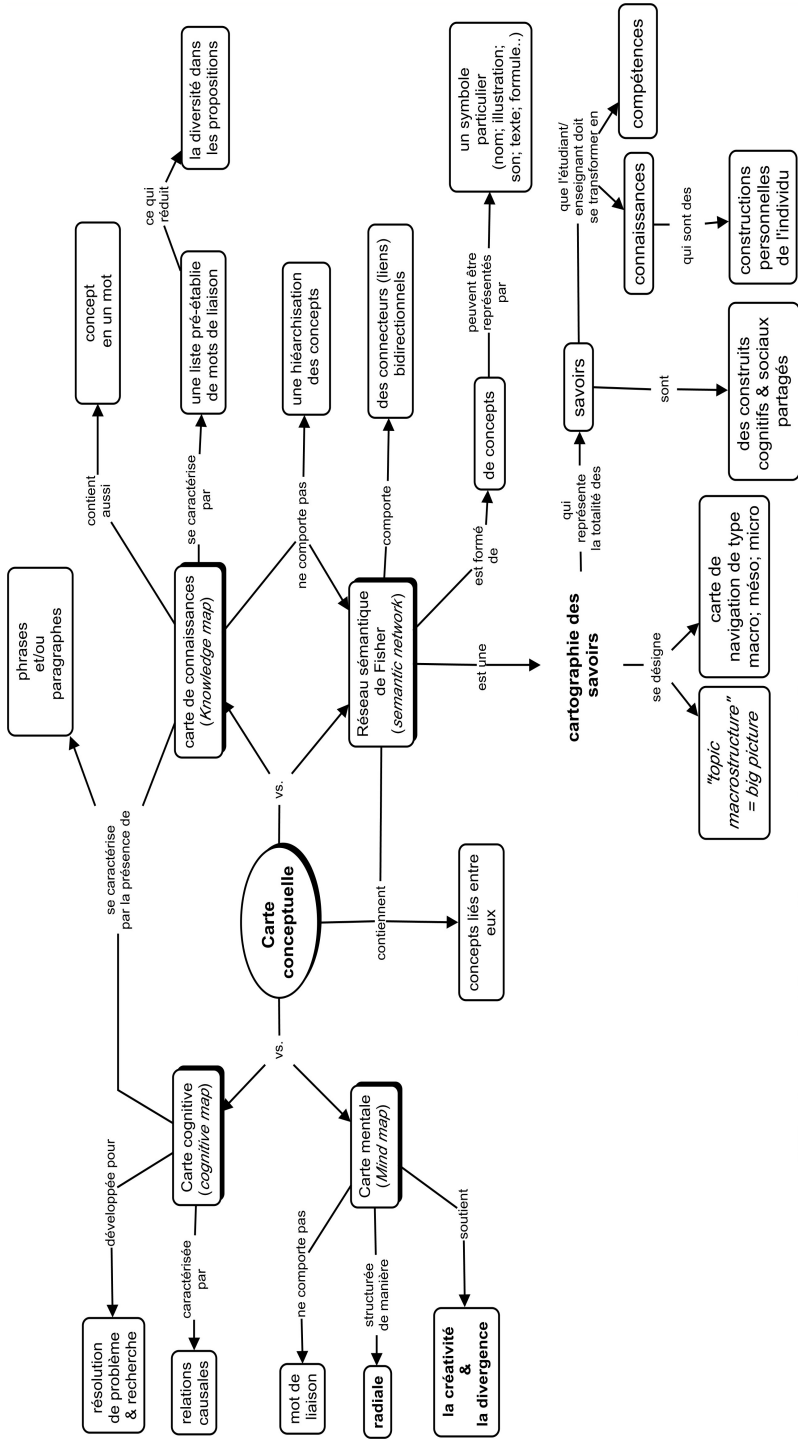
- le niveau pré-structurel : la compréhension est absente, mais l'apprenant peut répéter par cœur. L'apprenant ne connaît que des parties isolées de l'apprentissage attendu. Le manque d'organisation du contenu et de ses applications caractérise clairement ce niveau taxonomique ;
- le niveau uni-structurel : 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 ;
- le niveau multi-structurel : l'apprenant aborde plusieurs aspects d'une procédure sans les relier. Les faits sont connus mais ne sont pas structurés ;
- 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 ;
- 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 à se les approprier. 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 les 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.

3.1.2 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.

Figure 3.1 Une représentation cartographique des différentes formes de cartographie (élaborée à partir de Tardif [8])



Différentes représentations graphiques vs. carte conceptuelle
(selon Canas et al. 2003; Tardif 2006)

Les questions de recherche examinées sont les suivantes :

1. *la participation aux ateliers des CC a-t-elle un effet sur la qualité de la production d'une CC en première année en médecine dentaire et sur les performances académiques à court et à moyen terme ?*
2. *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.

3.2 Méthodes

3.2.1 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 pré-requis. 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 carte conceptuelle à l'examen et les étudiants qui n'ont pas présenté l'examen en A₁ ou en A₂, puisque cela ne nous 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.

3.2.2 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.

3.2.3 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.

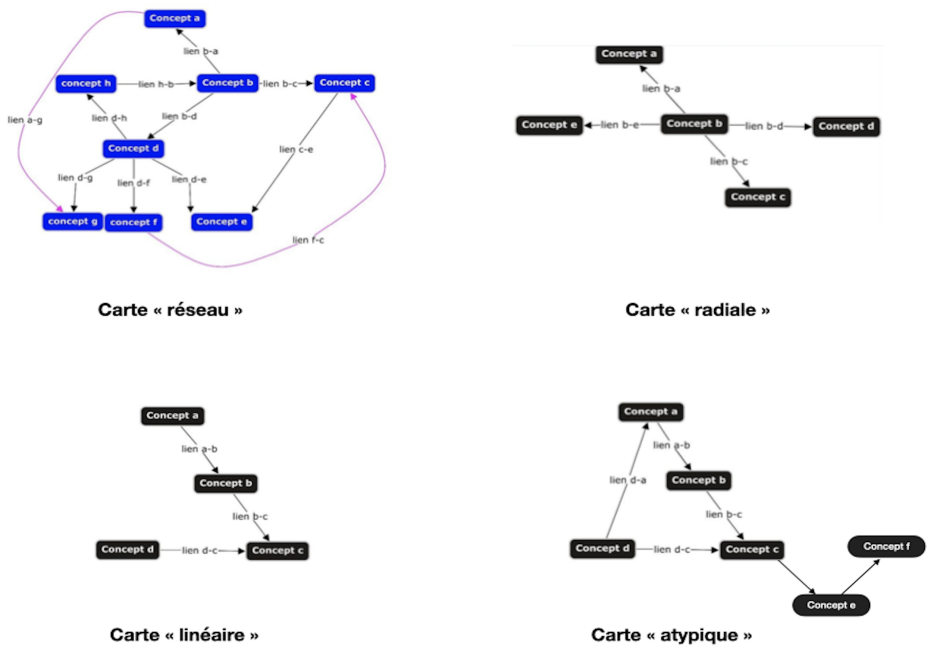
Le dernier moment de mesure s'est produit en A₂, ce qui nous a permis de collecter les résultats de l'UE₂ en distinguant de nouveau, selon la taxonomie SOLO, les PB et les PH en A₂. En somme, les PA des étudiants ont été mesurées en se basant sur les résultats obtenus lors de l'évaluation finale de l'UE₁ et de l'UE₂. Le tableau 3.1 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 3.2 [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 3.2 montre les différentes structures que nous avons rencontrées lors de l'analyse des CC.

Figure 3.2 Les différentes formes de cartes conceptuelles identifiées dans notre échantillon.



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-examinateur, 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%.

Tableau 3.1 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 SOLO performance at- tendue	Attitude cognitive de l'étudiant	Exemple de 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	Q1 « Citez quatre caractéristiques permettant de considérer que la prévention par le brossage dentaire est optimale » Q2 « Quels sont les quatre facteurs étiologiques principaux de la carie dentaire ? »
Multi- structurel/performance de haut niveau	- 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	Q3 Calculez l'indice de surfaces de dents cariées, absentes ou obturées (CAOF) des hémi - arcades droites du patient (image : figure 7.3a en annexe)
Niveau relation- nel/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.	Q4a. Une étude est menée chez 81 patients dont le taux de <i>Streptococcus mutans</i> 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 (tableau 7.3b en annexe)
Niveau abstrait étendu / perfor- mance 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.	Q4.b En reprenant les données précédentes avec un seuil de signification de 1%, identifiez la proposition de conclusion : - On ne met pas en évidence de modification significative du nombre de bactéries après traitement par antibiotiques - Le traitement est inefficace - On met en évidence une diminution significative du nombre de bactéries après traitement antibiotiques - On met en évidence une augmentation significative du nombre de bactéries après traitement antibiotique - On ne dispose pas des informations nécessaires pour conclure

Tableau 3.2 Critères d'analyse et barème d'attribution des scores pour l'évaluation des cartes conceptuelles.

Critère	Description	Score détaillé	Score maximum par critère (score total max : 20)
Structure de la carte conceptuelle	Réseau	3	5
	Radiale	3	
	Linéaire	0	
	Atypique (morphologie non définie)	0	
	Présence de niveau hiérarchique	1	
Présence de concepts préétablis par l'enseignant dans la CC produite par l'étudiant	Présence de 3 points de ramification au moins dans la carte produite	1	3
	Tous les concepts sont présents	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	Tous les liens sont présents	3	3
	Absence de 1/3 des liens	2	
	Absence de 2/3 des concepts	1	
	Absence de concepts	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	

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 3.3. 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.

3.2.4 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 3.4). Avant de réaliser ces régressions multiples, l'hypothèse de l'absence de multicolinéarité 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 multicolinéarité.

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 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.

3.3 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 3.3 et 3.4 (a et b).

3.3.1 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.

Tableau 3.3 Les variables dépendantes et indépendantes utilisées dans la régression linéaire multiple.

Variables	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 complexes 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 complexes de l'examen de l'UE ₂ (score /10).

Tableau 3.4 Mesures descriptives des variables numériques (a) et catégoriques (b) utilisées dans notre étude.

(a) Variables quantitatives	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 qualitatives	Effectif (%)
<i>Fréquence de participation aux ateliers (N)</i>	110 (100%)
- Participation à moins de la moitié des ateliers	77 (70 %)
- Participation à la moitié des ateliers ou plus	33 (30 %)
<i>Genre</i>	
- Féminin	72 (65,45 %)
- Masculin	38 (34,55 %)
<i>Historique académique</i>	
- Primant	57 (51,82 %)
- Ancien	53 (48,18 %)
<i>Thématique</i>	
- Thématique clinique (cohorte 1)	55 (50 %)
- Thématique théorique (cohorte 2)	55 (50 %)

Tableau 3.5 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 de A ₁)	Performances Q 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	1

* p < 0,1 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001

D'autres facteurs ont été déterminés également. Les résultats repris dans le tableau 3.6 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 ($F(4,97) = 7,09$; $p < 0,001$).

Tableau 3.6 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'enseignement1 (UE₁) en première année (A₁).

	Score de la CC (SCC) 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	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 AA ₁ (thématique 2)	-0,80***	-1,17	-0,44	0,18

* $p < 0,1$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Le tableau 3.7 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 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.

Tableau 3.7 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 terme.

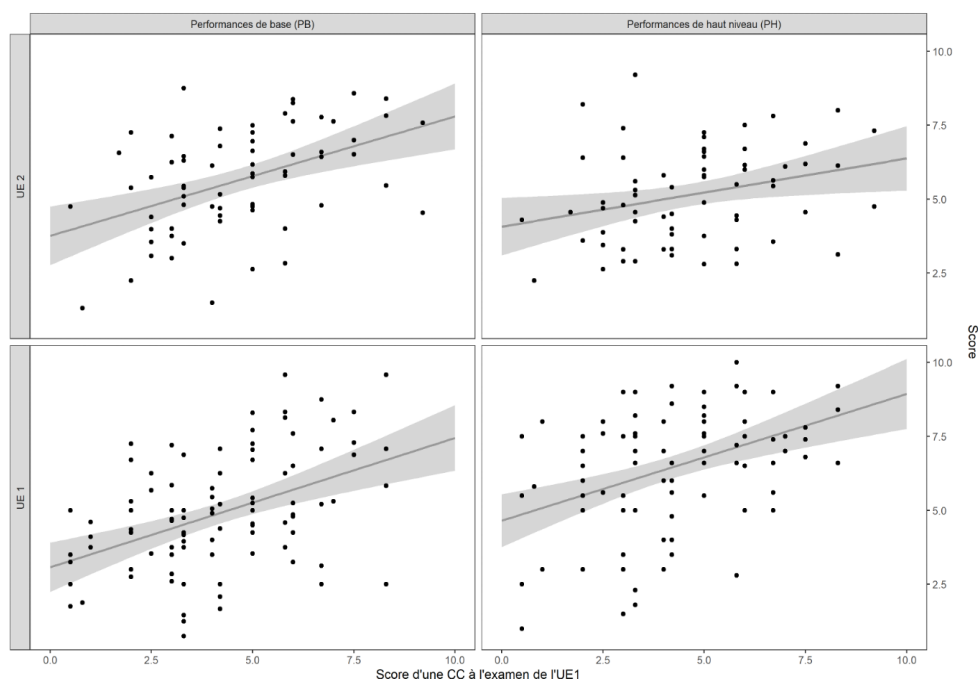
	Performances de base (PB)				Performances de haut niveau (PH)			
	B	IC 2,5 %	IC 97,5 %	E. S	B	IC 2,5 %	IC 97,5 %	E. S
Année 1								
Terme constant	0,05	-0,29	0,39	0,17	0,14	-0,21	0,49	0,17
Historique académique (ancien)	-0,27	-0,67	0,12	0,2	-0,56**	-0,97	-0,16	0,2
Performances antérieures (moyenne Q1 en A1)	0,29 **	0,08	0,46	0,1	0,19	-0,01	0,4	0,4
Participation aux ateliers en A ₁ (oui)	0,27	-0,12	0,67	0,2	0,36	-0,04	0,76	0,2
Thématique de la CC en A ₁ (thématique 2)	-0,02	-0,44	0,39	0,21	-0,14	-0,97	0,29	0,3
Score de la CC (SCC) produite à l’examen de l’UE1 en A1	0,38 ***	0,08	0,49	0,11	0,29 *	0,07	0,51	0,11
Année 2								
Terme constant	-0,4	-0,81	0,01	0,2	-0,38	-0,83	0,06	0,22
Historique académique (ancien)	-0,26	-0,77	0,26	0,26	-0,34	-0,9	0,22	0,22
Participation aux ateliers en A ₁ (oui)	0,81**	0,32	1,3	0,24	0,33	-0,2	0,86	0,26
Thématique de la carte conceptuelle en A1 (thématique 2)	0,17	-0,33	0,66	0,24	0,72**	0,19	1,26	0,27
Performances de base en A ₁	0,1	-0,17	0,36	0,13	0,22	-0,07	0,51	0,14
Performances de haut niveau en A ₁	-0,1	-0,42	0,23	0,16	0,12	-0,23	0,48	0,18
Score de la CC (SCC) produite 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 < 0,1 ; ** 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

3.3.2 Effet de qualité de la CC produite à l'examen de l'UE₁ sur les PB et PH en A₁ et en A₂

La qualité de la CC produite à l'examen de l'UE a été identifiée grâce au SCC. Une première analyse a montré que SCC est corrélée avec les performances académiques PB et PH en A₁ et en A₂ (Fig. 3.3), mais d'autres variables pourraient avoir un effet combiné avec SCC.

Figure 3.3 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'UE₁.



Les résultats des quatre RLM, montrent qu'en A₁, 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 A₁, 29 % de la variance des PH en A₁ 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 A₂, le SCC combiné à la participation aux ateliers en A₁ explique 37 % de la variance des PB en A₂. 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.

3.4 Discussion

3.4.1 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 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 A_1 , son 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 A_2 . Cet effet pourrait être expliqué par l'efficacité cognitive 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 n'est 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 PH de A₁). 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 PB.

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 UE₂) 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].

3.4.2 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 ex-

ploratoire, 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 par 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.

3.5 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 7.2** : La carte conceptuelle de référence pour l'examen de la cohorte 1 (Examen juin 2016 – thématique clinique).
- **Annexe 7.3** : 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 Denef 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 (No2021/ 633 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.

Bibliographie

- [1] Saeed Paivandi. *Apprendre à l'université*. De Boeck Supérieur, Louvain-la-Neuve, 2015. ISBN 978-2-8041-9417-8.
- [2] Caroline Zhao and Yanya Hu. Reflections on Study Strategy Modifications Using Cognitive Load Theory and Dual Processing Theory in the First Year of Medical School. *Medical Science Educator*, 31(2) :813–18, 2021. ISSN 2156-8650. doi : 10.1007/s40670-020-01198-3.
- [3] Lisa M. W. DaDeppo. Integration Factors Related to the Academic Success and Intent to Persist of College Students with Learning Disabilities. *Learn Disabil Res Pract*, 24(3) :122–31, 2009. ISSN 1540-5826. doi : 10.1111/j.1540-5826.2009.00286.x.
- [4] Alexander Minnaert and Piet J Janssen. The additive effect of regulatory activities on top of intelligence in relation to academic performance in higher education. *Learning and Instruction*, 9(1) :77–91, 1998. ISSN 0959-4752. doi : 10.1016/S0959-4752(98)00019-X.
- [5] Karen M. Stegers-Jager, Axel P. N. Themmen, Janke Cohen-Schotanus, and Ewout W. Steyerberg. Predicting performance : Relative importance of students' background and past performance. *Med Educ*, 49(9) :933–45, 2015. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/medu.12779.
- [6] Joseph D. Novak. Concept mapping : A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10) :937–949, 1990. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.3660271003.
- [7] David Hay, Ian M. Kinchin, and Simon Lygo-Baker. Making learning visible : The role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33(3) :295–311, 2008. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070802049251.
- [8] Jacques Tardif. Les cartes conceptuelles : un accès direct et explicite aux ressources. In *L'évaluation des compétences : documenter le parcours de développement*, pages 292–336. Chenelière Éducation, Montréal, 2006. ISBN 978-2-7650-1005-0.
- [9] David H. Jonassen and Rose M. Marra. Concept mapping and other formalisms as Mindtools for representing knowledge. *Research in Learning Technology*, 2(1) :50–6, 1994. ISSN 2156-7077, 2156-7069. doi : 10.1080/0968776940020107.
- [10] Ralf Schmidmaier, Stephan Eiber, Rene Ebersbach, Miriam Schiller, Inga Hege, Matthias Holzer, and Martin R. Fischer. Learning the facts in medical

- school is not enough : Which factors predict successful application of procedural knowledge in a laboratory setting? *BMC Med Educ*, 13(1) :1–9, 2013. ISSN 1472-6920. doi : 10.1186/1472-6920-13-28.
- [11] Maria Weurlander, Max Scheja, Håkan Hult, and Annika Wernerson. The struggle to understand : Exploring medical students' experiences of learning and understanding during a basic science course. *Studies in Higher Education*, 41(3) :462–77, 2016. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075079.2014.930122.
 - [12] Jean Jouquan. L'évaluation des apprentissages des étudiants en formation médicale initiale. *Pédagogie Médicale*, 3(1) :38–52, 2002. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2002006.
 - [13] John Biggs and Kevin F. Collis. *Evaluating the Quality of Learning : The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. New York :Academic Press, 1982. ISBN 978-1-4832-7331-0.
 - [14] Mukhtiar Baig, Saba Tariq, Rehana Rehman, S Ali, and ZJ. Gazzaz. Concept mapping improves academic performance in problem solving questions in bio-chemistry subject. *Pak J Med Sci*, 32(4) :801–05, 2016. ISSN 1682-024X. doi : 10.12669/pjms.324.10432.
 - [15] Veronica Ho, Rakesh K Kumar, and Gary Velan. Online testable concept maps : Benefits for learning about the pathogenesis of disease. *Med Educ*, 48 (7) :687–97, 2014. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/medu.12422.
 - [16] Ian M. Kinchin. Concept mapping as a learning tool in higher education : A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1) :39–49, 2014. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2014.872011.
 - [17] Beatrice Pudelko, Meredith Young, Philippe Vincent-Lamarre, and Bernard Charlin. Mapping as a learning strategy in health professions education : A critical analysis. *Med Educ*, 46(12) :1215–1225, 2012. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/medu.12032.
 - [18] Ian M. Kinchin. *Concept Mapping and Pedagogic Health in Higher Education (a Rhizomatic Exploration in Eight Plateaus)*. Postdoctoral, University of Surrey, 2020.
 - [19] Eugenia Avila Salamanca, Maria and Maria Eugenia. *Exploration de l'évolution des représentations scientifiques de l'écologie chez les étudiants de deuxième baccalauréat en Biologie*. PhD thesis, UCL - Université catholique de Louvain, 2013.
 - [20] Haiyue Jin and Khoon Yoong Wong. Training On Concept Mapping Skills in Geometry. *J Math Educ*, 3(1) :104–119, 2010.

- [21] Sulakshana Shridhar Baliga, Padmaja Ravindra Walvekar, and Girija Jagadish Mahantshetti. Concept map as a teaching and learning tool for medical students. *J Educ Health Promot*, 10 :35, 2021. ISSN 2277-9531. doi : 10.4103/jehp.jehp_146_20.
- [22] Amy G. Briggs, Stephanie K. Morgan, Seth K. Sanderson, Molly C. Schulting, and Laramie J. Wiesenman. Tracking the Resolution of Student Misconceptions about the Central Dogma of Molecular Biology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3) :339–350, 2016. doi : 10.1128/jmbe.v17i3.1165.
- [23] H.-L. Huang, G.-J. Hwang, and P.-Y. Chen. An integrated concept mapping and image recognition approach to improving students' scientific inquiry course performance. *Br J Educ Technol*, 53(3) :706–27, 2022. ISSN 0007-1013. doi : 10.1111/bjet.13177.
- [24] Claire Marchand and Jean-François d'Ivernois. Les cartes conceptuelles dans les formations en santé. *Pédagogie Médicale*, 5(4) :230–40, 2004. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2004031.
- [25] Carolina Veronese, Jeremy B. Richards, Luise Pernar, AM. Sullivan, and RM. Schwartzstein. A randomized pilot study of the use of concept maps to enhance problem-based learning among first-year medical students. *Med Teach*, 35(9) :1478–84, 2013. ISSN 0142-159X. doi : 10.3109/0142159X.2013.785628.
- [26] Martha Peñuela-Epalza and Karla De la Hoz. 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*, 41(4) :433–40, 2019. ISSN 0142-159X. doi : 10.1080/0142159X.2018.1487046.
- [27] Urvish Joshi and Sheetal Vyas. Assessment of Perception and Effectiveness of Concept Mapping in Learning Epidemiology. *Indian J Community Med*, 43(1) :37–9, 2018. ISSN 0970-0218. doi : 10.4103/ijcm.IJCM_375_16.
- [28] Krishna M. Surapaneni and Ara Tekian. Concept mapping enhances learning of biochemistry. *Medical Education Online*, 18(1) :20157, 2013. ISSN null. doi : 10.3402/meo.v18i0.20157.
- [29] Farida Qadir, Tabassum Zehra, and Imrana Khan. Use of Concept Mapping as a Facilitative Tool to Promote Learning in Pharmacology. *J Coll Physicians Surg Pak*, 21 :476–81, 2011.
- [30] Ian M. Kinchin, Aylin Baysan, and Lyndon Bruce Cabot. Towards a pedagogy for clinical education : Beyond individual learning differences. *J*

- Furth High Educ*, 32(4) :373–87, 2008. ISSN 0309-877X. doi : 10.1080/03098770802395587.
- [31] Carol G. Williams. Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(4) :414–421, 1998. ISSN 0021-8251. doi : 10.2307/749858.
- [32] Nathalie Caire Fon, Béatrice Pudelko, and Marie-Claude Audétat. Optimiser l’usage des cartes conceptuelles dans l’apprentissage par problèmes (APP) dans le cursus préclinique : le point de vue des enseignants. *Pédagogie Médicale*, 17(2) :95–107, 2016. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2016031.
- [33] Conran Joseph, David Conradsson, Lena Nilsson Wikmar, and Michael Rowe. Structured feedback on students’ concept maps : The proverbial path to learning? *BMC Med Educ*, 17(1) :1–9, 2017. ISSN 1472-6920. doi : 10.1186/s12909-017-0930-3.
- [34] Kevin M. Roessger, Barbara J. Daley, and Duaa A. Hafez. Effects of teaching concept mapping using practice, feedback, and relational framing. *Learning and Instruction*, 54 :11–21, 2018. ISSN 0959-4752. doi : 10.1016/j.learninstruc.2018.01.011.

4

The quality of first-year dental students' cognitive structures through concept maps and the factors that influence it



Manuscrit soumis le 06 mars 2023 au journal "European Journal of Dental Education" (ID : EJE-23-5728 ; accepté avec modifications mineures)

Authors

Asmaâ Sadki^{1,3*}, Séverine Mateu-Ramis^{2,3*}, Gaëtane Leloup^{2,3},
Mariane Frenay⁴

1. Institute of Health and Society (IRSS), Université catholique de Louvain, Belgium

2. Institute of Dental Medicine and Stomatology (IMDS), 1200 Brussels, Belgium

3. Faculty of Medicine and Dentistry, Université catholique de Louvain, Belgium

4. Psychological Research Institute (IPSY), Université catholique de Louvain, Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgium

* Corresponding authors

AS : Institute of Health and Society, Université catholique de Louvain,
30, clos Chapelle-aux-champs,
1200 Brussels, Belgium.

Asmaa.sadki@uclouvain.be

<https://orcid.org/0000-0002-8014-5773>

SMR : Institute of Dental Medicine and Stomatology (IDMS),
109, avenue Neerveld,
1200 Brussels, Belgium.

Severine.Mateu-Ramis@saintluc.uclouvain.be

<https://orcid.org/0009-0006-6597-7703>

Abstract

Objectives :

In health professions education, it is widely recognized that concept mapping helps students organize their knowledge. This study aimed to investigate the quality of first-year dental students' cognitive structures and the factors that influence it. Two approaches (qualitative and descriptive) to analysing student concept maps are described in this article. The qualitative approach emphasizes the distinct morphologies (structures) that are considered to indicate the level of understanding. The descriptive approach provides information on the content's richness in terms of concepts and key concepts.

Methods :

A total of 31 first-year dental students participated in this study. In an introductory session, students drew their first concept map (CM) using Cmaptools software. Then, students created and submitted individualized CMs for four course topics. Qualitative and descriptive approaches to analysing concept maps are of value because they highlight what students have learned and how they organize and structure knowledge through CMs. To determine students' cognitive structures and explore the evolution of their representations over the four course topics, two examiners analysed the CMs' morphology and content.

Results :

Students presented various cognitive structures for the same topic. The quality of concept maps seemed to be influenced by the topic, as well as by familiarization with making CM.

Conclusions :

Concept mapping revealed the organization of students' knowledge. This study explored structural (morphology) and content analyses of CMs. The quality of the CMs seems to be affected by the nature of the topic.

Keywords :

concept map, cognitive structure, dental education, morphology, key concepts.

4.1 Introduction

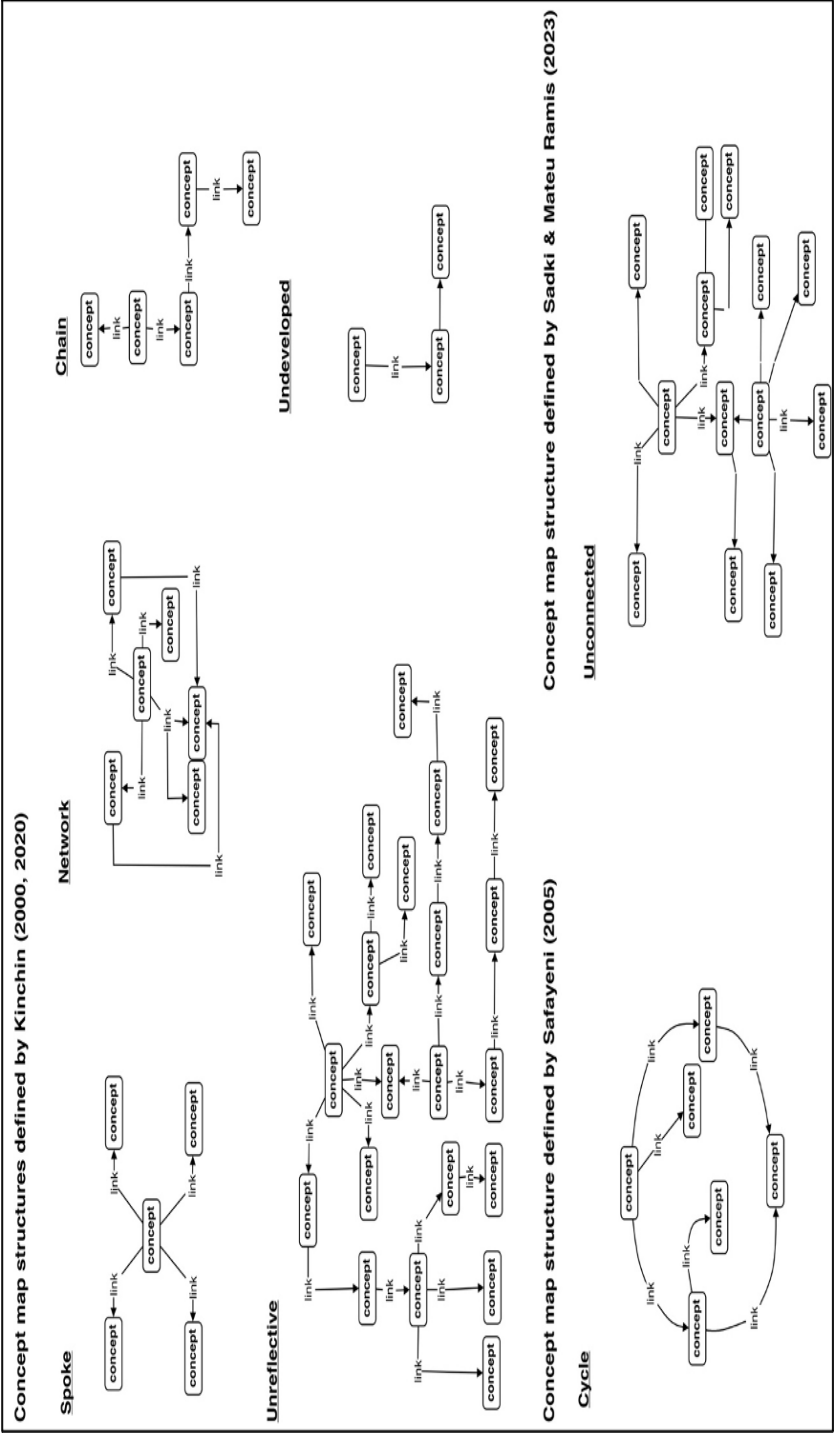
Concepts learned in the classroom must be well organized and structured to be stored efficiently in memory. The structure of a student's memory, called cognitive structure, reflects the organization of concepts in memory, which is done through patterns, as well as the relationships that associate concepts with each other [1, 2]. As Ausubel suggested, cognitive structures are the critical factor in meaningful learning and retention : "If existing cognitive structure is clear, stable, and suitably organized, it facilitates the learning and retention of new subject matter. If it is unstable, ambiguous, disorganized, or chaotically organized, it inhibits learning and retention" [3].

To operationalize Ausubel's learning theory, Novak and Gowin created concept mapping. A concept map (CM) is a useful tool that promotes meaningful learning and improves a student's critical thinking by encouraging students to manipulate information in depth. [4] They described it as a schematic device for representing a set of concepts in nodes, connected through links containing linking words to form propositions [5]. These propositions indicate units of meaning that highlight the relationship within concepts, and cross-links show relationships between concepts. A link that establishes a connection between the concepts from different regions and levels of the map is called a cross-link [6]. This type of link demonstrates in-depth learning and the student's ability to connect spatially distant concepts, which translates into elaborated knowledge.

The literature has defined several morphologies for representing concepts in a two-dimensional plane. Kinchin mentioned six morphologies that CMs can have. Spoke, network, chain, and cyclic maps are the most common forms. But he pointed out two additional forms that are ignored in the literature : " unreflective and undeveloped structures".[7] These morphologies are shown in Figure 4.1.

- A *spoke structure* represents a branching of concepts around the central concept in a radial format. All subordinate concepts link directly to the key idea, but not to each other. This could develop into a network.
- A *network structure* is a graphical representation in which there are fewer concepts than links. Cross-links are particularly prevalent in this type of morphology. The map is well structured, the concepts are well laid-out in space, and links are present throughout the CM.
- In a *chain structure*, the concepts are arranged in a linear sequence. This usually reflects rote learning.

Figure 4.1 Concept map morphologies



- *An unreflective structure* can be overloaded and confuse several structures at once. As such, they can represent excessively detailed knowledge. This morphology derives from the spoke structure, but is more complex. It can easily evolve into the network structure, but the student must select the most important concepts and avoid unnecessary detail.
- *An undeveloped structure* is characterized by a very limited number of concepts and a weakness in or absence of links between concepts. The weakness in terms of concepts makes the map very disaggregated and poor in knowledge.

In addition to morphology, the richness of relevant concepts in a CM also reveals the degree of student understanding. Several decades of research have demonstrated that : “all knowledge is not of equal value, that some propositions take precedence over others in the knowledge frameworks of experts, and that teachers and students should focus their efforts on those fundamental concepts that are critical to understanding”[8]. In this regard, threshold concepts have been defined as fundamental concepts necessary for the best understanding of the topic being taught. Indeed, for some subjects, some concepts seem particularly problematic for students. CMs would therefore be of great use in highlighting the presence or absence of these threshold concepts, which we have equated, in this study, with key concepts. We label “RKC”, the ratio of key concepts present in the student’s CM to those expected by the teacher. This ratio can be an indicator of the CM’s richness [9].

Indeed, through its morphology and identification of concepts, a CM gives access to cognitive structure. The cognitive structure becomes visible, and the student can easily identify and rectify conceptual gaps or errors. The correspondence between the characteristics of the cognitive structure and the structure of a CM, linking different concepts to form a network, makes it a tool with important pedagogical potential [10].

Findings in dental education suggest that CMs help students to develop deep understanding that facilitates the acquisition of expertise in problem-solving and decision-making [11]. In Gil’s study, concept mapping was a complementary learning strategy in an oral radiographic interpretation class, which motivated students and helped them to recognize misconceptions [12]. However, beyond the perceived interest value of the tool, it is important to see if CMs can effectively identify students’ difficulties with structuring and understanding knowledge. Constructing a CM promotes exploration of the structure of one’s knowledge and makes it accessible and visible.

Consequently, we integrated CMs into a first-year dental course and attempted to evaluate the maps produced by students and thus, to answer our research

question : How do students structure their knowledge from a first-year dentistry course using a CM, and what is the relevance of the concepts in the CMs produced ?

4.2 Methods

4.2.1 Sample

This study was conducted at the UCLouvain faculty of dentistry in Belgium during the second semester of the first year of a bachelor's program in dentistry. A total of 43 students were registered for the course "Elements of statistics applied to dental epidemiology and prevention", and they all participated in the study. They produced CMs for the four topics in this course. The CMs produced by some students were excluded from the analysis because the students failed to follow the instructions given during the first session, the CMs produced were not usable or they did not submit CMs for all topics. Therefore, our final sample is based on the analysis of the CMs produced by 31 students (20 F and 11 M; average age = $19.39 \text{ y} \pm 2.40$). For each topic, students produced one CM. Thus, 124 CMs were examined in this study.

4.2.2 Course content and concept map training

The content in this course is articulated around four topics. The first two are clinical and the last two are essentially theoretical. Topic 1 explains the main indices for measuring oral health and how to use them. The second topic focuses on prevention and oral hygiene, and explains the main oral and general environmental factors that can influence individual and collective oral health. The third topic, which describes the scientific approach, provides the student with all elements needed for a scientific approach. At the end of this topic, students must apply and contextualize what they have learned to a clinical situation proposed by the teacher. Finally, the purpose of topic 4 is to give students some basics of common statistical methods. Students should be able to use basic statistical concepts in the critical reading of scientific dental literature, specifically about dental epidemiology and prevention, and be prepared to apply them in subsequent clinical decision-making.

Teachers have integrated regular CM seminars to promote active learning. At this stage of the students' training, the implementation of CM had two aims. First, to provide students with an original learning activity to let them learn differently. Second, to let them visualize the knowledge acquired and evaluate their level of comprehension.

At the beginning of the course, a training session was organized to explain

what a CM is and to teach students how to use “Cmaptools” software to draw their CMs. Then, students were asked to produce a CM around each topic at four different times during the course (see Figure 4.2). Within three days after the end of each topic, students were required to submit the CM for that topic on the course platform.

4.2.3 Analysing CM through qualitative and descriptive approaches

All CMs were evaluated by two examiners : the course instructor and a dentist. First, they developed the methodology for analysing the CMs, then they analysed the CMs independently, and finally, they compared and validated their analysis collegially. The morphology of the CM was determined using descriptions found in the literature [7, 13, 14]. Examiners determined each map's morphology based on the map's overall look, the overall number of concepts, the geographic organization of the propositions, and the presence or absence of links across the propositions (qualitative approach). In addition, the teacher predefined 20 key concepts for each topic (see Table 4.1). For each CM, the examiners counted the total number of concepts and the number of key concepts (descriptive approach).

Through sharing their independent results, the examiners were able to identify disagreements between their qualitative analyses, and assess the degree of agreement between them. The examiners discussed any disagreements to reach a consensus. To evaluate the reliability of the identification of the morphologies, they carried out a test-retest comparison 6 months after the first analysis. Cohen's coefficients were 0.90 for the first topic ; 0.95 for the second topic ; 0.77 for the third topic and 0.91 for the last topic. All kappa tests were statistically significant ($p < 0.001$). Values exceeding 0.75 are considered to indicate excellent agreement.

All statistics reported in this study were calculated using SPSS (version 28) and the R language (version 4.2.2).

Figure 4.2 Research protocol

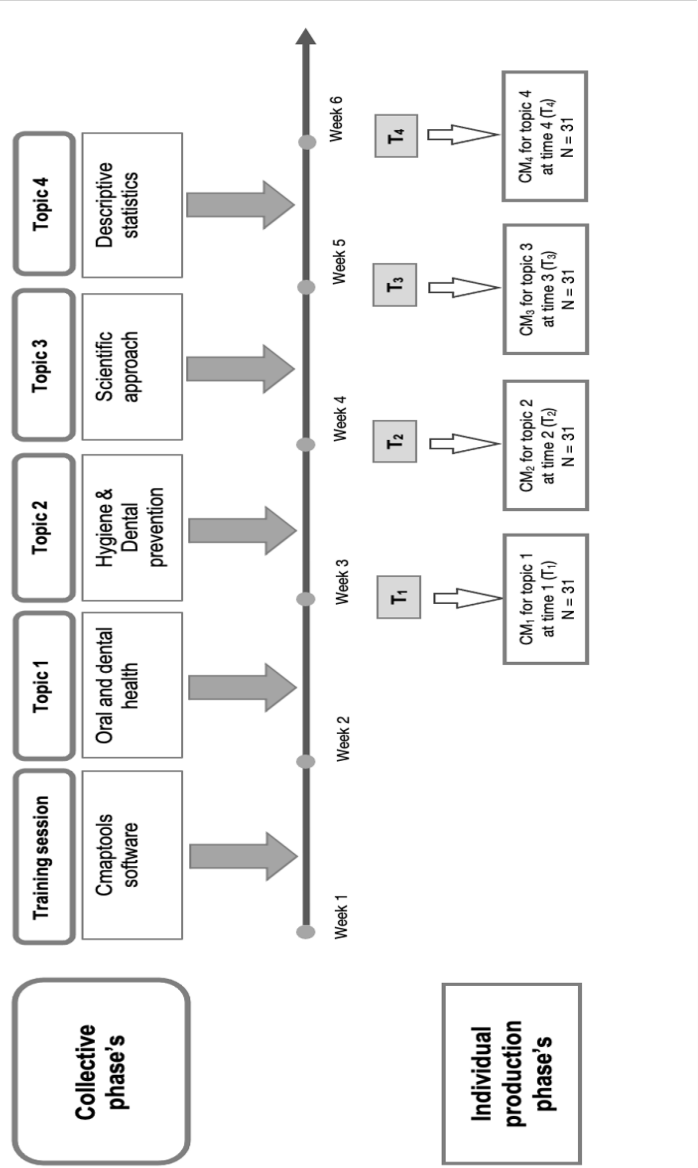


Tableau 4.1 Key concepts defined by the teacher for each topic - translated into English

Topic 1 :	Topic 2 :	Topic 3 :	Topic 4 :
Oral and dental health	Dental hygiene and prevention	Scientific approach	Descriptive statistics
1. Epidemiology 2. Prevalence 3. Incidence 4. Dental caries 5. Caries Index 6. DMFT-DMFS; Permanent tooth 7. dmft-dmfs Temporary tooth 8. Surface (unit of measurement) 9. Tooth (unit of measurement) 10. Diagnostic levels or image with the 6 levels of tissue loss 11. Clinical examination 12. Radiographic examination 13. Classification by location 14. Periodontal disease 15. Periodontal probing 16. Periodontal pocket (depth) 17. Dental plaque 18. Plaque index 19. DPSI 20. Indicators (bleeding, calculus, pocket)	1. Dental caries 2. Substrate factor 3. Frequency of ingestion (or pattern) 4. Sugar substitute (xylitol, sorbitol ..) 5. Carbohydrate (sugar) 6. Microbial factor 7. Bacteria 8. Dental plaque 9. Carious process 10. Cariogenic biofilm / periodonto-pathogenic biofilm 11. Terrain factor 12. Drop in pH 13. Buffer power of saliva 14. Demineralization 15. Remineralization 16. Over-saturation 17. Under-saturation 18. Critical pH 19. Hydroxyapatite 20. Saliva and composition	1. Evidence-based dentistry (EBD) 2. Empirical observations - explicit reasoning 3. Refutability (objective vs. subjective approach) 4. Theoretical framework 5. Reliability of the measure 6. Validity of the measure 7. Stages of research (or structure of a scientific article) 8. Research design 9. Type of study : observational vs. experimental (one of the 3 concepts) 10. Sample or random sample 11. Bias 12. Randomization 13. Controlled variables 14. Confounding factors 15. Double-blind validation 16. Dependent variables 17. Independent variables 18. Quantitative data 19. Qualitative data 20. Statistics	1. Data (or data collection or database) 2. Distribution 3. Frequency 4. Qualitative variables 5. Quantitative variables 6. Central tendency (mean; median; mode) 7. Symmetry (left/right asymmetry) or bell-shaped distribution (Gaussian curve) 8. Dispersion (range; standard deviation; variance) 9. Z-score (relative positioning) 10. Box plot 11. Correlation 12. Regression 13. Pearson's coefficient 14. Significance threshold 15. Linear relationship 16. Independent variable (explanatory; predictive) 17. Dependent variables (response) 18. Regression equation 19. p value 20. Inferential statistics

4.3 Results

A total of 31 students produced CMs for four different topics over time. Morphology and content (concepts and key concepts) were the two indicators used in the analysis of the structure and quality of the CMs. Table 4.2 shows the results obtained.

4.3.1 Morphology and content

Five of the morphologies described by Kinchin were observed in the CMs but with different relative frequencies. Representative examples of CM morphology, drawn by students, are shown in Figures 4.3 – 4.8 (The six maps, originally produced in French, have been translated into English). The students represented the concepts differently for the different topics. A new morphology appeared in our sample, which was almost similar to a mind map but was distinguished by the presence of some links. We labelled it an “unconnected” structure and illustrated it in Figure 4.1.

In addition to morphology, the content of the CMs in terms of concepts varied for each topic. The average of the total number of concepts (TNC) increased over time, and ranged from 51.29 to 66.26 concepts (Table 4.1). The RKC varied from topic to topic. The results per topic follow.

Topic 1 : Oral and dental health

About one-third (35.5%) of the 31 maps produced for this topic had a spoke morphology. The other morphologies were present with different relative frequencies, but there were more undeveloped and unconnected maps than the others. The network and cyclic structures were seen least often. The undeveloped structure contained the lowest number of concepts. The unconnected and the spoke structures generally had the same TNC. The unreflective structure stood out with a very high TNC. The RKC varied according to morphology and was weaker in maps with an undeveloped structure.

Topic 2 : Hygiene and dental prevention

The undeveloped structure was the most frequent (32.3%) for this topic. The other morphologies were all present but with variable relative frequencies. The unreflective structure was distinguished by a greater TNC, on average. The mean TNC for the other morphologies remained lower. The average RKC in the 31 CMs representing this topic was highest in the unreflective and network structures.

Topic 3 : Scientific approach

As shown in Table 4.2, 48.4 % of the 31 CMs for this topic were organized in a spoke structure. No cyclic structure was found. Unconnected structures made up

22.5 % of the students' CMs. The unreflective structure had the greatest TNC. The average RKC differed across the different morphologies and remained weaker in undeveloped structure.

Topic 4 : Descriptive statistics

Except for the cycle structure, all morphologies were present, with different relative frequencies and varying TNC. The unreflective structure again had the highest TNC, as in the previous topics. As shown in Table 4.2, on average, we found 66.26 concepts per CM, but the average number of key concepts did not exceed 10.58, which weakened the RKC (0.53). The undeveloped structure had the lowest RKC, compared to the other morphologies.

The analysis of morphologies and content within each topic, as well as comparisons of the TNC and RKC, showed that there is indeed a difference between students' CMs within a topic.

4.3.2 Morphological and content evolution of CMs

As shown in Figure 4.1, to track the development of the morphology of the students' CMs, they produced four CMs (representing topics in the course) at four successive points in time. The morphology and CM content from T₁ (topic 1 at time 1) to T₄ (topic 4 at time 4) was quite variable (Figure 9).

Only a few students remained constant in how they presented knowledge. They maintained the undeveloped or unconnected morphology from topic 1 to topic 4. Only one student produced a network-structure CM for topic 1, but did not sustain it. Students who produced spoke structures for topic 1 either progressed to producing CM networks or used the other morphologies, except for undeveloped. No student using an unreflective structure for topic 1 switched to a network or undeveloped structure. The students who produced cycle structures for topic 1 or topic 2 followed up by using undeveloped, spoke, or unconnected structures. We also found that the unconnected structure showed more variability in its evolution. It evolved to other types of morphology except the network structure. Finally, the undeveloped structure was replaced by other structures, except for a network or unreflective structure.

With regard to the richness of the content of all CM, the TNC was, on average, identical for the first two topics. This number increased for the following topics : the students identified more concepts. The same was true for the RKC from topic 1 to topic 3, but this ratio decreased drastically for the last topic at time 4 (Table 4.2).

Tableau 4.2 Descriptive statistics for CM characteristics for the four topics (N_{total}= 124)

a. CM by Morphology	Topic 1 (n = 31) Oral and dental health		Topic 2 (n = 31) Hygiene and dental prevention		Topic 3 (n=31) Scientific approach		Topic 4 (n=31) Descriptive statistics		Relative frequency of morphology for all topics (N total = 124)
	Relative Frequency	Mean (SD)	Relative Frequency	Mean (SD)	Relative Frequency	Mean (SD)	Relative Frequency	Mean (SD)	
Undeveloped (UD)	19.40%		32.30%		9.70%		9.70%		17.74 %
	Total number of concepts	25.50 (9.38)		29.90 (10.14)		34.00 (7.00)		35.67 (2.52)	
	Number of key concepts	9.17 (4.71)		10.30 (1.42)		10.67 (3.21)		8.00 (1.73)	
Unconnected (UC)	29.00%		9.70%		22.50%		22.60%		20.97 %
	Total number of concepts	50.22 (8.63)		44.67 (2.51)		55.71 (18.44)		59.00 (12.84)	
	Number of key concepts	11.67 (3.12)		13.33 (1.53)		14.1 (2.20)		9.71 (1.70)	
Cycle (CY)	3.20%		9.70%		0.00%		0.00%		4.83 %
	Total number of concepts	49.00 (-)		40.20 (13.39)		-		-	
	Number of key concepts	12.00 (-)		12.60 (2.89)		-		-	
Unreflective (UR)	9.70%		19.40%		12.90%		25.80%		16.94 %
	Total number of concepts	82.00 (7.00)		97.50 (45.92)		111.25 (33.83)		90.13 (28.15)	
	Number of key concepts	16.00 (0.00)		15.50 (2.51)		18.25 (0.96)		12.38 (1.92)	
Spoke (SP)	35.50%		9.70%		48.40%		29.00%		30.65 %
	Total number of concepts	55.55 (16.57)		47.00 (12.53)		58.20 (13.67)		59.44 (12.32)	
	Number of key concepts	14.18 (2.68)		12.33 (1.53)		16.00 (2.65)		9.44 (1.88)	
Network (NW)	3.20%		12.90%		6.50%		12.90%		8.87 %
	Total number of concepts	79.00 (-)		61.25 (5.02)		70.50 (2.21)		69.50 (9.75)	
	Number of key concepts	20.00 (-)		13.25 (2.75)		16.50 (0.71)		13.00 (2.00)	
b. All CM									100%
	Total number of concepts	51.29 (19.73)		51.77 (32.24)		62.94 (26.36)		66.26 (23.27)	
	Number of key concepts	12.77 (3.89)		12.81 (2.87)		15.39 (3.00)		10.58 (2.42)	
	Ratio of key concepts	0.64 (0.19)		0.64 (0.14)		0.77 (0.15)		0.53 (0.12)	

CM : concept map ; n : number of concept maps for each topic ; SD : Standard deviation
Ratio of key concepts = $\frac{\text{Number of key concepts}}{\text{Number of key concepts expected (20)}}$

Figure 4.3 The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with a spoke structure.

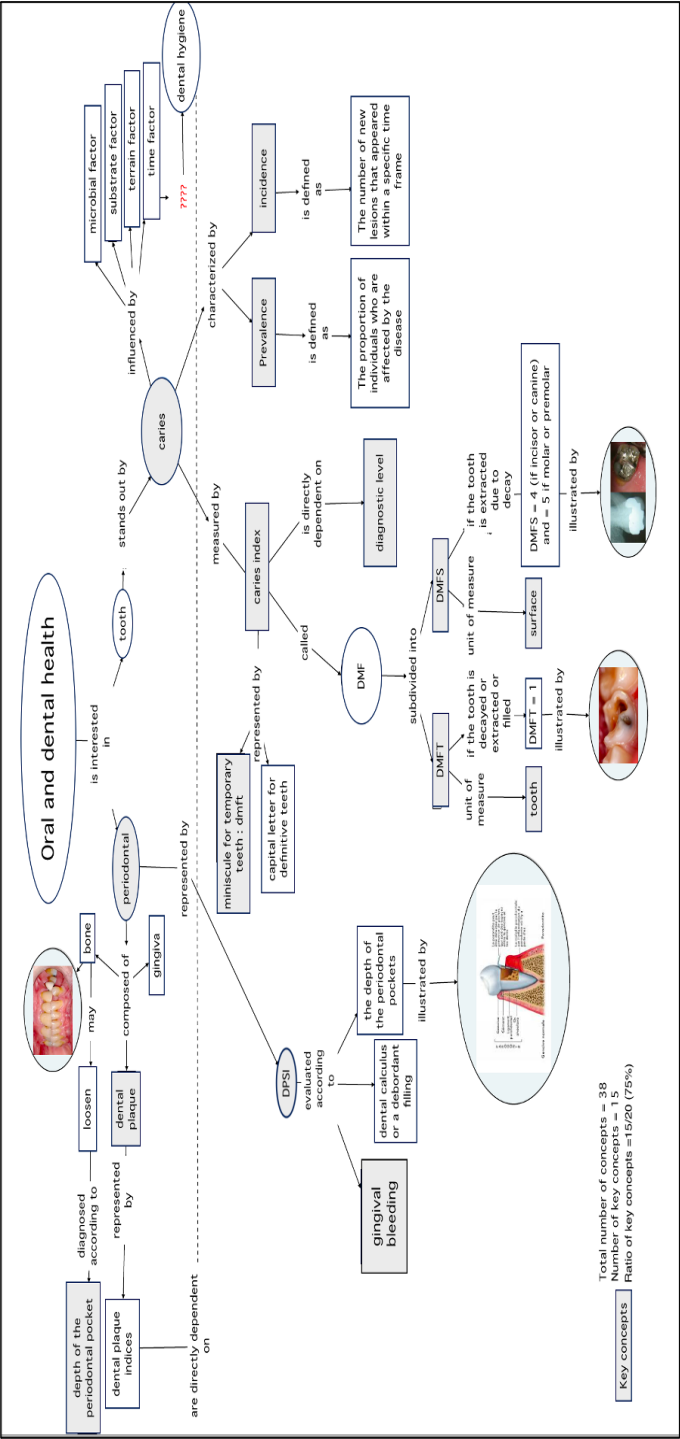


Figure 4.4 The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with a network structure

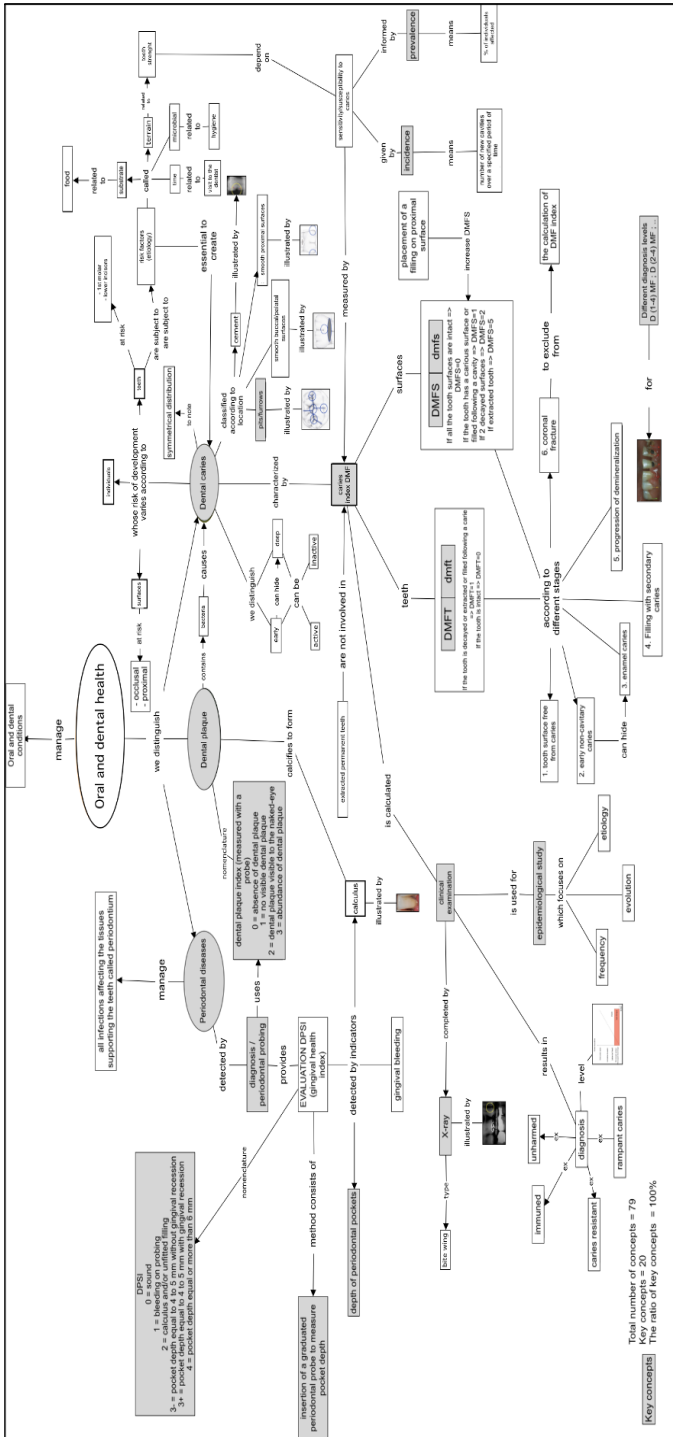
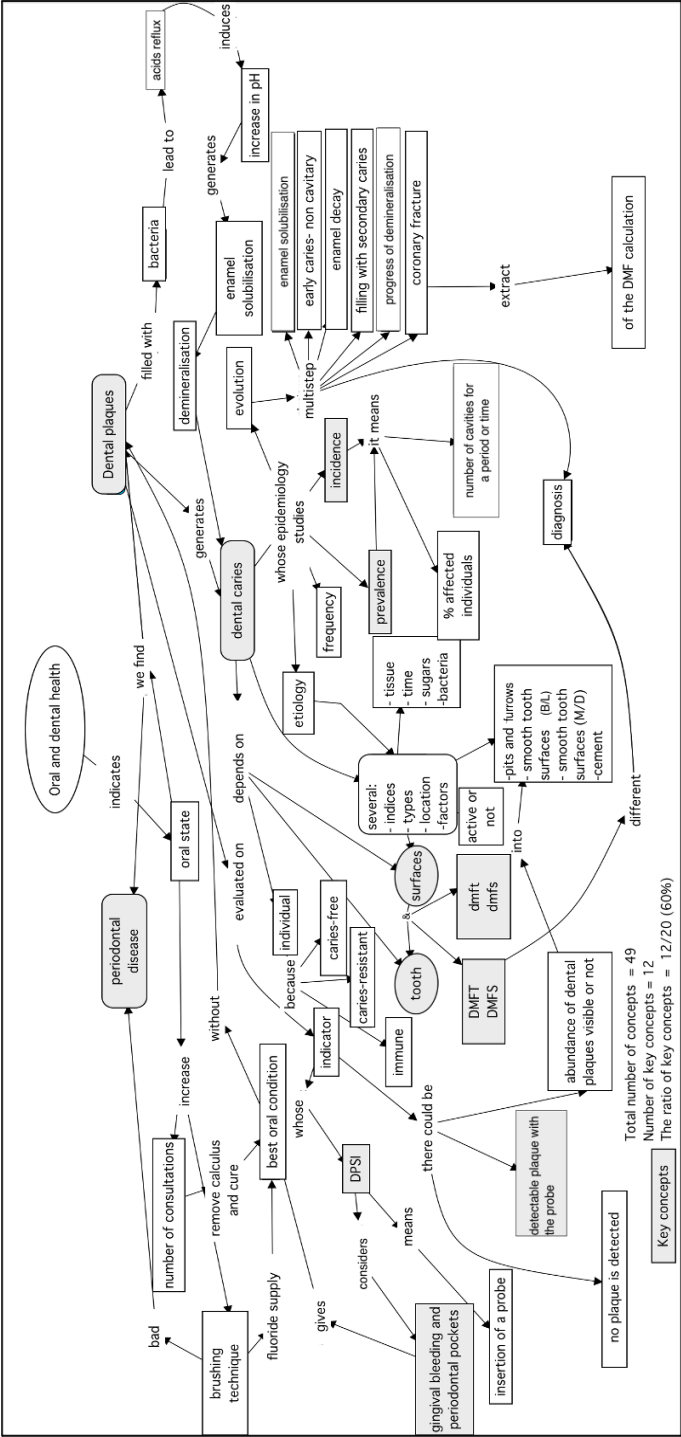


Figure 4.6 The representative concept map of the first topic “oral and dental health” with a cyclic structure



Total number of concepts = 74
Key concepts = 16
The ratio of key concepts = 80%

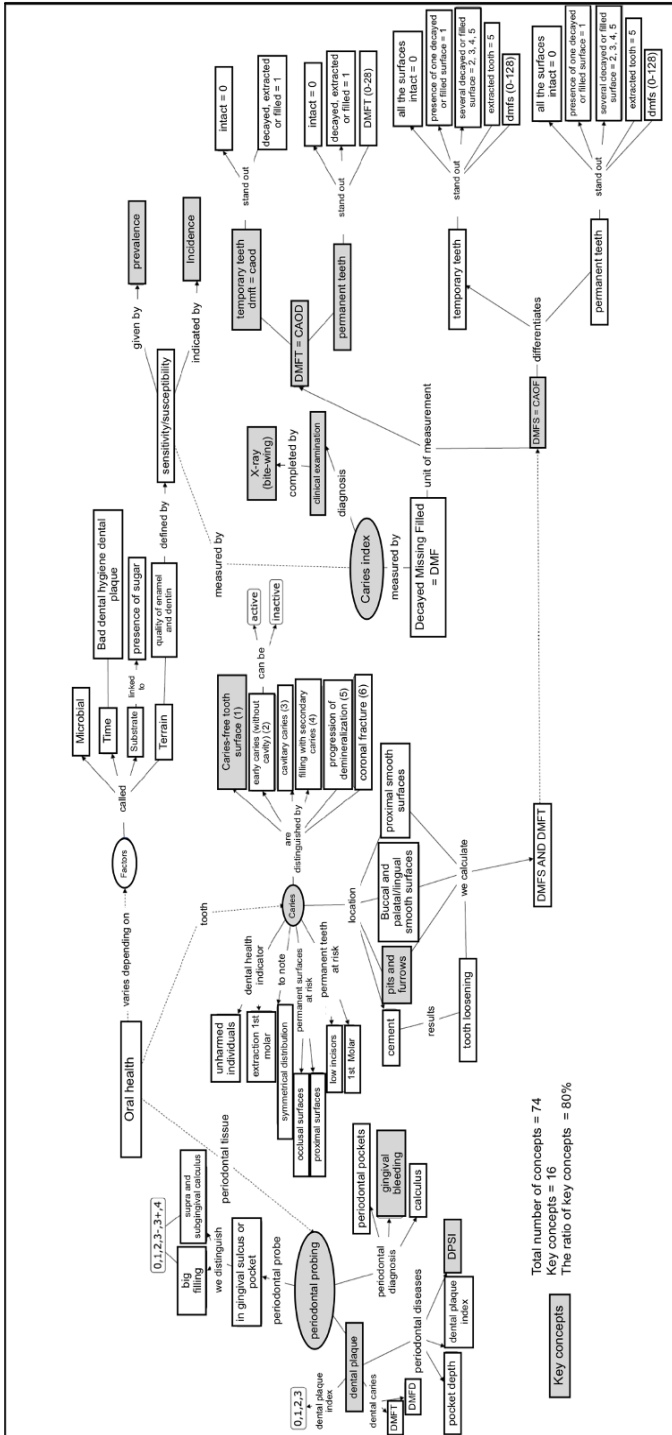
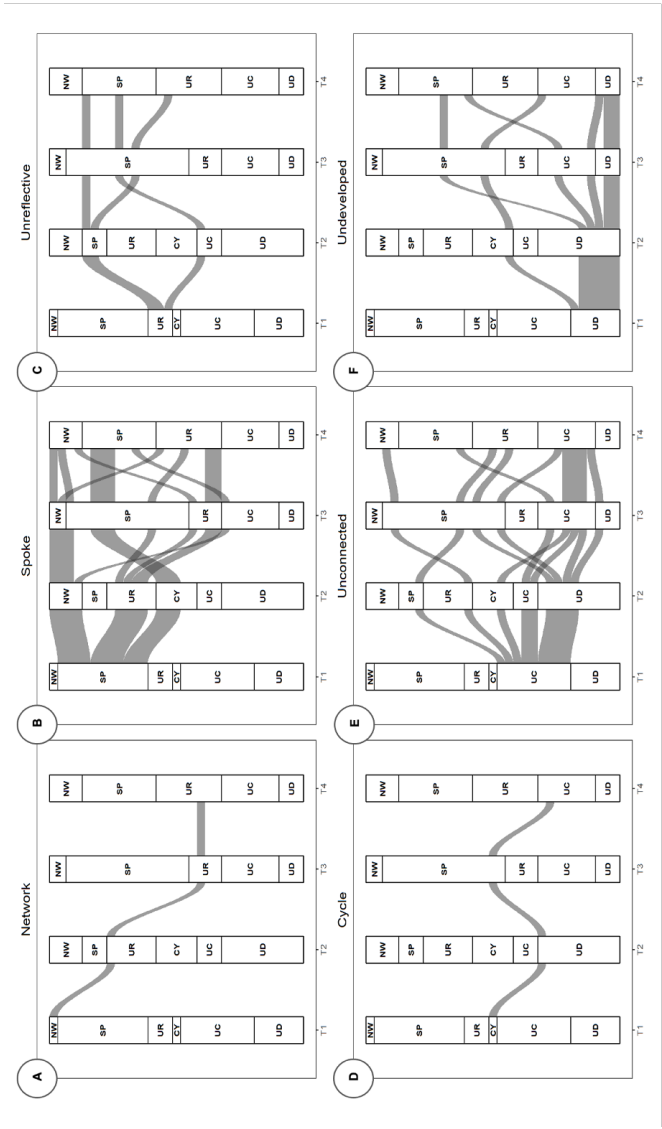


Figure 4.9 Evolution in the morphology of students' CMs from topic 1 to topic 4 (N = 31)



CM : concept map ; NW : Network ; SP : Spoke ; UR : Unreflective ; CY : Cycle ; UC : Unconnected ; UD : Undeveloped

T1 :time 1 and topic 1 ; T2 : time 2 and topic 2 ; T3 : Time 3 and topic 3 ; T4 : time 4 and topic 4

A : Evolution of the network structure from T1 to T4

B : Evolution of the spoke structure from T1 to T4

C : Evolution of the unreflective structure from T1 to T4

D : Evolution of the cycle structure from T1 to T4

E : Evolution of the unconnected structure from T1 to T4

F : Evolution of the undeveloped structure from T1 to T4

4.4 Discussion

The quality of CMs can be determined by several indicators (morphology and concepts), and reflects the quality of students' learning [15]. Making CMs requires time to assimilate and appropriate the knowledge, but can be impacted by the nature of the subject matter. In this study, we found that students structured their knowledge differently for the same topic. We noted that the evolution of the morphology and content in their CMs could depend on a combined effect of topic and familiarity with the use of CM.

Four different topics were represented using the CMs. The students' CMs included the morphologies described by Kinchin [7]. An interesting point was the additional emergence of the unconnected morphology, which was not mentioned in the literature.

For the same topic, students used morphologies representing cognitive structures with sometimes poor connections or, conversely, structures that represented better understanding of the content. This diversity could be explained by each student's capacity to externalize the acquired concepts and to represent them graphically. Difficulty with mastering content could be seen in a student's CM. According to Jarvis, when the organization of knowledge does not evolve, this is considered non-learning [16]. When the structure becomes elaborated, the learner's understanding improves, and knowledge can be structured into distinct morphologies [17, 18]. As a result, different students do not structure the same topic-related concepts in the same way.

The network CM structure was poorly represented in our results. The crosslinks found in some maps indicated that some students could contextualize concepts from other courses, such as dental anatomy. This type of knowledge structuring expresses a high level of understanding and more meaningful learning. It includes the highest level of RKC and a multitude of relevant cross-links. We expect that because the students were at the beginning of their training, they were not advanced enough in their training path to be able to identify the relevant interconnections. It would be interesting to exploit the potential of CMs to investigate students' cognitive structures at a more advanced stage of the training.

Some of the students' products had a spoke structure. Overall, this was the most abundant morphology. The arrangement of concepts through branching from one or more central units is often described in the literature as surface learning; concepts appear as fixed units that are not interconnected [19]. The spoke morphology also highlighted that many students were able to put concepts together by incorporating key concepts, but faced difficulties in establishing connections

between concepts that were graphically distant. Although CMs support reflection during the learning process, spoke structure limits this advantage and does not present connections that reveal deep understanding. Nevertheless, it indicates that the student is a novice capable of learning, whose cognitive structure can evolve into a network structure [11].

In an unreflective structure, the number of concepts is very large (more than 80 on average), but the student who produces an unreflective CM cannot distinguish important knowledge from details. Their CM is very cluttered, with a structure that becomes complex and difficult to understand. The unreflective structure is considered a preliminary to developing a network structure [7]. However, this characteristic did not appear distinctively in our results.

The cycle structure facilitates the representation of functional relationships between concepts and encourages dynamic thinking [14]. However, it did not appear as such in our study. By connecting concepts and links using looping arrows, the students may have attempted to create cross-links to highlight the interconnections between concepts. We suggest that this discrepancy may be due to the nature of the topics represented, whose content does not necessarily present obvious dynamic connections for the student, as in course content such as biochemistry (Krebs cycle) [20]. The student probably tried to develop a network structure without looking for the most relevant cross-links. The final product was blocks of maps organized in a loop, but unfortunately, the attempt to achieve a clearer representation was not achieved. This structure disappeared for the last two topics, probably due to clarification of how cross-links are represented in a CM.

We particularly noted the occurrence of the unconnected CM structure. It is characterized by the presence of general and key concepts of the same order as in spoke structure, indicating that the student has received the information, but is not able to make the connections between concepts, unlike spoke structure. The student goes beyond the stage of an undeveloped structure, but lacks the links to express better understanding of the concepts acquired.

The undeveloped structure represented content-knowledge weakness. This may be related to a lack of knowledge or a lack of appropriate terms to form connections that will initiate the learning process [7]. This process, as triggered by making the CM, requires understanding of the concepts needed to build a relevant CM.

The CMs allowed us to observe the differences in cognitive structuring for the same topic. This diversity of structuring allows students to discover how they structure information during their learning. Furthermore, through the CM the teacher can identify the difficulties encountered and set up strategies to remedy

them. The morphology of CMs, as well as the presence of key concepts, was an effective way to explore the diversity of the CMs students created. The presence of key concepts is necessary, but not sufficient : the student also must make good-quality connections to form valid propositions that express the knowledge acquired.

A CM is a pedagogical tool that can highlight how the way we learn changes as we go along [21]. Many researchers have used them to track the development of cognitive structures over time [22–24] . Cañas’s study showed that students are concerned first with mastering the tool and then the content, and that over time, as they become more comfortable with CMs, their maps become larger [22]. Over time, they generally put more effort into finding appropriate linking phrases, but still do not spend much time thinking about the best linking phrase to construct a proposition. Therefore, intuitively, we expected to see better products as the students familiarized themselves with the tool, but the results obtained in this study do not show this progress. Although the total number of concepts in the maps increased over time, the morphology of the CMs evolved (or not) differently.

The network and spoke structures did not change into undeveloped structures : regardless of the topic, students may have scattered ideas while trying to put as much information as possible into a map, or they may remain stable in their graphical representations, which reflects deeper learning because they manage to find the concepts to link them.

The unreflective structure indicates that the student knows how to make links and uses a lot of concepts, but is not able to select the most relevant ones. If this student is guided to focus on the most useful concepts (avoiding overlapping concepts), one could expect improvement.

The unconnected structures could evolve to become network structures. At the beginning, the student does not manage to express links ; once these links are acquired, there could be a shift towards better structures.

In contrast, students who produce undeveloped structures have difficulty developing concepts. Consequently, without particular supervision, no growth will be evident, because the lack of concepts represents a brake to learning.

In summary, this lack of development in students’ CMs could be due to the students’ lack of ability to progress. Difficulty with externalizing knowledge could be related to the intrinsic characteristics of the student, as also mentioned in Ifenthaler’s study [24]. Construction of a CM is a complex task for an unskilled learner, who will have difficulty positioning the concepts and linking them [25]. Kinchin suggested that a single map is insufficient and recommended observing the evolu-

tion of cognitive structures over multiple CMs [7]. Several studies found that some topics can be difficult for learners to map (e.g., cellular respiration in biology; carbon cycle) [26, 27]. Our results seem to indicate two coexisting factors : topic and level of familiarization with the CM tool. Indeed, morphologies did evolved into both more elaborate structures and structures that reflected the difficulties of structuring. The content of the CM was affected by both of these factors, since the number of key concepts evolved at the beginning but decreased sharply for the last topic. Some concepts are more problematic than others. Thus, we noticed differences from one topic to another. Students were more engaged with topics 1 and 2 and had less difficulty identifying key concepts compared to topic 4, which focused on descriptive statistics.

As Jonassen pointed out, the identification of cognitive structures also benefits the teacher [28]. It helps the teacher to organize the content of the course and to adapt it according to the difficulties and gaps identified by the students' CMs. Once the teacher has identified the knowledge acquired (or not) by these students, feedback is another important part of the learning process. For the CM tool to be effective in enhancing students' learning and making their thinking visible, the teacher must provide feedback and the student must engage with it. Indeed, feedback improves the structural quality of concept maps [29]. Teacher feedback and timely mobilization of information are key elements in the learning process [30, 31].

Therefore, a CM is an interesting tool for both the student and the teacher. The student can connect the concepts learned in many directions and the CM can be continually updated to incorporate new information [21]. The teacher must be aware of the multiple starting points that a student may have when producing a CM.

This study has two important limitations. First, producing a map requires at least one training session. Not all of our students acquired the ability to use the Cmaptools software. Some of them expressed the difficulty of producing maps with Cmaptools, which became restrictive for them because they had to produce computerized maps. Second, we observed the coexistence of the topic effect and familiarization with the tool but our research protocol did not allow us to observe their effects separately.

The main difficulty we encountered in this study concerned the analysis of maps with an excessive number of concepts, which could require, from a more precise analytical perspective, restricting the number of concepts included in a CM.

4.5 Conclusion

The literature promotes the use of CMs as an essential learning strategy. Concept mapping is commonly used in educational contexts to explore students' understanding of concepts and their cognitive structures. Through the presence, relevance and patterning of concepts in a CM, we can assess the quality of learning. To our knowledge, no study has addressed both structural (morphology) and content analyses of CMs, which we did in this article. We saw that different students structure their knowledge differently for the same topic. Some have more difficulty in identifying key concepts. Moreover, the quality of the CM seems to be remarkably affected by the nature of the topic, even when the map is produced after learning has presumably occurred.

This study found that describing CM's morphologies and their content in terms of concepts provided interesting indicators. Nevertheless, future work should also explore the semantic quality of the propositions in CMs [32]. To optimize the use of CMs in the classroom, students must be able to identify key concepts and articulate them appropriately with relevant links. While developing proficiency with this tool requires time, the teacher must be mindful of the topic's impact, for which contextualization is highly recommended. Finally, CM use is particularly interesting in dental education, which involves different types of knowledge that the student must connect to progressively evolve from novice to expert status. Following this work, in-depth qualitative analysis of the CMs remained to be conducted and will be the subject of a future publication.

Author contributions

Asmaâ Sadki contributed to teaching in the course ; AND to the conception and design of the work, the acquisition, analysis, and interpretation of data for the work ; AND drafting the work and revising it ; AND final approval of the version to be published ; AND agreement to be accountable for all aspects of the work.

Séverine Mateu-Ramis contributed to the acquisition, analysis, and interpretation of data for the work ; AND contributed to drafting the work and revising it critically for important professional content ; AND final approval of the version to be published ; AND agreement to be accountable for all aspects of the work.

Gaëtane Leloup contributed to teaching in the course ; AND to the conception and design of the work, AND final approval of the version to be published.

Mariane Frenay contributed to the interpretation of data for the work ; AND contributed to drafting the work and revising it critically for intellectual content ; AND final approval of the version to be published.

Acknowledgements

The authors would like to thank the students who participated in the study. Special thanks Oscar Liessens for his assistance with data analysis.

Conflit of interest statement

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Ethics statement

Approved by the local Ethics Committee

Data availability statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Asmaâ Sadki and Séverine Mateu-Ramis should be considered joint first author

Bibliographie

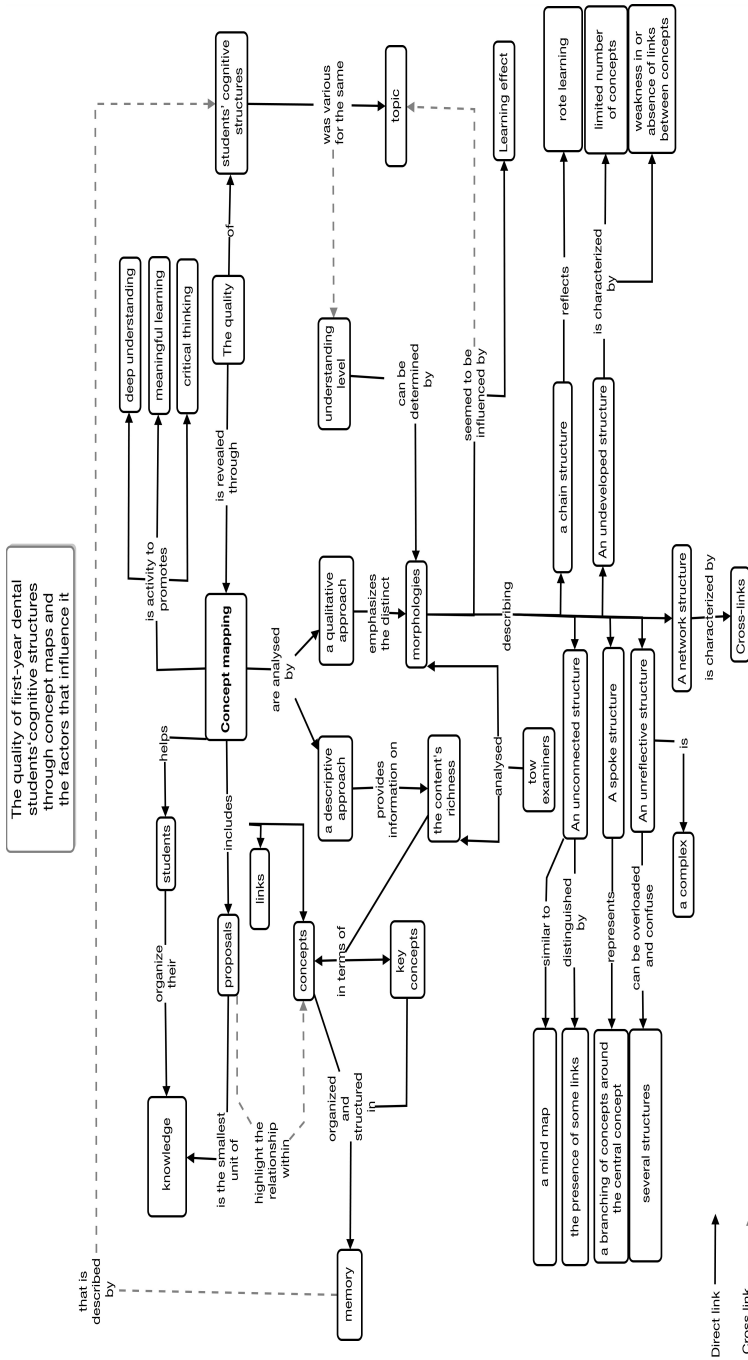
- [1] David Hay, Ian M. Kinchin, and Simon Lygo-Baker. Making learning visible : The role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33(3) :295–311, 2008. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070802049251.
- [2] Richard J. Shavelson. Some methods for examining content structure and cognitive structure in instruction. *Educational Psychologist*, 11(2) :110–122, 1974. doi : 10.1080/00461527409529132.
- [3] David G. Ausubel. Cognitive structure and the facilitation of meaningful verbal learning. *Journal of Teacher Education*, 14(2) :217–221, 1963. doi : 10.1177/002248716301400220.
- [4] Cristiane Tolentino Machado and Ana Amélia Carvalho. Concept mapping : Benefits and challenges in higher education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 68(1) :38–53, 2020. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2020.1712579.
- [5] Joseph D. Novak and D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. ISBN 978-0-521-31926-3. doi : 10.1017/CBO9781139173469.
- [6] Lindesay M C Irvine. Can concept mapping be used to promote meaningful learning in nurse education ? *Journal of Advanced Nursing*, 21(6) :1175–1179, 1995. ISSN 1365-2648. doi : 10.1046/j.1365-2648.1995.21061175.x.
- [7] Ian M. Kinchin. A ‘species identification’ approach to concept mapping in the classroom. *Journal of Biological Education*, 54(1) :108–114, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1546763.
- [8] Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak. *Assessing Science Understanding : A Human Constructivist View*. Academic Press, 2005. ISBN 978-0-08-057533-9.
- [9] David H. Jonassen and Rose M. Marra. Concept mapping and other formalisms as Mindtools for representing knowledge. *Research in Learning Technology*, 2(1) :50–6, 1994. ISSN 2156-7077, 2156-7069. doi : 10.1080/0968776940020107.
- [10] Joseph D Novak and Alberto J Cañas. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical report, Institute for Human and Machine Cognition, 2008.
- [11] Ian M. Kinchin and L. B. Cabot. An introduction to concept mapping in dental education : The case of partial denture design. *European Journal*

- of *Dental Education*, 13(1) :20–27, 2009. ISSN 1600-0579. doi : 10.1111/j.1600-0579.2008.00532.x.
- [12] Y.M. Gil and B.-D. Lee. Concept map-based learning in an oral radiographic interpretation course : Dental students' perceptions of its role as a learning tool. *European Journal of Dental Education*, 27(1) :201–208, 2022. ISSN 1396-5883. doi : 10.1111/eje.12828.
- [13] Ian M. Kinchin. Using concept maps to reveal understanding : A two-tier analysis. *School Science Review*, 81(296) :41–46, 2000.
- [14] Frank Safayeni, Natalia Derbentseva, and Alberto J. Cañas. A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7) :741–766, 2005. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.20074.
- [15] Ian M. Kinchin. Concept mapping as a learning tool in higher education : A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1) :39–49, 2014. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2014.872011.
- [16] Peter Jarvis. *Paradoxes of Learning : On Becoming an Individual in Society*. Routledge, London, 2011. ISBN 978-0-203-80270-0.
- [17] Marie-Pierre Chevron. A metacognitive tool : Theoretical and operational analysis of skills exercised in structured concept maps. *Perspectives in Science*, 2(1) :46–54, 2014. ISSN 2213-0209. doi : 10.1016/j.pisc.2014.07.001.
- [18] Ian M. Kinchin. Visualising knowledge structures in biology : Discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45 (4) :183–189, 2011. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2011.598178.
- [19] Ian M. Kinchin. *Visualising Powerful Knowledge to Develop the Expert Student : A Knowledge Structures Perspective on Teaching and Learning at University*. Sense Publishers, The Netherlands, 2016. ISBN 978-94-6300-627-9.
- [20] N Derbentseva, F Safayeni, and Alberto J. Cañas. Concept maps : Experiments on dynamic thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(3) : 448–465, 2007. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.20153.
- [21] James H. Wandersee. Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10) :923–936, 1990. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/tea.3660271002.

- [22] Alberto J. Cañas, Priit Reiska, and Aet Möllits. Developing higher-order thinking skills with concept mapping : A case of pedagogic frailty. *Knowledge Management & E-Learning : An International Journal*, 9(3) :348–365, 2017. ISSN 2073-7904.
- [23] Martin Davies. Concept mapping, mind mapping and argument mapping : What are the differences and do they matter ? *High Educ*, 62(3) :279–301, 2011. ISSN 1573-174X. doi : 10.1007/s10734-010-9387-6.
- [24] Dirk Ifenthaler, Iskandaria Masduki, and Norbert M. Seel. The mystery of cognitive structure and how we can detect it : Tracking the development of cognitive structures over time. *Instr Sci*, 39(1) :41–61, 2011. ISSN 1573-1952. doi : 10.1007/s11251-009-9097-6.
- [25] Yu-Shih Lin, Yi-Chun Chang, Keng-Hou Liew, and Chih-Ping Chu. Effects of concept map extraction and a test-based diagnostic environment on learning achievement and learners’ perceptions. *British Journal of Educational Technology*, 47(4) :649–664, 2016. ISSN 1467-8535. doi : 10.1111/bjet.12250.
- [26] Heather E. Bergan-Roller, Nicholas J. Galt, Tomáš Helikar, and Joseph T. Dauer. Using concept maps to characterise cellular respiration knowledge in undergraduate students. *Journal of Biological Education*, 54(1) :33–46, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1541001.
- [27] Laurel M. Hartley, Brook J. Wilke, Jonathon W. Schramm, Charlene D’Avanzo, and Charles W. Anderson. College students’ understanding of the carbon cycle : Contrasting principle-based and informal reasoning. *BioScience*, 61(1) :65–75, 2011. ISSN 0006-3568. doi : 10.1525/bio.2011.61.1.12.
- [28] David H. Jonassen, Thomas C. Reeves, Namsoo Hong, Douglas Harvey, and Karen Peters. Concept mapping as cognitive learning and assessment tools. *Journal of interactive learning research*, 8(3) :289–308, 1997. ISSN 1043-1020.
- [29] Kevin M. Roessger, Barbara J. Daley, and Duaa A. Hafez. Effects of teaching concept mapping using practice, feedback, and relational framing. *Learning and Instruction*, 54 :11–21, 2018. ISSN 0959-4752. doi : 10.1016/j.learninstruc.2018.01.011.
- [30] Karen Gravett, Ian M. Kinchin, Naomi E. Winstone, Kieran Balloo, Marion Heron, Anesa Hosein, Simon Lygo-Baker, and Emma Medland. The development of academics’ feedback literacy : Experiences of learning from critical feedback via scholarly peer review. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 45(5) :651–665, 2020. ISSN 0260-2938. doi : 10.1080/02602938.2019.1686749.

- [31] Ian M. Kinchin and Karen Gravett. Concept mapping in the age of deleuze : Fresh perspectives and new challenges. *Education Sciences*, 10(3) :82, 2020. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci10030082.
- [32] Ian M. Kinchin, Aet Möllits, and Priit Reiska. Uncovering types of knowledge in concept maps. *Education Sciences*, 9(2) :131, 2019. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci9020131.

Figure 4.10 Carte conceptuelle qui présente l'étude 2 concernant la qualité des structures cognitives des étudiants en première année de médecine dentaire à travers les cartes conceptuelles et les facteurs qui l'influencent



5

Une méthodologie séquentielle pour une analyse approfondie des cartes conceptuelles

Ce chapitre présente quatre approches méthodologiques pour analyser une carte conceptuelle. D'abord, l'approche morphologique qui donne une vision globale de l'organisation spatiale des concepts. Puis, l'approche descriptive qui consiste à énumérer les composantes d'une carte conceptuelle. Ensuite, l'approche sémantique qui fournit une analyse détaillée des propositions et décrit le type de connaissances. Finalement, l'approche séquentielle qui combine les trois approches classiques et permet de réaliser une analyse plus approfondie. Ces quatre approches ont été appliquées sur six cartes conceptuelles produites par des étudiants en première année en formation dentaire.

Éléments clés :

- Les trois approches classiques permettent de fournir des éléments importants sur la carte conceptuelle.
- L'approche séquentielle permet une analyse approfondie des cartes conceptuelles.
- Pour analyser une carte conceptuelle, l'approche séquentielle est potentiellement enrichissante.

5.1 Introduction

La cartographie conceptuelle offre une stratégie d'apprentissage utile qui permet de représenter les structures de connaissances associées à un apprentissage significatif [1]. En tant que telle, cette représentation schématique aide à répertorier un ensemble de concepts, les organiser et déterminer la relation entre eux. Pour élaborer une carte conceptuelle, l'étudiant doit mobiliser un processus basé sur trois principes : 1° identifier les concepts, 2° différencier les concepts généraux des spécifiques et 3° connecter les concepts par des liens simples et/ou des liens croisés [2]. Il existe plusieurs avantages à utiliser des cartes conceptuelles pour évaluer le niveau de compréhension des étudiants dans leur apprentissage : elle évalue l'identification de concepts et de relations isolés, ainsi que la façon dont ces concepts et ces relations sont structurés [3].

5.1.1 Approche quantitative centrée sur l'évaluation

L'évaluation des étudiants, ou plus spécifiquement de l'apprentissage des étudiants, est considérée comme l'un des éléments essentiels du processus d'enseignement - apprentissage [4]. La carte conceptuelle sert à évaluer les connaissances et peut être utilisée à différents moments selon les objectifs pédagogiques prévus [5]. De nombreux chercheurs ont utilisé une variété de critères pour évaluer les cartes conceptuelles. Novak et Gowin [6] ont développé une méthode de notation quantitative, issue des théories d'apprentissage et basée essentiellement sur des scores attribués aux mots de liaison, aux niveaux hiérarchiques (des concepts les plus généraux aux moins généraux), aux liens croisés (liens entre les concepts de différents niveaux) et aux exemples. Les points sont attribués aux liens croisés valides et significatifs et sont les plus élevés puisqu'ils reflètent la créativité, la capacité de synthèse et de précision [7, 8]. Cela dit, McClure et al. [9] ont décrit une autre méthode d'analyse quantitative propositionnelle qui attribue un score à chaque proposition (concept-lien-concept) en fonction de trois critères : la véracité de la relation entre deux concepts, le lien utilisé et le sens de la flèche.

D'autres techniques de notation ont été aussi élaborées en considérant le comptage des concepts, des liens et/ou des propositions. Ces modèles proposent parfois une pondération des notes pour valoriser certains critères (par exemple : la présence de liens croisés vaut plus que la présence de liens simples entre les concepts) [10, 11].

En règle générale, on peut classer ces évaluations en deux types : le premier évalue la carte par rapport à celle préalablement élaborée par un expert dans le domaine, le second attribue des scores objectifs au nombre de niveaux hiérarchiques et au nombre de concepts valides [12]. Ces approches évaluatives sont conçues pour attribuer une note à la carte conceptuelle. Toutefois, les problèmes de notation ob-

jective des cartes ont fait l'objet de nombreux débats. Selon Stuart, la notation des cartes conceptuelles n'est pas facile, car elles sont à la fois idiosyncrasiques et riches. En conséquence, une méthodologie de notation plus holistique et qualitative doit être mise au point pour rendre les cartes conceptuelles plus utiles [13].

5.1.2 Approche descriptive centrée sur la qualité du contenu

D'après Marchand [5], la pertinence et la validité du contenu des cartes conceptuelles pour évaluer l'apprentissage des étudiants, et plus précisément leur façon d'organiser leurs connaissances, sont rarement remises en question. Cependant, la qualité docimologique de cette activité pédagogique fait toujours l'objet de débat. Il est essentiel de mettre au point des méthodes de notation valides et fiables pour les cartes conceptuelles en tenant compte des caractéristiques structurelles des cartes[8]. Dans une optique plutôt formative (non sommative), il n'y a pas le moindre doute que l'évaluation des cartes conceptuelles des étudiants avec une approche descriptive - centrée sur le contenu, les aidera à construire et à réviser leur compréhension. En effet, l'objectif principal de ce type d'approche est d'améliorer l'apprentissage et l'enseignement plutôt que d'attribuer des notes aux étudiants [14].

Plusieurs éléments peuvent être dénombrés dans cette approche descriptive. Premièrement, les concepts, les concepts clés et les propositions qui composent la carte conceptuelle. Deuxièmement, il est important d'examiner la relation entre les concepts. Si une telle relation existe, elle doit être décrite de manière appropriée par le mot de liaison (lien). Enfin, si la relation établie est effectivement correcte, le nombre de propositions correctes devient un indicateur efficace de la compréhension. Dès lors, les cartes conceptuelles permettent d'identifier les « lacunes conceptuelles ». La détermination de ces concepts et de toutes les relations inappropriées peut éclairer les stratégies d'adaptation de l'étudiant [15] .

5.1.3 Approches morphologique et sémantique centrées sur la qualité de la carte

Alors que l'approche quantitative est utilisée dans plusieurs travaux de recherche, d'autres chercheurs ont développé des approches plutôt qualitatives qui s'inscrivent dans la vision de Novak sur l'objectif de la cartographie conceptuelle et soutiennent la qualité de l'apprentissage [16]. Kinchin a suggéré d'évaluer la carte conceptuelle qualitativement plutôt que d'attribuer un score afin de ne pas diminuer les possibilités de diagnostic [17].

Cette approche qualitative peut être classée en deux catégories : l'approche morphologique qui décrit l'organisation spatiale des concepts et l'approche sémantique qui s'intéresse à la signification de chaque proposition selon son degré de

complexité (du simple au complexe) et selon son degré de contextualisation (du général au spécifique).

D'une part, Kinchin a proposé une analyse qualitative des cartes, de nature morphologique, basée initialement sur trois morphologies : la structure radiale, la structure linéaire et la structure en réseau [18]. Puis il a complétée par trois structures supplémentaires qui sont : la structure non développée, la structure non réfléchie et la structure cyclique [17]. Cette approche morphologique se base sur la classification simplifiée des cartes selon la dispersion spatiale des concepts. En plus, elle met en évidence la capacité de l'étudiant à organiser les connaissances dans une représentation bi-dimensionnelle.

D'autre part, Kinchin [19] a décrit une autre approche qualitative, cette fois-ci de nature sémantique - inspirée de la dimension sémantique de la théorie de code de légitimation de Maton [20]. Dans une carte conceptuelle, les concepts doivent être agencés et disposés dans une structure bien définie qui met en évidence les liens établis. Cela conduit à des propositions qui expriment le degré de compréhension atteint. Chaque proposition exprime le degré de compréhension et sa validité peut être analysée. Elle permet de différencier les connaissances (exprimées par les concepts présents dans une carte conceptuelle) et la compréhension (exprimée par le lien entre les concepts) [21]. Cette approche sémantique est potentiellement intéressante mais, à notre connaissance, à part les travaux de Kinchin [19, 22] peu d'outils méthodologiques sont présentés dans la littérature pour analyser et explorer la qualité de la compréhension.

5.1.4 Quelle est la meilleure façon de procéder pour analyser une carte conceptuelle ?

Les approches classiques exposées ci-dessus évaluent et qualifient les cartes conceptuelles différemment. Dans cette étude, nous préconisons l'analyse des cartes conceptuelles comme une évaluation non pas « de l'apprentissage » mais une évaluation « au service de l'apprentissage » [23], visant à fournir une rétroaction et à promouvoir le développement des apprenants. Pour ce faire, il est recommandé de privilégier la méthode d'évaluation qualitative à la méthode d'évaluation quantitative comme l'a mentionné Torre [2] :

« In most quantitative scoring protocols, there is an underlying assumption that the more concepts are included in the map, the better the quality of the map. This may not necessarily be true. For example, an expert may develop a map that has a limited number of concepts, yet the meaning that is attributed to those concepts may represent a rich knowledge network that is not entirely depicted in the map. The-

refore, a more qualitative evaluation of the map compared to a purely quantitative evaluation constitutes an important alternative... »

En effet, l'approche morphologique donne un aperçu global sur la structure des connaissances tandis que l'approche sémantique renseigne sur la nature des connaissances acquises et la qualité de compréhension. Pour compléter cette approche qualitative, l'approche descriptive différencie les cartes par leur richesse en termes de concepts : certaines cartes peuvent contenir les concepts adéquats, d'autres manquent de concepts pertinents et/ou liens. Cette approche pourrait être un indicateur important du degré de maîtrise d'un sujet. Mais cela suffit-il pour s'assurer que l'étudiant a bien compris ? Pour extérioriser les connaissances, il n'est pas seulement question de lister les concepts, mais l'étudiant doit les structurer et créer des liens entre eux afin de leur donner un sens.

Ces approches classiques ont leurs limites puisque, d'une part, elles ne partent pas nécessairement que des propositions correctes et d'autre part, elles sont indépendantes l'une de l'autre. Par conséquent, pour analyser une carte conceptuelle en profondeur et explorer ses bénéfices pédagogiques, l'approche descriptive devrait être combinée à l'approche qualitative (morphologique et sémantique). Cela permettrait de nous renseigner sur la nature des propositions (correctes, erronées ou « non propositions ») ainsi que sur la qualité des connaissances (connaissances novices, expertes, théoriques ou pratiques). En revanche, nous n'avons pas utilisé la méthode d'évaluation quantitative puisque notre but n'était pas d'établir une note pour les cartes produites en vue d'une évaluation des apprentissages des étudiants.

L'objectif de cette étude était d'analyser six cartes conceptuelles en appliquant d'abord les approches classiques puis en les associant, d'une manière séquentielle et systématique. D'autres éléments tels que les propositions « erronées » et les « non propositions » étaient également pris en considération lors de cette analyse. La question de recherche qui a été examinée est donc la suivante : Est-ce que l'approche séquentielle proposée permet d'analyser en profondeur les cartes conceptuelles ?

5.2 Méthode

Six cartes conceptuelles, construites par des étudiants de première année en formation dentaire sur la première thématique du cours (santé bucco-dentaire), ont été choisies pour illustrer la diversité des structures et du contenu. Elles ont été analysées selon les trois approches méthodologiques classiques (morphologique, descriptive et sémantique). Nous avons ensuite combiné ces trois approches afin de mener une analyse séquentielle des cartes conceptuelles en quatre étapes.

Étape 1 (approche morphologique) : nous avons identifié l'organisation spatiale de chaque carte selon les espèces identifiées par Kinchin [17]. Cette étape a été réalisée par deux examinatrices¹. La fiabilité inter-examineurs a été vérifiée dans une étude plus large (voir chapitres 2 et 4).

Étape 2 (approche descriptive) : pour chaque carte, nous avons relevé des indicateurs de contenu tels que le nombre total de concepts, les concepts clés, le nombre total de propositions. Chaque proposition a été analysée pour être classée dans une des trois catégories suivantes : 1° une « non proposition » qui est une proposition avec des concepts liés directement (concept 1 $\rightarrow$ concept 2) ou sans lien entre les concepts (concept 1 - (espace vide) $\rightarrow$ concept 2) ou avec des liens non explicites comme les symboles (ex : ? ; =), 2° une proposition qui n'est pas correcte scientifiquement et donc qui présente soit une erreur conceptuelle, soit la proposition n'a pas de sens et 3° une proposition qui est scientifiquement correcte. Par la suite, nous avons énuméré les différentes catégories de propositions selon l'approche sémantique.

Étape 3 (approche sémantique) : nous avons d'abord classé les propositions correctes en quatre catégories de connaissances (novices, théoriques, pratiques et professionnelles). Ensuite, nous avons converti les liens entre les concepts en termes de densité sémantique et de gravité sémantique. La figure 5.1 représente quelques exemples extraits des cartes produites par les étudiants. La densité sémantique (D) représente le degré de complexité des propositions qui varient d'une phrase simple à une phrase complexe. L'intensité de cette densité sémantique varie selon quatre intensités (D^{2-} ; D^- ; D^+ et D^{2+}). Par exemple, D^{2-} exprime une faible intensité, c-à-d une proposition simple qui relève du quotidien. D^{2+} représente une proposition plus complexe qui nécessite des connaissances théoriques exprimant une forte densité sémantique (D^{2+}). La gravité sémantique (G) exprime le degré auquel la connaissance est liée à un contexte particulier. Elle se décrit également selon quatre intensités variant d'une proposition générale à une qui est plus spécifique (G^{2-} ; G^- ; G^+ et G^{2+}). La connaissance peut être alors très liée au contexte (G^{2+}) ce qui pourrait nous fournir une description de la qualité des connaissances. Ainsi, chaque proposition se décrit par deux caractéristiques (D;G). La projection de chaque caractéristique dans un plan sémantique offre 16 variantes. De ce fait, elle permet de définir un profil sémantique ($D \pm$; $G \pm$) et indique la plage sémantique présente dans la carte [19]. Afin d'appliquer l'approche sémantique à l'ensemble des propositions correctes, nous avons établi des lignes directrices basées sur d'autres travaux de recherche [17, 24] (Figure 5.1).

1. A. Sadki ; S. Mateu-Ramis

Figure 5.1 Critères pour identifier les types de connaissances, la densité et la gravité sémantique ainsi que des exemples repris des cartes d'étudiants.

(a) Critères pour décrire les caractéristiques des connaissances novices

Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ² , G ²)	(D ¹ , G ²)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition formulée est à la portée de tout le monde.	* La proposition est superficielle et très générale même si elle contient des concepts scientifiques.
Critères de la densité sémantique	* La proposition montre que le niveau de connaissances est faible ou que la connaissance est incomplète en regardant les propositions adjacentes, ou le mot de liaison utilisé est imprécis.	* Présence de concepts scientifiques sans aucun effort de reformulation ou de mobilisation dans la carte ou proposition scientifique simple avec un mot de liaison bien choisi.
Critères de la gravité sémantique	* Affirmation qui décrit des concepts généraux et abstraits.	* Affirmation qui décrit des concepts généraux et abstraits.
Exemple : concept -lien- concept	Santé bucco dentaire - <u>dépend de</u> - l'hygiène buccodentaire	Etude épidémiologique s'intéresse à la fréquence
CONNAISSANCES NOVICES		
Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ² , G ¹)	(D ¹ , G ¹)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition présente des lacunes conceptuelles et manque de précision.	* La proposition est copiée du cours (restitution) sans aucune réflexion. La proposition reflète un apprentissage par cœur très peu contextualisé.
Critères de la densité sémantique	* La proposition montre que le niveau de connaissances est faible ou la connaissance est incomplète en regardant les propositions adjacentes (dans l'exemple ci-dessous, il manque la pulpe dans la composition de la dent), ou mot de liaison manque de précision	* Présence de concepts scientifiques sans aucun effort de reformulation ou de mobilisation dans la carte ou proposition scientifique simple avec un mot de liaison bien choisi.
Critères de la gravité sémantique	* Proposition générale concrète mais qui manque d'illustration ou d'exemple explicatif qui la contextualise.	* Proposition générale concrète mais qui manque d'illustration ou d'exemple explicatif qui la contextualise.
Exemple : concept -lien- concept	Dent - <u>comprend</u> - l'émail	La plaque dentaire - <u>contient</u> - des bactéries

(b) Critères pour décrire les caractéristiques des connaissances pratiques

Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ² , G ¹)	(D ¹ , G ¹)
Critère pour définir le type de connaissances	* L'étudiant restitue une procédure citée dans le cours mais d'une manière très simple mais le lien dans la proposition est faible	L'étudiant restitue une procédure citée dans le cours (apprentissage par cœur)
Critères de la densité sémantique	* La proposition montre que le niveau de connaissances est faible ou la connaissance est incomplète en regardant les propositions adjacentes, ou mot de liaison manque de précision	Présence de concepts scientifiques sans aucun effort de reformulation ou de mobilisation dans la CM ou proposition scientifique simple avec un mot de liaison bien choisi.
Critères de la gravité sémantique	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration/ explication/ exemple dans la suite de la carte.	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration/ explication/ exemple dans la suite de la carte.
Exemple : concept -lien- concept	Indice de carie - <u>dents</u> - CAOD	La profondeur des poches parodontales - <u>illustrée par</u> image
CONNAISSANCES PRATIQUES		
Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ² , G ²⁺)	(D ¹ , G ²⁺)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition décrit une procédure avec un énoncé simplifié.	* La proposition est bien contextualisée et décrit une procédure citée dans le cours.
Critères de la densité sémantique	* La proposition montre que le niveau de connaissances est faible ou la connaissance est incomplète en regardant les propositions adjacentes, ou mot de liaison manque de précision	* Présence de concepts scientifiques sans aucun effort de reformulation ou de mobilisation dans la CM ou proposition scientifique simple avec un mot de liaison bien choisi.
Critères de la gravité sémantique	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration, explication ou exemple dans la suite de la carte en faisant appel aux connaissances d'un autre cours (par ex. le cours d'anatomie dentaire) à d'autres compétences procédurales.	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration, explication ou exemple dans la suite de la carte en faisant appel aux connaissances d'un autre cours (par ex. le cours d'anatomie dentaire) à d'autres compétences procédurales.
Exemple : concept -lien- concept	/	/

(c) Critères pour décrire les caractéristiques des connaissances théoriques

Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ⁺ , G ²)	(D ²⁺ , G ²)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition est relativement complexe mais reste abstraite. La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances.	* La proposition est très complexe. Elle décrit un énoncé purement abstrait et théorique. La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances avec la présence des liens croisés qui ne sont pas explicitement mentionnés au cours.
Critères de la densité sémantique		
Critères de la gravité sémantique	Affirmation qui décrit des concepts généraux et abstraits	Affirmation qui décrit des concepts généraux et abstraits.
Exemple : concept - <i>lien</i> -concept	/	/
CONNAISSANCES THEORIQUES		
Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ⁺ , G)	(D ²⁺ , G)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition est faite de connaissances théoriques mais elle manque de précision et de contextualisation.	* La proposition relativement complexes mais peu abstraite.
Critères de la densité sémantique	* La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances / Proposition générale mais qui manque d'illustration explicite.	* La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances avec la présence des liens croisés qui ne sont pas explicitement mentionnés au cours.
Critères de la gravité sémantique	* Proposition générale concrète mais qui manque d'illustration ou d'exemple explicatif qui la contextualise.	* Proposition générale concrète mais qui manque d'illustration ou d'exemple explicatif qui la contextualise.
Exemple : concept - <i>lien</i> -concept	Le DPSI - a trois indicateurs- le tartre	/

(d) Critères pour décrire les caractéristiques des connaissances expertes

Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ⁺ , G ⁺)	(D ²⁺ , G ⁺)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition reflète une réflexion pertinente	* La proposition reflète une réflexion pertinente riche en concepts théoriques et bien spécifique.
Critères de la densité sémantique	* La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances.	* La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances avec la présence des liens croisés qui ne sont pas explicitement mentionnés au cours
Critères de la gravité sémantique	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration/ explication/ exemple dans la suite de la carte.	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration/ explication/ exemple dans la suite de la carte.
Exemple : concept - <i>lien</i> -concept	Examen clinique - <u>complété par</u> - radiographie	Les indices de plaque dentaire - <u>dépendent directement</u> - de l'hygiène dentaire
CONNAISSANCES EXPERTES		
Profil sémantique (D ±, G ±)	(D ⁺ , G ²⁺)	(D ²⁺ , G ²⁺)
Critère pour définir le type de connaissances	* La proposition reflète une réflexion pertinente. Les concepts théoriques sont liés à la pratique dentaire.	* La proposition reflète une réflexion pertinente riche en concepts théoriques et très spécifique reflétant ainsi une connaissance experte .
Critères de la densité sémantique	* La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances	* La proposition contient plusieurs concepts scientifiques précis qui reflètent un niveau avancé de connaissances avec la présence des liens croisés qui ne sont pas explicitement mentionnés au cours
Critères de la gravité sémantique	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration, explication ou exemple dans la suite de la carte en faisant appel aux connaissances d'un autre cours (par ex. le cours d'anatomie dentaire) à d'autres compétences procédurales.	* La proposition permet de contextualiser les connaissances avec la présence d'une illustration, explication ou exemple dans la suite de la carte en faisant appel aux connaissances d'un autre cours (par ex. le cours d'anatomie dentaire) à d'autres compétences procédurales.
Exemple : concept - <i>lien</i> -concept	CAOF - <u>si dent est extraite à cause d'une carie</u> - égal à 4 (<u>si incisive ou canine</u>) et 5 si pré ou molaire	La pose d'obturation sur les faces proximales - <u>est visible avec</u> - radiographie "bite wing"

Certains encadrés ne contiennent pas d'exemples parce que nous ne les avons pas trouvés dans les cartes conceptuelles analysées.

Celles-ci nous ont permis de :

1. classer les propositions en quatre catégories de connaissances (novices, théoriques, pratiques et expertes). Par exemple la proposition « la santé bucco-dentaire dépend de l'hygiène bucco-dentaire » est une information très générale, évidente et accessible. Elle est considérée comme une connaissance novice. Par contre, la proposition « les indices de plaque dentaire dépendent directement de l'hygiène dentaire » est une proposition riche en concepts théoriques qui reflète une réflexion pertinente et elle est bien connectée avec d'autres concepts.
2. identifier l'intensité de la densité sémantique dans chaque proposition. À titre d'exemple, « le DPSI - a trois indicateurs - le tartre » est une proposition d'intensité (D^+) qui contient des concepts scientifiques. Cependant « La dent-comprend-l'émail » a une faible densité sémantique (D^{2-}) puisque l'information est extraite du cours mais elle est incomplète si l'on examine la carte dans son ensemble, ce qui reflète des lacunes conceptuelles.
3. identifier l'intensité de la densité sémantique dans chaque proposition. La proposition « le DPSI - a trois indicateurs - le tartre » est un exemple qui illustre une faible gravité sémantique (G^-) étant donné que l'énoncé ne contient aucune application ou exemple pour l'illustrer. Toutefois, le niveau de contextualisation de la proposition « La pose d'obturation sur les faces proximales - est visible avec - radiographie "bitewing" » est plus élevé (G^{2+}).

Étape 4 (révision de la morphologie) : Suite à la présence de « non propositions » et de propositions erronées, la morphologie des six cartes conceptuelles a été révisée. Par conséquent, nous avons négligé ces propositions et nous avons tenu compte uniquement des propositions correctes pour identifier les structures des cartes. La révision de la morphologie nous a amenées à modifier celles proposées initialement pour les trois cartes CC.03 ; CC.04 et CC.05.

L'identification des morphologies et de types de connaissances ainsi que le codage sémantique ont été effectués par deux examinatrices. Lors de l'utilisation de cette méthode dans le cadre d'une étude plus large (chapitre 6), nous avons vérifié le degré de fiabilité inter-examineurs. L'accord pour identifier la morphologie, le type de connaissances, l'intensité de la densité sémantique et celle de la gravité sémantique était bon voire excellent. Les valeurs des coefficients kappa de Cohen étaient de 0,93 ; 0,94 ; 0,75 et 0,86 respectivement ($p < 0.001$). Les figures de 5.2 à 5.7 montrent la structure des cartes avant (figures a) et après (figures b) la ré-

vision morphologique. Seules les propositions correctes sont représentées sur les cartes dans les figures (b).

5.3 Résultats

Les six cartes utilisées pour cette étude proviennent d'un échantillon plus large (voir chapitre 2). Elles sont élaborées par des étudiants de première année (âge moyen = 18,88 ans) en formation dentaire (dans le cadre du cours intitulé « Éléments de statistiques appliqués à l'épidémiologie dentaire et à la prévention ». L'activité de cartographie conceptuelle a eu lieu dans le cadre des séminaires du cours. Après une séance de formation pour se familiariser avec le logiciel Cmap-Tools et visualiser des exemples de cartes, les étudiants devaient élaborer des cartes conceptuelles, chacune abordait une thématique du cours. Les six cartes de cette étude, représentait la « santé bucco-dentaire » qui est la première thématique du cours. À part les consignes techniques pour produire une carte, les étudiants ont produit les cartes à partir d'une page blanche. Aucun lien ou concept n'a été donné, les étudiants ont produit les cartes à livre ouvert chez eux. Toutefois, l'enseignant a défini les concepts clés - essentiels à la maîtrise de la thématique et les a communiqués aux deux examinatrices pour qu'elles effectuent l'analyse descriptive. Les résultats des approches utilisées (descriptive, morphologique, sémantique) ainsi que la révision de la morphologie sont regroupées dans le tableau 5.1.

5.3.1 Approche morphologique : reconnaissance simplifiée de la structure d'une carte

En se basant sur une reconnaissance simplifiée de la structure d'une carte, nous pouvons constater que presque toutes les cartes présentent une structure radiale comme morphologie initiale (tableau 5.1). Dans une telle morphologie, la plupart des concepts tendent à graviter autour d'un ou de plusieurs concepts. Dans l'ensemble, cette structure ne fournit pas suffisamment d'information sur la compréhension approfondie du contenu. Les figures de 5.2.a à 5.6.a montrent les cartes conceptuelles dont la morphologie initiale est radiale. Seule la carte CC.6 présente une structure en réseau (figure 5.7.a). Cette structure semble être davantage liée à un apprentissage significatif, surtout lorsque les propositions sont dynamiques et explicatives [25].

5.3.2 Approche descriptive

Après avoir défini la morphologie des six cartes conceptuelles, une analyse quantitative du contenu des cartes a été effectuée. Lors de cette approche descriptive, nous avons relevé plusieurs paramètres tels que : le nombre total de concepts présents dans une carte, le nombre de propositions et de concepts clés que l'enseignant a précédemment définis. Les résultats de ce dénombrement se présentent

dans le tableau 5.1. Le nombre de concepts totaux varie entre 28 et 79 concepts par carte. Les concepts clés varient entre 7 à 20 (le maximum attendu). Le nombre de propositions varie également entre 30 et 89 propositions par carte conceptuelle. Afin d'approfondir cette analyse, nous avons identifié et dénombré les « non propositions » et les propositions qui sont scientifiquement erronées dont les fréquences varient d'une carte à l'autre. Le dénombrement des propositions correctes nous a permis d'en repérer entre 10,00 % et 78,95 %.

5.3.3 Approche sémantique

L'analyse sémantique des propositions correctes vise à classer les connaissances et à identifier l'intensité sémantique (en termes de densité et gravité). Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 5.1. Nous avons pu constater la présence des quatre types de connaissances dont majoritairement des connaissances novices, puis des proportions variées de connaissances théoriques et pratiques et très peu de connaissances expertes variant de 0,00 % à 13,85 %. Les profils sémantiques issues des six cartes sont représentés dans la figure 5.8.

5.3.4 Approche séquentielle : combinaison des trois approches

Alors que l'approche morphologique a révélé des structures majoritairement radiales, l'approche descriptive a montré une divergence au niveau de tous les critères (nombre de concepts, nombre de propositions, etc ...). Pour les cartes ayant la même morphologie, la véracité des propositions varie entre 10,00 % et 78,97 %. De plus, leurs indicateurs sémantiques ont été très variés. Par exemple, les connaissances théoriques sont prépondérantes dans la carte CC.01 (56,67 %) alors que dans la carte CC.05, qui est également radiale, 71,43% de propositions sont des connaissances novices. Afin d'analyser les cartes conceptuelles de manière approfondie, nous avons choisi une approche séquentielle en quatre étapes décrite dans la figure 5.9. Cette figure est une carte conceptuelle qui reprend les différents cheminements qui constituent l'approche séquentielle proposée dans cette étude.

Le cheminement 1 correspond à l'identification de la structure d'une carte en se limitant à une reconnaissance simplifiée la structure globale de la carte conceptuelle. En conséquence, toutes les cartes (à l'exception de la CC.06) avaient une structure radiale.

Le cheminement 2 décrit l'approche descriptive qui a permis d'identifier les éléments constitutifs de la carte (concepts, concepts clés et propositions) et les recenser. Le cheminement 2 décrit l'approche descriptive qui a permis de recenser les éléments constitutifs de la carte (concepts, concepts clés et propositions). Cela nous a également permis d'identifier des éléments intéressants comme la qualité des propositions et la présence (ou non) de liens entre les concepts.

En effet, pour examiner la qualité du contenu, nous avons vérifié : 1° la qualité des liens entre les concepts (cheminement 3 a), 2° la véracité des propositions et déterminé celles qui étaient erronées (cheminement 3 b). En revanche, nous n'avons retenu que les propositions correctes pour réaliser l'analyse sémantique des cartes. Le cheminement 3 c 1, nous a permis d'identifier le type de connaissances. Puis, nous avons accordé des intensités pour la densité et la gravité sémantique pour chaque proposition (cheminement 3 c 2).

Toutes ces étapes sont à l'origine de la révision de la morphologie des six cartes (cheminement 4). Lors de la première étape (approche morphologique), la structure des cartes CC.03 ; CC.04 et CC.05 a été qualifiée de radiale, mais après l'analyse descriptive, ces trois cartes ont été requalifiées en tant que « non connectée » pour CC.05 et « non développées » pour CC.03 et CC.04.

Tableau 5.1 Analyse des six cartes conceptuelles en appliquant l'approche séquentielle

Approches classiques			CC.01	CC.02	CC.03	CC.04	CC.05	CC.06	Approche Séquentielle	
Approche morphologique			Radiale		Radiale	Radiale	Radiale	Réseau	Étape 1	
Structure de la carte										
Approche descriptive									Étape 2	
Nombre total de concepts			38		57	28	57	79		
Nombre de concepts clés			15		10	16	10	20		
Nombre de propositions			38		56	30	57	89		
1- Nombre de propositions correctes (%) ⁱ			30 (78,95 %)		18 (43,64 %)	3 (10,00 %)	14 (24,56 %)	65 (73,03 %)	Utilisée à l'étape 3	
2- Nombre de propositions erronées (%) ⁱ			6 (15,79 %)		24 (32,14 %)	9 (30,00 %)	37 (64,91 %)	24 (26,97 %)	Utilisée à l'étape 4	
a- Nombre de propositions avec des erreurs conceptuelles (%) ⁱ			5 (13,16 %)		2 (3,57 %)	3 (10,00 %)	7 (12,28 %)	2 (2,25 %)		
b- Nombre de propositions avec des erreurs de lien ou de sens (%) ⁱ			1 (2,63 %)		22 (39,29 %)	6 (20,00 %)	30 (52,63 %)	22 (34,72 %)		
3- Nombre de "non proposition" ⁱ			2 (5,26 %)		14 (25,00 %)	18 (60,00 %)	6 (10,53 %)	0 (0,00 %)	Utilisée à l'étape 4	
a- Nombre de propositions avec absence de lien (%) ⁱⁱ			1 (2,63 %)		11 (19,64 %)	18 (60,00 %)	3 (5,26 %)	0 (0,00 %)		
b- Nombre de propositions avec lien non explicite (%) ⁱ			1 (2,63 %)		3 (5,36 %)	0 (0,00 %)	3 (5,26 %)	0 (0,00 %)		
Approche sémantique									Étape 3	
Nombre de connaissances novices (%) ⁱⁱⁱ			7 (23,33 %)		11 (61,11 %)	3 (100,00 %)	10 (71,43 %)	28 (43,08 %)		
(D2- ; G2-)			1		2	1	0	0		
(D- ; G2-)			0		0	0	0	4		
(D2- ; G-)			0		2	1	1	1		
(D- ; G-)			6		7	1	9	23		
Nombre de connaissances théoriques (%) ⁱⁱⁱ			17 (56,67 %)		2 (11,11 %)	0 (0,00 %)	4 (28,57 %)	16 (24,62 %)		
(D2+ ; G2-)			0		0	0	0	0		
(D+ ; G2-)			0		0	0	0	0		
(D2+ ; G-)			0		0	0	0	0		
(D+ ; G-)			17		2	0	4	16		
Nombre de connaissances pratiques (%) ⁱⁱⁱ			4 (13,33 %)		4 (22,22 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	12 (18,46 %)		
(D2- ; G2+)			0		0	0	0	0		
(D- ; G2+)			0		0	0	0	0		
(D2- ; G+)			0		0	0	0	2		
(D- ; G+)			4		4	0	0	10		
Nombre de connaissances expertes (%) ⁱⁱⁱ			2 (6,67 %)		1 (5,56 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	9 (13,85 %)		
(D2+ ; G2+)			0		1	0	0	1		
(D+ ; G2+)			1		0	0	0	0		
(D2+ ; G+)			1		0	0	0	1		
(D+ ; G+)			0		0	0	0	7		
Approche morphologique			Radiale		Radiale	Non connectée	Non développée	Non connectée	Étape 4	
Morphologie révisée								Réseau	Révision de la morphologie	

i : Le pourcentage est calculé par rapport au nombre total des propositions dans la carte conceptuelle.
ii : Le pourcentage est calculé par rapport au nombre total des propositions correctes dans la carte conceptuelle.

Figure 5.2 Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.01

(a) La carte conceptuelle CC.01 dont la morphologie initiale est radiale

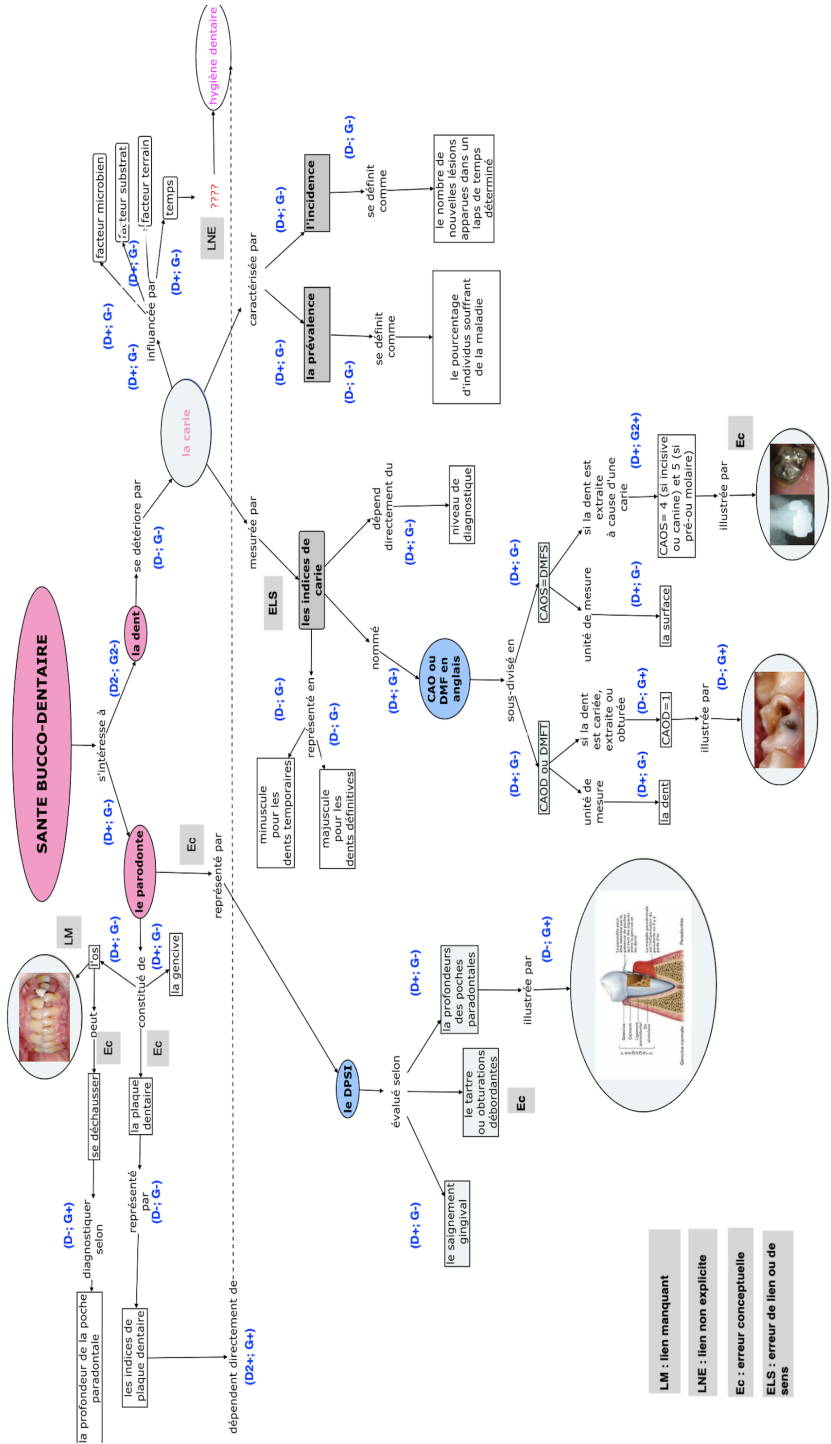


Figure 5.3 Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.02

(a) La carte conceptuelle CC.02 dont la morphologie initiale est radiale

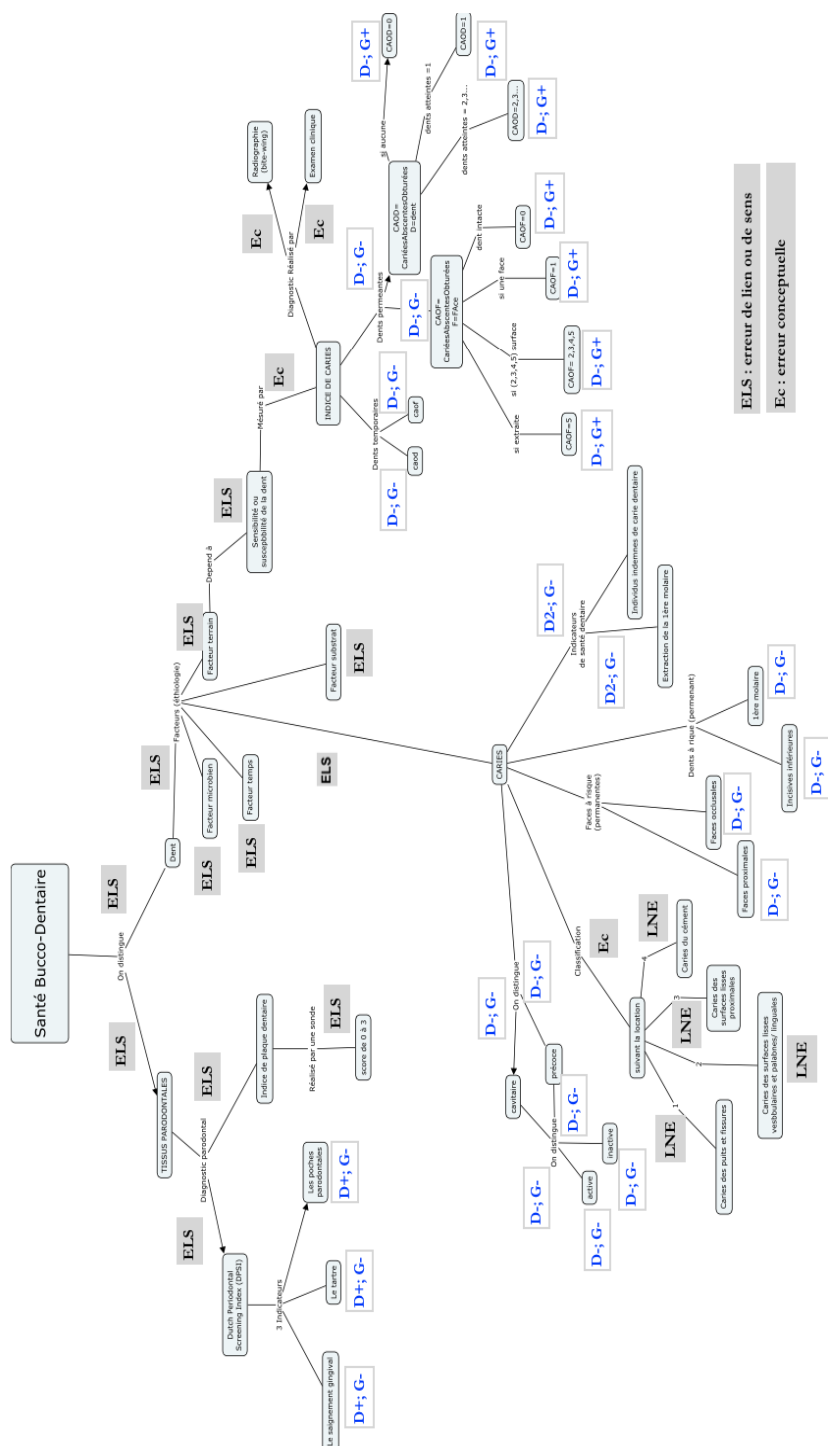
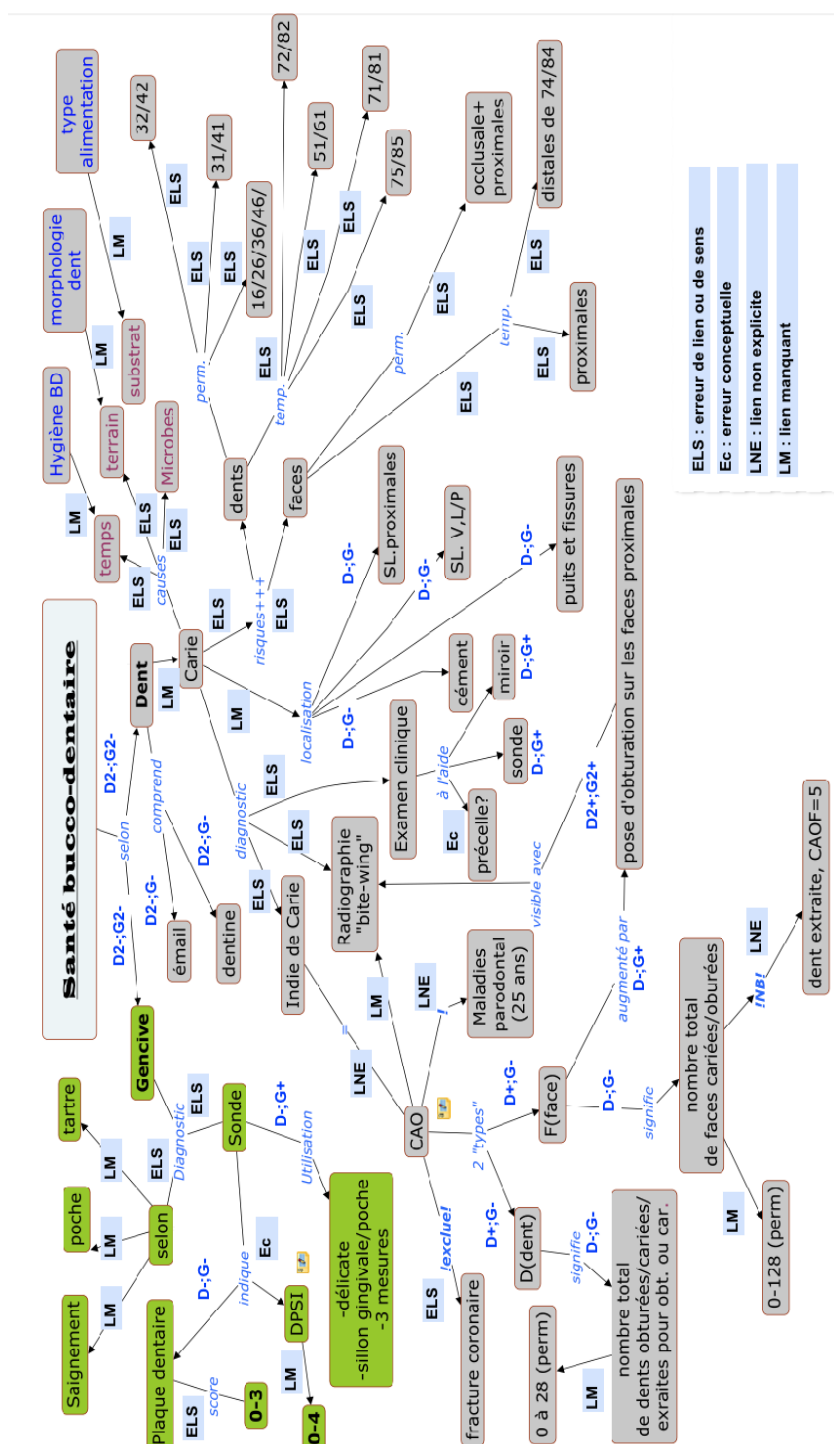


Figure 5.4 Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.03

(a) La carte conceptuelle CC.03 dont la morphologie initiale est radiale



(b) La carte conceptuelle CC.03 dont la morphologie révisée est non connectée

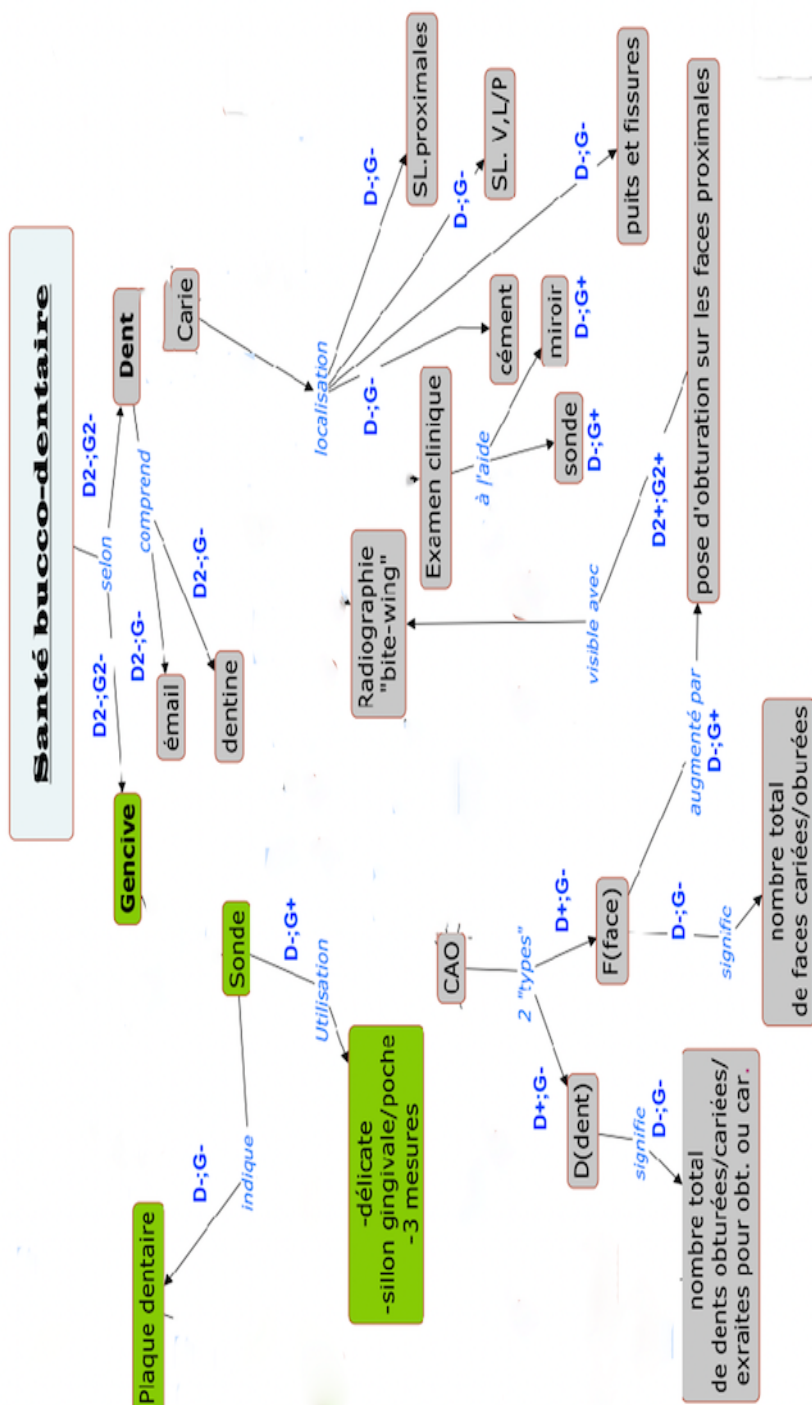
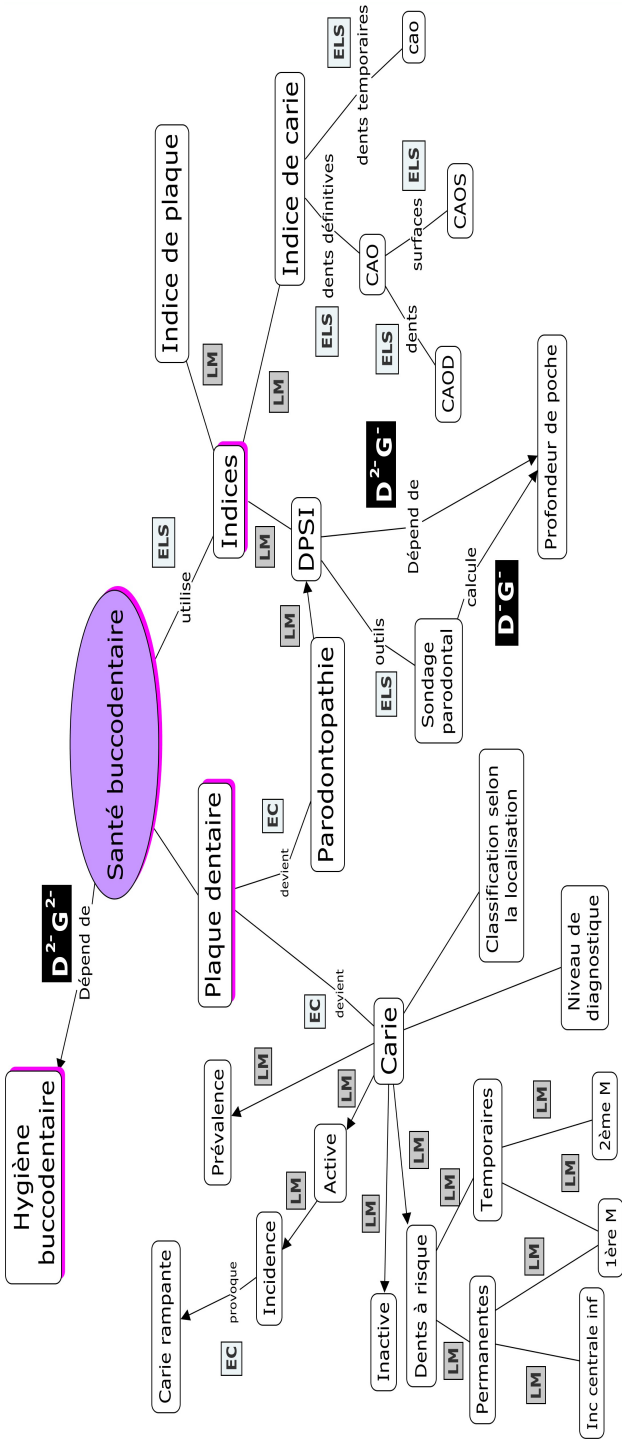


Figure 5.5 Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.04

(a) La carte conceptuelle CC.04 de morphologie initiale radiale

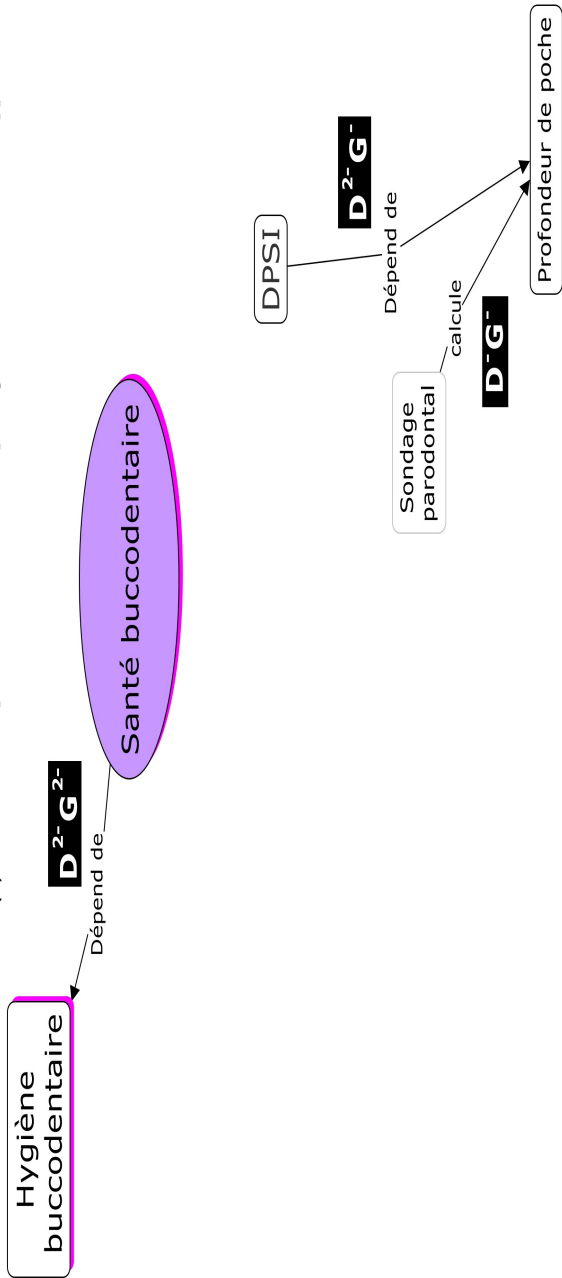


Légende du codage des propositions

- Propositions correctes
 - DG** Densité et gravité sémantique
- Propositions erronées
 - ELS** Erreur de lien ou de sens
 - EC** Erreur conceptuelle
- Non propositions
 - LM** Lien manquant

Morphologie initiale : structure radiale

(b) La carte conceptuelle CC.04 de la morphologie révisée est non développée



Légende du codage des propositions

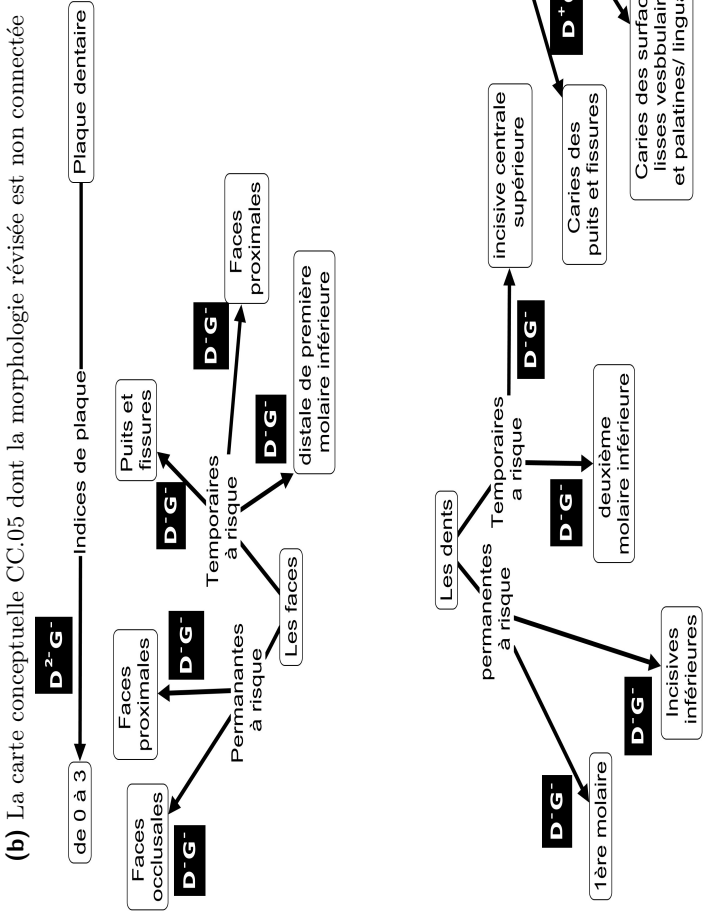
Propositions correctes

D G

Profil sémantique

D densité sémantique
G gravité sémantique

Morphologie révisée : structure non développée



Légende du codage des propositions

Propositions correctes

D G

Profil sémantique

D densité sémantique

G gravité sémantique

Morphologie révisée : structure non connectée

Figure 5.7 Analyse sémantique de la carte conceptuelle CC.06

(a) La carte conceptuelle CC.06 dont la morphologie initiale est en réseau

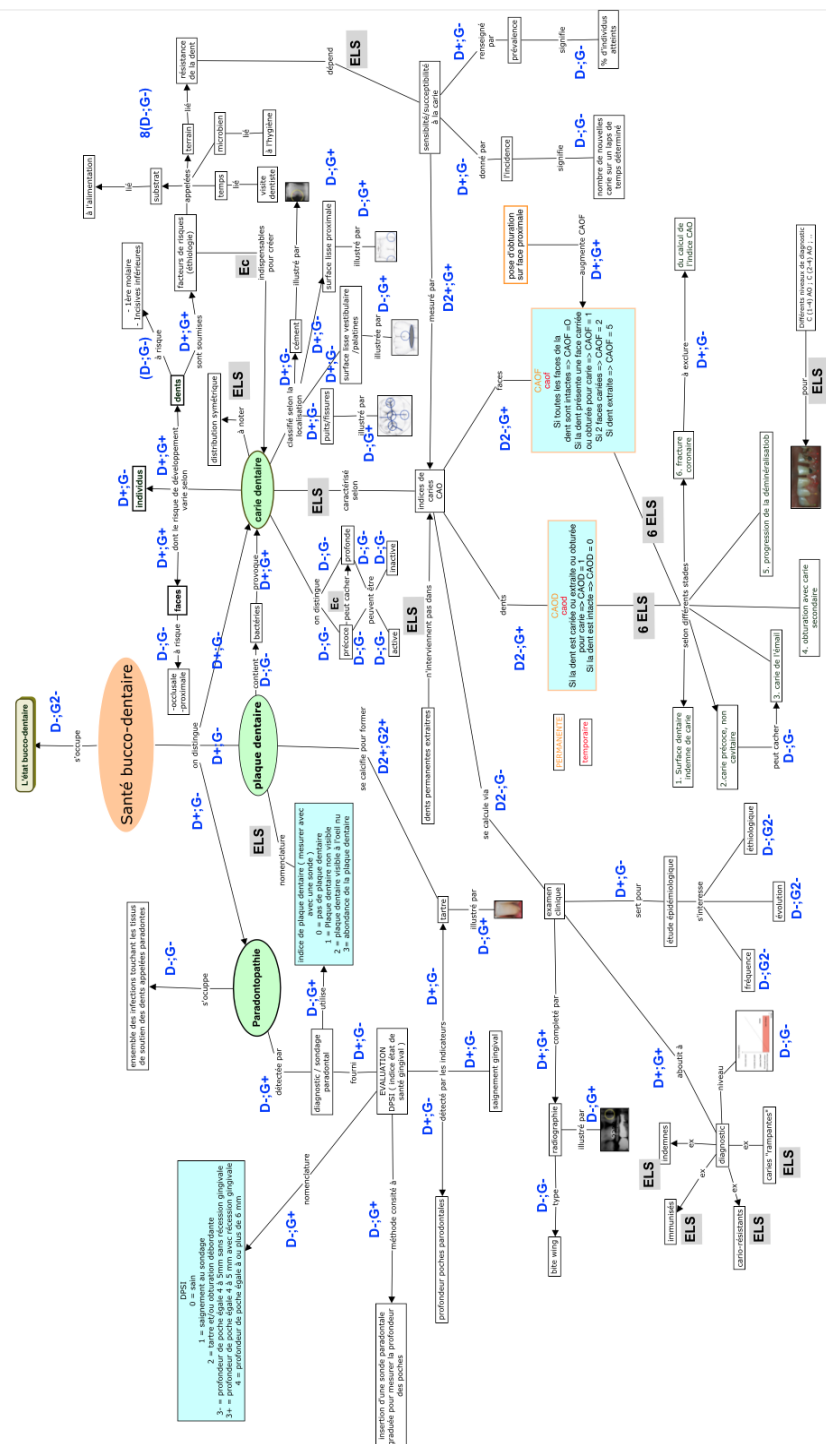
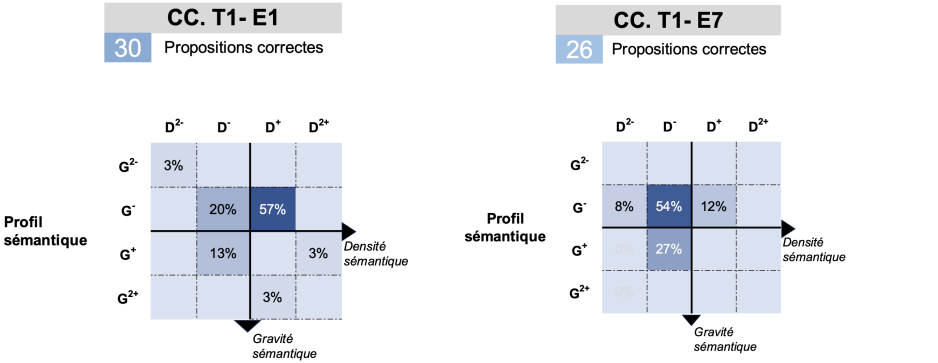
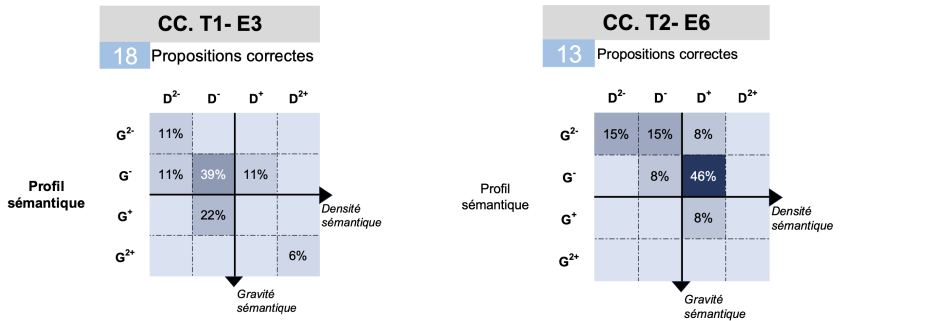


Figure 5.8 Profils sémantiques esquissés suite à l’analyse sémantique des cartes conceptuelles de la thématique « santé bucco-dentaire »

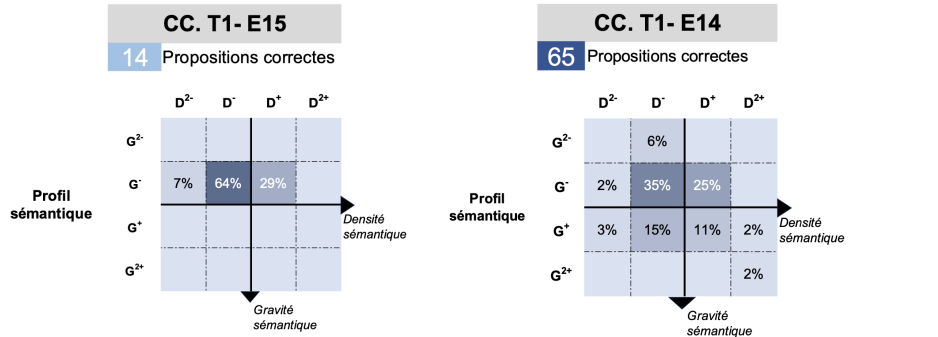
(a) Profil sémantique de l’étudiant qui a produit la carte CC.01 (b) Profil sémantique de l’étudiant qui a produit la carte CC.02



(c) Profil sémantique de l’étudiant qui a produit la CC.03 (d) Profil sémantique de l’étudiant qui a produit la CC.04



(e) Profil sémantique de l’étudiant qui a produit la CC.05 (f) Profil sémantique de l’étudiant qui a produit la CC.06



5.4 Discussion

Le but de cette étude était d'analyser six cartes conceptuelles d'abord à l'aide des approches classiques, connues dans la littérature, et puis en les combinant dans une approche séquentielle afin de réaliser une analyse plus approfondie.

Plusieurs travaux ont souligné des lacunes méthodologiques dans la documentation de la cartographie conceptuelle et ont encouragé la poursuite de la réflexion sur la façon dont elle peut être utilisée dans la pratique en classe permettant de juger la qualité des cartes [17, 25, 26]. Nos résultats montrent que l'approche morphologique est importante mais elle doit être validée par la qualité des cartes. Nous avons constaté qu'après analyse des propositions, certaines morphologies doivent être modifiées. Dans une autre étude (chapitre 6), l'analyse de trente cartes a révélé que même la morphologie initiale « structure en réseau » risque de changer si nous utilisons l'approche séquentielle. La reconnaissance simplifiée des structures par l'approche morphologique s'est avérée un indicateur pratique mais certaines informations pertinentes n'ont pas été dévoilées. Cela nous mène à encourager les enseignants à tirer parti du maximum d'informations que pourrait contenir une carte conceptuelle.

Selon Schroeder, l'enseignant peut demander à l'étudiant de créer une carte conceptuelle de diverses façons, en fournissant relativement un échafaudage selon les objectifs pédagogiques [27]. Pour que les interventions pédagogiques soient plus efficaces, la cartographie conceptuelle doit être de faible directivité. Cela permettra à l'apprenant à s'engager dans un processus cognitif en identifiant les concepts importants et les liant dans une représentation figurative appropriée. La liberté des étudiants à choisir les concepts favorise la compréhension et renforce les processus cognitifs en favorisant la métacognition et la réflexion critique [2]. D'après nos résultats, l'identification des concepts clés n'est pas toujours facile pour les étudiants et l'absence de ces concepts peut entraîner une perte de signification de la carte.

Une fois les concepts identifiés, l'étudiant doit être en mesure d'établir des liens appropriés pour formuler des propositions adéquates. Par ailleurs, les concepts généraux doivent être liés à des concepts spécifiques pour donner un sens (différenciation progressive) [28]. Dans une vision constructiviste de l'apprentissage, les conceptions erronées des étudiants jouent un rôle productif dans l'acquisition de l'expertise. Elles ne sont pas entièrement inutiles, car elles représentent des étapes importantes dans la construction de la connaissance [29]. Étant une source potentielle d'informations sur le contenu, la cartographie conceptuelle est donc bien adaptée pour évaluer de tels processus cognitifs et détecter les lacunes conceptuelles [30]. Cette étude a montré que l'analyse approfondie des cartes ré-

vèle des connaissances erronées ou incomplètes. Ce résultat corrobore les résultats des études antérieures qui ont montré que la cartographie conceptuelle identifie les conceptions erronées [31], son utilité en tant qu'activité d'apprentissage est ainsi considérable.

Pour avoir une vision plus fine des cartes conceptuelles, l'approche sémantique pourrait également apporter des éléments intéressants sur la qualité des connaissances. Dans des travaux récents [19, 24, 32], l'application de l'approche sémantique de la théorie des codes de légitimation a ouvert une nouvelle perspective dans l'évaluation de l'apprentissage. Cela a permis, entre autres, de caractériser le type de connaissances des étudiants et leur niveau de compréhension. Telle que formulée par la théorie de l'apprentissage constructiviste, passer d'une compréhension novice à une compréhension plus experte suppose un ajustement et une réorganisation de connaissances, plutôt qu'un simple remplacement de celles-ci [33]. L'approche sémantique est probablement la plus appropriée pour exploiter le potentiel de la cartographie conceptuelle si celle-ci est considérée comme un ensemble varié de connaissances [19]. Néanmoins, pour pouvoir l'appliquer et avoir suffisamment de fiabilité, il est nécessaire d'avoir des balises de codage sémantique et une procédure systématique bien définie.

De notre point de vue, il est primordial de commencer par identifier le type de connaissance pour chaque proposition avant de définir le niveau d'intensité sémantique (densité et gravité). Nous avons identifié de multiples profils sémantiques à travers l'analyse de cartes. La présence de connaissances novices est compréhensible dans la mesure où les cartes présentées dans cette étude concernent la première thématique d'un cours de première année de formation dentaire et probablement une première utilisation pédagogique de l'outil. Au-delà de la détection des propositions dans une carte, l'application de la théorie du code de légitimation à la cartographie conceptuelle permet d'évaluer la manière dont l'étudiant est capable de relier les connaissances théoriques aux connaissances pratiques [19]. Hormis un seul profil, nos résultats montrent qu'il y a manifestement un écart entre la théorie et la pratique comme l'a décrit Kinchin [22]. Cet auteur a défini l'étudiant expert comme « *one who recognises the existence and complementary purposes of different knowledge structures, and seeks to integrate them in the application of practice* » [34].

Comme l'indique les résultats de cette étude, le recours à une seule approche pour analyser les cartes conceptuelles peut mettre en avant certaines informations et en cacher d'autres. Par exemple, les cartes CC.01 et CC.02 sont restées radiales après la révision de la morphologie mais elles sont très différentes selon le type de connaissances. La première carte indique une prédominance des connaissances théoriques tandis que la deuxième demeure novice. Par ailleurs, lorsque ces ap-

proches sont systématiquement associées, l'approche morphologique peut devenir intéressante, mais elle doit être soutenue par une approche descriptive et une analyse sémantique. L'approche morphologique permet d'avoir une vision globale sur la structuration des connaissances alors que l'approche descriptive permet d'avoir les fréquences des concepts qui composent une carte conceptuelle et des propositions qui se produisent, donnant ainsi une idée de la nature et du contenu d'une carte et les lacunes qui s'y trouvent. Parallèlement, une analyse sémantique permet de rechercher plus en détails la qualité et le type des connaissances dans les cartes des étudiants. En les combinant ensemble, d'une manière systématique et séquentielle, nous avons été en mesure de révéler les structures, les types et la qualité des connaissances.

Les étapes séquentielles de la méthode proposée nous ont permis de réviser les morphologies et de mettre en évidence une qualité plus faible des cartes. Cela n'était pas détectable en l'absence d'une méthode d'analyse systématique. Cette approche nous a permis de réviser les morphologies et les valider à la quatrième étape. Autrement dit, l'approche descriptive est nécessaire pour valider la morphologie de la carte. L'approche sémantique rajoute une dimension complémentaire sur le type des connaissances prédominantes dans une carte ayant une structure bien définie. Ainsi, l'enseignant et l'apprenant obtiennent un portrait plus complet non seulement de ce qui est « déjà acquis », mais également de ce qui « reste à savoir ».

Pour les six cartes présentées dans cette étude, la cartographie conceptuelle nous apporte plusieurs informations importantes. Premièrement, les cartes de structure radiale peuvent contenir une prédominance de connaissances novices ou théoriques. Deuxièmement, dans des structure plus faibles (non développée ou non connectée), les connaissances sont globalement novices. Puis, troisièmement, la carte en réseau présente une répartition presque équivalente entre les différents types de connaissances. Enfin, une carte conceptuelle peut inclure différents types de lacunes : des erreurs, des liens manquants ou non explicites ou des connaissances prématurées et novices. La détection de ces lacunes est un retour d'information important pour l'enseignant. Il est ainsi possible d'identifier les difficultés des apprenants, d'identifier et d'agir sur les domaines de compréhension vague ou confuse [10].

Il est important de reconnaître les limites de cette étude. L'étude a été menée dans le cadre d'une recherche plus large. À ce titre, les étudiants ont produit plusieurs cartes de thématiques variées au fur et à mesure de la formation. Il se peut que la sélection de cartes, au début de leur parcours de formation, ne dévoile pas toutes les informations concernant la qualité des connaissances. De plus, l'approche proposée n'est pas limitative du point de vue de la qualité de ce qui en sort mais demande un effort important et donc Elle ne permet pas de four-

nir une rétroaction rapide et immédiate aux étudiants.. En revanche, elle peut être découpée pour que l'étudiant reçoive des retours d'informations sur différents éléments comme le nombre d'erreurs, la qualité de la connaissance, etc. Il convient également de noter que si nous souhaitons utiliser la carte conceptuelle à son plein potentiel, il ne semble pas y avoir d'autre alternative que de combiner toutes les approches classiques pour leur analyse. Dans ce sens, il convient d'être attentif lorsqu'on utilise une approche combinée, à la fois descriptive et qualitative et qu'une vérification de la fiabilité inter-examineurs est nécessaire pour chaque étape. Finalement, cette étude a examiné des cartes conceptuelles à faible directivité dans un contexte médical, mais son application pour d'autres contextes devrait également être explorée.

5.5 Conclusion

Dans cette étude, six cartes conceptuelles ont été utilisées pour tester les approches classiques pour analyser les cartes. Une approche séquentielle et systématique est proposée pour exploiter finement la structure et le contenu des cartes conceptuelles et par conséquent la compréhension des étudiants. La littérature décrit essentiellement trois approches pour analyser ou évaluer les cartes conceptuelles. Chacune a des forces mais elles présentent toutes des lacunes. Afin d'articuler ces approches existantes et de montrer qu'il peut y avoir une valeur ajoutée et une appréhension beaucoup plus fine de la carte en tant que telle, nous avons proposé une nouvelle approche d'analyse - séquentielle et systématique, qui a permis de dégager plusieurs pistes de réflexion dans l'utilisation de la cartographie conceptuelle en faveur de l'apprentissage significatif. Nous avons illustré comment cette activité peut être utilisée pour exploiter les structures de connaissances développées par les étudiants et à terme, peut-être pour guider les enseignants. Cela représente un approfondissement méthodologique par la combinaison des méthodes d'analyse proposées dans la littérature.

Bibliographie

- [1] Joseph D Novak and Alberto J Cañas. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical report, Institute for Human and Machine Cognition, 2008.
- [2] Dario Torre, Deborah German, Barbara Daley, and David Taylor. Concept mapping : An aid to teaching and learning : AMEE Guide No. 157. *Medical Teacher*, 45(5) :455–463, 2023. ISSN 0142-159X. doi : 10.1080/0142159X.2023.2182176.
- [3] Kathleen M. Fisher. Chapter 9 - SemNet Software as an Assessment Tool. In Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak, editors, *Assessing Science Understanding*, Educational Psychology, pages 197–221. Academic Press, Burlington, 2005. doi : 10.1016/B978-012498365-6/50011-1.
- [4] Jean Jouquan. L'évaluation des apprentissages des étudiants en formation médicale initiale. *Pédagogie Médicale*, 3(1) :38–52, 2002. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2002006.
- [5] Claire Marchand and Jean-François d'Ivernois. Les cartes conceptuelles dans les formations en santé. *Pédagogie Médicale*, 5(4) :230–40, 2004. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2004031.
- [6] Joseph D. Novak and D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. ISBN 978-0-521-31926-3. doi : 10.1017/CBO9781139173469.
- [7] Daniel C. West, J. Richard Pomeroy, Jeanny K. Park, Elise A. Gerstenberger, and Jonathan Sandoval. Critical Thinking in Graduate Medical Education A Role for Concept Mapping Assessment? *JAMA*, 284(9) :1105–1110, 2000. ISSN 0098-7484. doi : 10.1001/jama.284.9.1105.
- [8] Daniel C West, Jeanny K Park, J Richard Pomeroy, and Jonathan Sandoval. Concept mapping assessment in medical education : A comparison of two scoring systems. *Medical Education*, 36(9) :820–826, 2002. ISSN 1365-2923. doi : 10.1046/j.1365-2923.2002.01292.x.
- [9] John R. McClure, Brian Sonak, and Hoi K. Suen. Concept map assessment of classroom learning : Reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4) :475–492, 1999. ISSN 1098-2736. doi : 10.1002/(SICI)1098-2736(199904)36:4<475::AID-TEA5>3.0.CO;2-O.
- [10] Els Van Zele, Josephina Lenaerts, and Willem Wieme. Improving the usefulness of concept maps as a research tool for science education. *International Journal of Science Education*, 26(9) :1043–1064, 2004. ISSN 0950-0693. doi : 10.1080/1468181032000158336.

- [11] Mary Besterfield-Sacre, Jessica Gerchak, Mary Rose Lyons, Larry J. Shuman, and Harvey Wolfe. Scoring Concept Maps : An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 93(2) :105–115, 2004. ISSN 2168-9830. doi : 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00795.x.
- [12] Julia Gil Llinás, Francisco Solano Macías, and Luis Manuel Tobaja Márquez. The Use of Concept Maps as an Assessment Tool in Physics Classes : Can One Use Concept Maps for Quantitative Evaluations? *Res Sci Educ*, 50(5) : 1789–1804, 2020. ISSN 1573-1898. doi : 10.1007/s11165-018-9753-4.
- [13] Heather A. Stuart. Should concept maps be scored numerically? *European Journal of Science Education*, 7(1) :73–81, 1985. ISSN 0140-5284. doi : 10.1080/0140528850070108.
- [14] George A. Brown, Joanna Bull, and Malcolm Pendlebury. *Assessing Student Learning in Higher Education*. Routledge, 2013. ISBN 978-1-136-18341-6.
- [15] Konrad J. Schönborn and Trevor R. Anderson. Bridging the educational research-teaching practice gap. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(5) :372–379, 2008. ISSN 1539-3429. doi : 10.1002/bmb.20230.
- [16] Ian M. Kinchin. *Concept Mapping and Pedagogic Health in Higher Education (a Rhizomatic Exploration in Eight Plateaus)*. Postdoctoral, University of Surrey, 2020.
- [17] Ian M. Kinchin. A ‘species identification’ approach to concept mapping in the classroom. *Journal of Biological Education*, 54(1) :108–114, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1546763.
- [18] Ian M. Kinchin, David B. Hay, and Alan Adams. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42(1) :43–57, 2000. ISSN 0013-1881. doi : 10.1080/001318800363908.
- [19] Ian M. Kinchin, Aet Möllits, and Priit Reiska. Uncovering types of knowledge in concept maps. *Education Sciences*, 9(2) :131, 2019. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci9020131.
- [20] Karl Maton. *Knowledge and Knowers : Towards a Realist Sociology of Education*. Routledge, Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, 2014. ISBN 978-0-415-47999-8.
- [21] David Hay, Ian M. Kinchin, and Simon Lygo-Baker. Making learning visible : The role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33(3) :295–311, 2008. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070802049251.

- [22] Ian M. Kinchin, Naomi E. Winstone, and Emma Medland. Considering the concept of recipience in student learning from a modified Bernsteinian perspective. *Studies in Higher Education*, 46(11) :2296–2308, November 2021. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075079.2020.1717459.
- [23] Lambert W. T. Schuwirth and Cees P. M. Van der Vleuten. Programmatic assessment : From assessment of learning to assessment for learning. *Medical Teacher*, 33(6) :478–485, 2011. ISSN 0142-159X. doi : 10.3109/0142159X.2011.565828.
- [24] Ilse Rootman-le Grange and Margaret A. L. Blackie. Assessing assessment : In pursuit of meaningful learning. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 19(2) :484–490, 2018. ISSN 1109-4028, 1756-1108. doi : 10.1039/C7RP00191F.
- [25] Ian M. Kinchin. Concept mapping as a learning tool in higher education : A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1) :39–49, 2014. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2014.872011.
- [26] David B. Hay. Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32(1) :39–57, 2007. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070601099432.
- [27] Noah L. Schroeder, John C. Nesbit, Carlos J. Anguiano, and Olusola O. Adesope. Studying and Constructing Concept Maps : A Meta-Analysis. *Educ Psychol Rev*, 30(2) :431–455, 2018. ISSN 1573-336X. doi : 10.1007/s10648-017-9403-9.
- [28] Jean Jouquan. S’il te plaît, ...dessine-moi tes connaissances! *Pédagogie Médicale*, 11(2) :77–79, 2010. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2010021.
- [29] John P. Smith III, Andrea A. diSessa, and Jeremy Roschelle. Misconceptions Reconceived : A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3(2) :115–163, 1994. ISSN 1050-8406. doi : 10.1207/s15327809jls0302_1.
- [30] Peter Adamczyk and Mike Willson. Using concept maps with trainee physics teachers. *Phys. Educ.*, 31(6) :374, 1996. ISSN 0031-9120. doi : 10.1088/0031-9120/31/6/018.
- [31] Amy G. Briggs, Stephanie K. Morgan, Seth K. Sanderson, Molly C. Schulting, and Laramie J. Wieseman. Tracking the Resolution of Student Misconceptions about the Central Dogma of Molecular Biology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3) :339–350, 2016. doi : 10.1128/jmbe.v17i3.1165.

- [32] Christine M. Steenkamp, Ilse Rootman-le Grange, and Kristian K. Müller-Nedebock. Analysing assessments in introductory physics using semantic gravity : Refocussing on core concepts and context-dependence. *Teaching in Higher Education*, 26(6) :871–886, 2021. ISSN 1356-2517. doi : 10.1080/13562517.2019.1692335.
- [33] J. Piaget. *Epistemology and Psychology of Functions*. D. Reidel Publishing Company, Netherlands, 1977.
- [34] Ian M. Kinchin. Visualising knowledge structures in biology : Discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45(4) :183–189, 2011. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2011.598178.

6

Découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la cartographie conceptuelle

Le but de ce chapitre est de découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la cartographie conceptuelle. À cette fin, nous avons analysé des cartes conceptuelles produites par des étudiants en première année de formation dentaire, en utilisant l'approche méthodologique séquentielle comme méthode d'analyse et la dimension sémantique de la théorie des codes de légitimation comme cadre théorique.

Messages clés :

- L'application de la méthode séquentielle permet de découvrir la qualité et les types de connaissances.
- Le profil sémantique illustre la qualité des connaissances acquises.
- La cartographie conceptuelle permet de visualiser le tissage sémantique entre la théorie et la pratique.

6.1 Structure des connaissances et cartographie conceptuelle

LA cartographie conceptuelle est l'une des activités pédagogiques les plus efficaces pour aider les étudiants à réfléchir à leur propre apprentissage et à le rendre visible [1, 2]. Dans un environnement d'apprentissage adéquat, la cartographie conceptuelle permet de promouvoir un apprentissage significatif et aide les apprenants à visualiser et à réfléchir à leurs propres structures de connaissances. Cartographier les connaissances offre la possibilité de s'interroger sur la signification ou l'interdépendance des concepts favorisant ainsi la métacognition et la réflexion critique [3]. Si l'usage de la cartographie conceptuelle est utile pour les étudiants, elle peut être également considérée comme une activité cognitive intéressante pour les enseignants puisqu'elle permet d'explorer la qualité des connaissances et évaluer la compréhension. Dans son ouvrage sur l'évaluation des apprentissages, Edmondson [4] précise :

En tant que moyen pour évaluer la compréhension, les cartes conceptuelles offrent aux enseignants la possibilité d'avoir un aperçu de ce que les élèves comprennent, tel que démontré par les structures des connaissances bien organisées et élaborées en profondeur, par les relations propositionnelles valides et par les interrelations. Ces cartes permettent également de noter les erreurs, les omissions et les conceptions erronées, et elles démontrent l'importance que certaines fonctions organisationnelles jouent dans la construction de connaissances ainsi que dans la résistance à l'apprentissage pour des conceptions particulières.

Le défi d'analyser et d'explorer la structure des connaissances chez les étudiants est répandu dans la recherche en pédagogie médicale. La cartographie conceptuelle donne accès à la structure des connaissances et permet d'examiner leur acquisition [5, 6].

6.2 Types de connaissances

Dans de nombreux domaines de la formation professionnelle comme la formation dentaire, les « connaissances expertes » visées exigent la mise en place de liens pertinents entre les connaissances conceptuelles et procédurales. Il est donc essentiel de connaître le « type de connaissances » à cartographier [7].

La connaissance pratique ou procédurale peut être définie en termes de compétences requises pour résoudre des problèmes en appliquant des procédures. Une

procédure consiste en une série d'étapes ou de mesures prises pour atteindre un objectif. Ces connaissances sont souvent acquises par la pratique et sont par conséquent liées à des types de problèmes spécifiques. En revanche, la connaissance conceptuelle est définie comme la connaissance des concepts, qui sont des principes abstraits et généraux [8, 9]. De toute évidence, les étudiants doivent acquérir à la fois des connaissances conceptuelles et procédurales, dans le domaine qu'ils étudient, mais la question qui surgit est la manière dont les deux types de connaissances sont liés. Les étudiants doivent se rendre compte de la façon dont la pratique s'articule avec la théorie. Lorsque les connaissances pratiques sont acquises à partir d'un apprentissage par cœur, elles seront mémorisées ou oubliées, sans être comprises [10].

Découvrir les types de connaissances que les étudiants possèdent et la manière de les articuler, est une étape essentielle pour promouvoir l'apprentissage et adapter les méthodes d'enseignement. Les connaissances novices sont vaguement organisées avec des concepts qui ne sont pas bien liés alors que les connaissances expertes sont très organisées et bien structurées [11]. Il a été démontré que l'acquisition de l'expertise dépend de la capacité de l'apprenant à établir des liens entre des structures de connaissances pratiques et des réseaux de compréhension conceptuelle [12]. Kinchin et ses collaborateurs soulignent que les enseignants doivent orienter les étudiants vers des approches d'apprentissage qui optimisent le développement de structures de connaissances expertes qui leur serviront dans la vie professionnelle [10]. L'une des illustrations qui présente les différents types de connaissances procédurales et conceptuelles intégrées dans une carte conceptuelle et les façons dont elles peuvent interagir, vient du travail de Kinchin et de ses collègues [13]. Ils ont utilisé deux cartes exemplaires pour illustrer la manière dont les étudiants peuvent diriger leur apprentissage vers l'expertise et comment cela se manifeste dans leurs cartes conceptuelles. Cette étude porte sur l'analyse des cartes conceptuelles construites par les étudiants afin de décrire l'organisation, la qualité et les types des connaissances de deux thématiques d'un cours de première année en formation dentaire et de fournir une nouvelle perspective sémantique.

6.3 Dimension sémantique de la théorie des codes de légitimation

La théorie des codes de légitimation constitue un cadre explicatif à l'analyse et à la modification des pratiques. Cette théorie développe et intègre des idées issues de diverses théories, principalement celles de Pierre Bourdieu et de Basil Bernstein. Selon Maton [14], la théorie des codes de légitimation comprend une boîte à outils conceptuelle multidimensionnelle, où chaque dimension fournit des concepts pour analyser les différents principes d'organisation sous-jacents aux pratiques. Maton a mis au point une série d'outils qui composent la théorie des codes de légitimation

[14]. Cette théorie utilise les idées bernsteiniennes de structures de connaissances horizontales et verticales. Dans notre étude, nous nous concentrons uniquement sur la dimension de la sémantique composée de la densité et de la gravité sémantiques.

La dimension sémantique est une des composantes de la théorie des codes de légitimation. Elle permet de différencier la contextualisation de la complexité. La complexité désigne le sens sous-entendu ou inclus dans une expression ou un énoncé. Il s'agit de la densité sémantique (D). La contextualisation, quant à elle, se décrit par la gravité sémantique (G) et renvoie au rôle du contexte. Pour la représenter graphiquement, cette dimension sémantique est projetée sur un plan (x,y). La variation de la complexité varie sur un axe horizontal (orienté de gauche à droite) pour exprimer l'intensité de la densité sémantique allant de la plus faible intensité D^{2-} (énoncé simple) à la densité la plus élevée D^{2+} (énoncé complexe). Le long de l'axe y, dirigé vers le bas, s'exprime la variation de la contextualisation. L'intensité (G^{2+}) représente une forte gravité sémantique (énoncé contextualisé) alors que (G^{2-}) exprime une faible gravité sémantique indiquant un énoncé plutôt abstrait. Cela délimite quatre quadrants dans lesquels Kinchin a classé les types de connaissances [13] (figure.6.1).

Les connaissances novices, situées dans le quadrant supérieur gauche, reflètent des connaissances décrivant des concepts abstraits dans des contextes très généraux. À l'opposé, le quadrant inférieur situé à droite, décrit des connaissances expertes qui associent des connaissances à la fois complexes et contextualisées. Le quadrant supérieur situé à droite, représente des connaissances théoriques qui se caractérisent par un niveau de complexité peu (ou non) contextualisé. Les connaissances pratiques - qui reflètent l'aspect procédural avec des énoncés plus contextualisés et moins complexes, se situent dans le dernier quadrant (en bas à gauche).

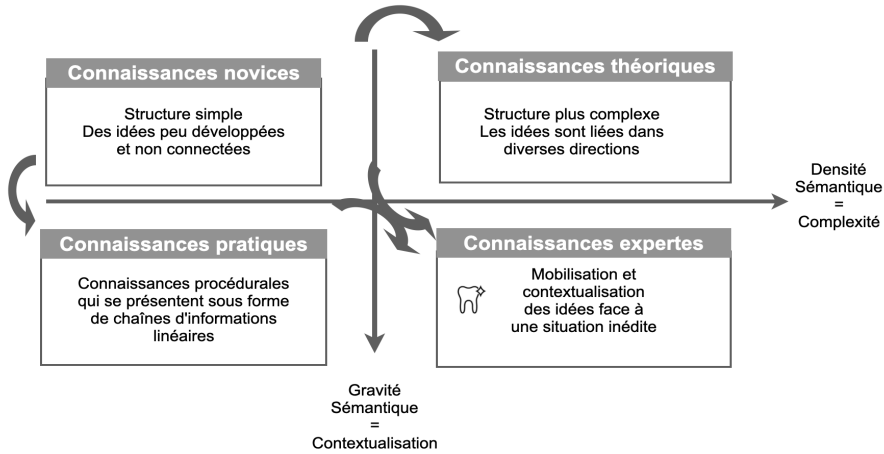
Pour promouvoir l'acquisition de connaissances expertes, les étudiants doivent réfléchir de manière structurée lorsqu'ils produisent des cartes conceptuelles tout en renforçant les liens entre le savoir pratique et la théorie. Ce processus d'apprentissage ne peut être accessible et visible qu'à l'aide d'une analyse approfondie des cartes conceptuelles.

Une manière prometteuse d'aborder ce problème consiste à explorer comment les étudiants structurent leurs connaissances et à identifier la qualité des cartes conceptuelles. À notre connaissance, aucune recherche antérieure n'a abordé un tel processus lié à l'analyse approfondie des cartes conceptuelles en combinant plusieurs approches. L'objectif de cette étude est de découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la carte conceptuelle. À cette fin, nous avons analysé des cartes conceptuelles produites par des étudiants en première année de formation dentaire, en utilisant l'approche méthodologique séquentielle présentée

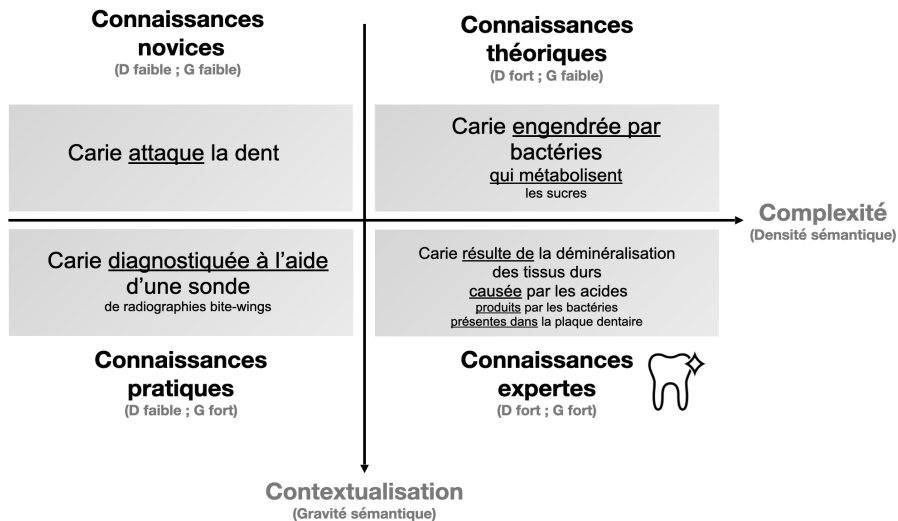
dans le chapitre précédent.

Figure 6.1 Types de connaissances classées selon la dimension sémantique

(a) Les caractéristiques des connaissances novices, théoriques, pratiques et expertes



(b) Exemples des quatre types de connaissances selon la dimension sémantique

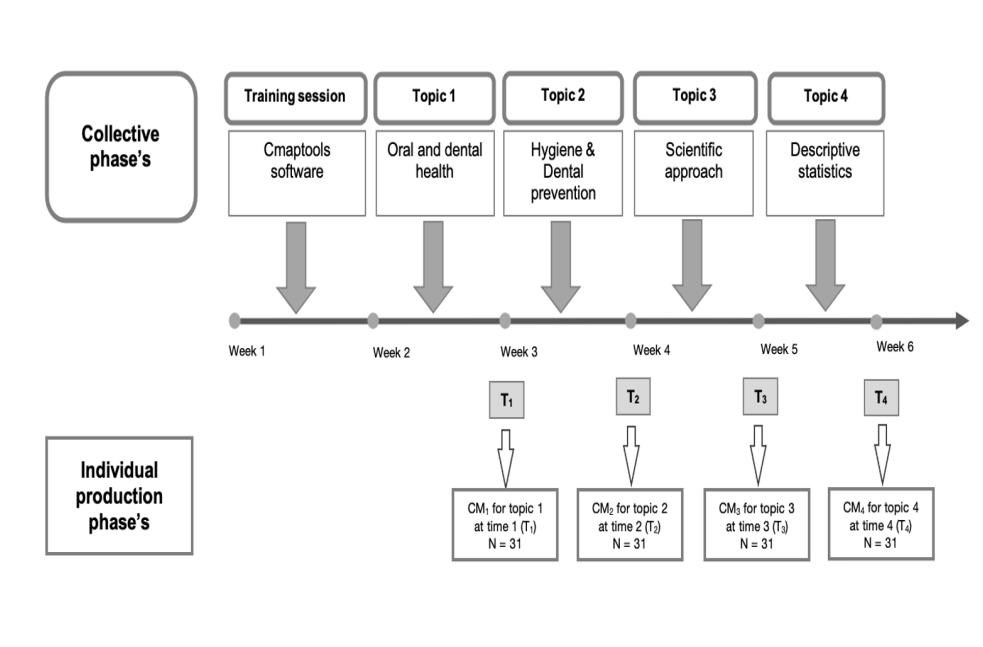


6.4 Matériels et méthode

6.4.1 Échantillon et collecte de données

Cette étude concerne quinze étudiants (10 femmes et 5 hommes) de première année en formation dentaire à l'Université catholique de Louvain en Belgique. Ils ont été choisis aléatoirement à partir de la cohorte 2018 - 2019 ($N = 32$). Leur âge moyen était de $18,9 \pm 0,9$ ans. Tous les étudiants ont suivi le cours d'éléments de statistiques appliqués à l'épidémiologie et la prévention dentaire qui comportait quatre thématiques qui sont respectivement (1) santé bucco-dentaire (SBD), (2) hygiène et prévention dentaire (HYG), (3) démarche scientifique et (4) statistiques appliquées (figure 6.2).

Figure 6.2 Collecte des cartes conceptuelles selon le protocole de l'étude 2 (chapitre 4)



Des cartes conceptuelles ont été produites à l'aide du logiciel CmapTools. Elles ont été recueillies à quatre points de mesure au cours du quadrimestre (de février à mai 2019) à la fin de chaque thématique (de T₁ à T₄). Cette étude se focalise sur 30 cartes conceptuelles recueillies aux deux premiers points de mesure T₁ et T₂ qui concernent deux thématiques cliniques alors que les points de mesure T₃ et T₄ portent sur des thématiques théoriques.

Les principales étapes de notre étude étaient les suivantes (détaillées dans le chapitre 2) :

1. Dans une leçon d'introduction de 60 minutes, tous les étudiants ont été initiés à la technique de cartographie conceptuelle et ont appris à utiliser le logiciel CmapTools. De plus, l'enseignant a fourni des exemples de cartes conceptuelles.
2. Les étudiants ont été invités, à la fin de chaque thématique, à créer une carte conceptuelle relative aux concepts abordés. Ils avaient un délai d'une semaine pour élaborer et déposer la carte conceptuelle sur la plateforme du cours.
3. Lors des séminaires, quelques étudiants ont présenté leurs cartes conceptuelles. Un moment d'interaction entre les pairs et un retour d'information de la part de l'enseignant a permis de discuter, de manière collaborative, les cartes présentées.

6.4.2 Procédure d'analyse

En utilisant l'approche méthodologique séquentielle (décrite dans le chapitre précédent), nous avons pu analyser les cartes conceptuelles des étudiants.

Premièrement, nous avons identifié la morphologie de chaque carte grâce à une reconnaissance simplifiée de la structure et la manière d'agencer les concepts (étape 1 : reconnaissance simplifiée de la morphologie). Deuxièmement, nous avons relevé les indicateurs de la qualité du contenu en dénombrant, dans chaque carte, les concepts, les concepts clés (dont le nombre attendu est égal à 20) et les propositions (étape 2 : quantification du contenu). Troisièmement, nous avons analysé la qualité du contenu en vérifiant la véracité de chaque proposition, la présence et pertinence des liens qui connectent les concepts. Outre les propositions correctes qui ont été identifiées et dénombrées, nous avons dénombré des propositions erronées et des « non propositions ».

Les propositions erronées comportaient soit des erreurs conceptuelles (fausses idées) ou bien des propositions dépourvues de sens ou avec un lien incorrect. Les dites « non propositions » correspondaient soit à deux concepts reliés directement (ex. concept 1 $\rightarrow$ concept 2) ou à des concepts liés avec un symbole non explicite (ex. concept 1 $\text{--- ?} \rightarrow$ concept 2).

Une fois que les propositions correctes étaient identifiées, elles ont été converties en leur densité sémantique et gravité sémantique. Cette analyse sémantique des cartes conceptuelles a permis de décrire les types de connaissances qui les composent. En termes de gravité sémantique G, chaque proposition est considérée par rapport à la manière dont l'étudiant a articulé le degré auquel la connaissance est

liée à un contexte particulier (G^+ ou G^{2+}) ou donne une vision plus générale (G^- ou G^{2-}) (voir le chapitre précédent). Nous avons distingué les connaissances très liées au contexte (G^{2+}) et celles qui sont moins étroitement liées (G^+) pour offrir une description plus nuancée de la qualité des connaissances. Les propositions sont également évaluées en fonction de la densité sémantique représentée par D , où les étudiants peuvent utiliser des descriptions simples et quotidiennes dans leurs explications (D^- ou D^{2-}) ou peuvent proposer des énoncés beaucoup plus complexes qui présentent une compréhension plus approfondie (D^+ ou D^{2+}). Ce faisant, chacun des quadrants du plan sémantique lui-même a quatre sous-quadrants dans lesquels les propositions peuvent être représentées, donnant jusqu'à 16 variantes à travers le plan sémantique. Une fois que chaque proposition a été traduite pour indiquer son profil sémantique ($D\pm$; $G\pm$), celui-ci est ensuite tracé sur le plan sémantique pour indiquer la plage sémantique représentée dans la carte.

Lors de l'utilisation de cette méthode, nous avons mesuré le degré de fiabilité inter-examineurs pour décider de morphologies, de type de connaissances et des intensités sémantiques dans le cadre d'une étude plus large (voir chapitre 2). Nous avons obtenu un bon voire un excellent accord entre les deux examinatrices pour la morphologie (0,88), les types de connaissances (0,94), la densité sémantique (0,75) et la gravité sémantique (0,86).

6.5 Résultats

L'application de l'approche d'analyse séquentielle nous a permis de réaliser une analyse approfondie de 30 cartes conceptuelles (deux cartes conceptuelles pour chacun des quinze participants). Nous avons examiné la qualité, le type de connaissances et la façon dont les étudiants les structurent. Plusieurs profils sémantiques ont été mis en évidence. Pour décrire nos résultats, nous allons d'abord présenter les résultats descriptifs de l'analyse des cartes par l'approche séquentielle pour les deux thématiques concernées (tableaux 6.1 et 6.2). Nous montrerons ensuite les résultats détaillés de l'analyse sémantique des 30 cartes - regroupées par morphologie révisée et qui illustrent les profils sémantiques des 15 étudiants.

6.5.1 Analyse de la morphologie des cartes par l'approche séquentielle

En appliquant l'approche séquentielle, nous avons obtenu des résultats prometteurs en analysant les cartes d'étudiants produites pour les deux premières thématiques du cours.

La première étape de cette approche séquentielle (reconnaissance simplifiée de la structure), nous a permis d'identifier les morphologies initiales des cartes. Nous avons constaté que les étudiants structurent différemment leurs connaissances et

que la structure radiale est la morphologie la plus fréquente pour la première thématique. Par contre, la morphologie initiale la plus fréquente, pour la seconde thématique, était visiblement la structure en réseau. Cette observation a été effectuée au cours de la première étape de l'approche séquentielle avant d'analyser le contenu des cartes. (tableaux 6.1 et 6.2).

En appliquant la seconde étape de l'approche séquentielle qui est une approche quantitative de nature descriptive, nous avons constaté qu'en moyenne (M), les cartes conceptuelles des étudiants de la première et la seconde thématique, comportaient respectivement $M = 56,20$ avec un écart-type (ET) égal à 6,20 et $M = 53,47$ avec ET égal à 26,65 concepts. Le nombre moyen de concepts clés retrouvé dans les cartes est respectivement 13,40 et 13,67 concepts clés. Le taux moyen des propositions correctes était de $M = 51,01\%$ avec $ET = 21,02\%$ dans les cartes de la première thématique et de $M = 59,76\%$ avec $ET = 16,67\%$ dans de la deuxième thématique.

Par ailleurs, nous avons repéré des « non propositions » et /ou des propositions erronées dans la majorité des cartes. En moyenne, 15,42 % « non propositions » ont été identifiées dans les cartes de la première thématique. De même, 13,00 % était le taux moyen des « non propositions » pour la seconde thématique. Nous avons également constaté des propositions erronées dans la majorité des cartes. Leurs taux moyens pour la première et de la seconde thématique valent respectivement 33,57 % et 26,69 % (tableaux 6.1 et 6.2).

Les tableaux 6.1 et 6.2 présentent aussi les résultats de notre analyse séquentielle des cartes à l'aide de l'approche sémantique. Celle-ci nous a permis de qualifier les connaissances des étudiants et de découvrir leurs variétés grâce aux profils sémantiques. Une fois que les propositions étaient converties pour indiquer le degré de densité sémantique et de gravité sémantique, on a pu voir qu'en moyenne 62,31 % de propositions correctes sont catégorisées en connaissances novices. Néanmoins, le taux moyen attribuée aux connaissances professionnelles était très faible pour les deux thématiques (5,02 % pour la première thématique et 8,98 % pour la seconde thématique). Les propositions correctes restantes sont réparties, en moyenne et de manière quasi-équivalente entre les connaissances théoriques et pratiques dans les cartes de la première thématique (17,08 % pour les connaissances théoriques et 15,59 % pour les connaissances pratiques). Par contre, le taux moyen attribué aux connaissances pratiques de la seconde thématique est très faible (1,67 %) contrairement à celui attribué aux connaissances théoriques (32,43 %).

La dernière étape de l'approche séquentielle nous a permis de réviser la morphologie initiale suite à la présence des « non propositions » et des propositions erronées. Nous avons considéré que la morphologie devait décrire uniquement les

propositions correctes et que les autres propositions ne devaient pas être prises en compte pour définir la structure des connaissances. Les résultats descriptifs sont présentés dans les tableaux 6.1 et 6.2. À l'issue de cette révision, nous avons constaté que le nombre de cartes radiales est passé de 15 à 7 et celui des cartes en réseau est passé de 8 à 3. Par contre, d'autres morphologies sont apparues après la révision de la morphologie telles que des structures non connectées ($N = 7$) ou non développées ($N = 5$).

Nous avons représenté, dans le plan sémantique, les intensités en densité et en gravité sémantique pour chaque étudiant (deux thématiques par étudiant). Nous avons obtenu 30 profils sémantiques que nous avons regroupés par morphologie révisée et illustrés dans les figures de 6.3 à 6.8. Les résultats obtenus indiquent une variété de profils même au sein d'une même morphologie. Néanmoins, des traits communs entre les différentes structures peuvent être relevés. Par exemple, sur toutes les cartes et indépendamment de la morphologie, une partie de propositions occupent le quadrant novice. En revanche, les quadrants qui caractérisent les connaissances pratiques ou expertes manquent manifestement de propositions. Dans toutes les cartes, des propositions ont été placées dans le quadrant des connaissances théoriques (excepté la carte CC.T1-E5). La plage sémantique indique globalement la prédominance de connaissances novices. Nous avons aussi noté la présence, parfois, de connaissances théoriques, pratiques ainsi que professionnelles à des taux intéressants, ce qui suggère un certain tissage sémantique de la part de l'étudiant. Ceci se manifeste globalement dans les cartes structurées en réseau.

Tableau 6.1 Résultats de l'analyse, par l'approche séquentielle, des cartes conceptuelles produites par quinze étudiants en formation dentaire sur la première thématique du cours (santé bucco-dentaire)

MORPHOLOGIE				APPROCHE DESCRIPTIVE					APPROCHE SEMANTIQUE							
CC.	MI	Concepts clés	Nombre de propositions	Propositions correctes	NP (%)*	LM (%)*	LNE (%)*	PE (%)*	ELS (%)*	EC (%)*	NK (%)**	TK (%)**	PK (%)**	EK (%)**	MR	
T1E1	R	38	15	38	30 (78,95%)	2	1	1	6	1	5	23,33%	56,67%	13,33%	6,67%	R
					(5,26%)	(2,63%)	(2,63%)	(15,79%)	(2,63%)	(13,16%)						
T1E2	R	49	12	51	14 (27,45%)	27	0	10	8	2	92,86%	7,14%	0,00%	0,00%	NC	
					(52,94%)	(52,94%)	(0,00%)	(19,61%)	(15,69%)	(3,92%)						
T1E3	R	57	10	56	18 (32,14%)	14	3	24	22	2	61,11%	11,11%	22,22%	5,56%	NC	
					(25,00%)	(19,64%)	(5,36%)	(42,86%)	(39,29%)	(3,57%)						
T1E4	NR	87	16	84	57 (67,86%)	17	0	17	10	7	31,58%	14,04%	50,88%	3,51%	NR	
					(20,24%)	(0,00%)	(20,24%)	(11,90%)	(8,33%)	(3,57%)						
T1E5	R	57	12	60	43 (71,67%)	0	0	17	14	3	46,51%	0,00%	44,19%	9,30%	R	
					(0,00%)	(0,00%)	(0,00%)	(28,33%)	(23,33%)	(5,00%)						
T1E6	R	28	16	30	3 (10,00%)	18	0	9	6	3	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	ND	
					(60,00%)	(60,00%)	(0,00%)	(30,00%)	(20,00%)	(10,00%)						
T1E7	R	44	10	45	26 (57,78%)	4	0	15	11	4	61,54%	11,54%	26,92%	0,00%	R	
					(8,89%)	(0,00%)	(8,89%)	(33,33%)	(24,44%)	(8,89%)						
T1E8	R	64	13	67	28 (41,79%)	0	0	39	36	3	71,43%	14,29%	14,29%	0,00%	NC	
					(0,00%)	(0,00%)	(0,00%)	(58,21%)	(53,73%)	(4,48%)						
T1E9	Cy	49	12	55	19 (34,55%)	11	8	25	15	10	68,42%	31,58%	0,00%	0,00%	C	
					(20,00%)	(14,55%)	(5,45%)	(45,45%)	(27,27%)	(18,18%)						
T1E10	R	39	15	44	26 (59,09%)	0	0	18	12	6	80,77%	15,38%	0,00%	3,85%	NC	
					(0,00%)	(0,00%)	(0,00%)	(40,91%)	(27,27%)	(13,64%)						
T1E11	R	68	15	71	45 (63,38%)	12	0	12	14	2	60,00%	8,89%	13,33%	17,78%	R	
					(16,90%)	(0,00%)	(16,90%)	(19,72%)	(16,90%)	(2,82%)						
T1E12	R	53	12	59	40 (67,80%)	0	0	19	12	7	57,50%	30,00%	0,00%	12,50%	R	
					(0,00%)	(0,00%)	(0,00%)	(32,20%)	(20,34%)	(11,86%)						
T1E13	R	74	16	78	43 (55,13%)	9	8	26	20	6	65,12%	2,33%	30,23%	2,33%	NR	
					(11,54%)	(10,26%)	(1,28%)	(33,33%)	(25,64%)	(7,69%)						
T1E14	Rés	79	20	89	65 (73,03%)	0	0	24	22	2	43,08%	24,62%	18,46%	13,85%	Rés	
					(0,00%)	(0,00%)	(0,00%)	(26,97%)	(24,72%)	(2,25%)						
T1E15	R	57	7	57	14 (24,56%)	6	3	37	30	7	71,43%	28,57%	0,00%	0,00%	NC	
					(10,53%)	(5,26%)	(5,26%)	(64,91%)	(52,63%)	(12,28%)						
Moyenne		56,20	13,40	58,93	51,01%				33,57%		62,31%	17,08%	15,59%	5,02%		
Ecart-type		16,20	3,20	16,67	21,02%				14,95 %		20,74%	15,09%	16,75%	5,86%		

MI : Morphologie initiale; MR : Morphologie révisée

R : Radiale; NR :Non réfléchie; Cy : Cycle; R Rés : Réseau ; NC : Non connectée; ND : Non développée

NP : « non proposition »; LM : proposition avec lien manquant; LNE : proposition avec lien non explicite; PE : proposition erronée; ELS : proposition avec une erreur de lien ou de sens; EC : proposition avec une erreur conceptuelle

NK : Connaissances novices; TK : Connaissances théoriques; PK : Connaissances pratiques; EK : Connaissances expertes.

* : Le taux est calculé par rapport aux nombre total de propositions dans la carte.

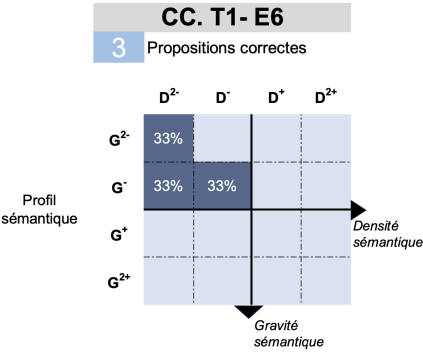
** : Le taux est calculé par rapport aux nombre de propositions correctes dans la carte.

Tableau 6.2 Résultats de l'analyse, par l'approche séquentielle, des cartes conceptuelles produites par quinze étudiants en formation dentaire sur la deuxième thématique du cours (hygiène et prévention dentaire) .

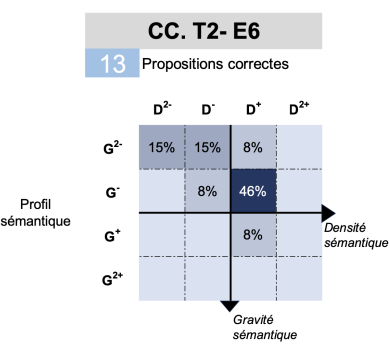
MORPHOLOGIE				APPROCHE DESCRIPTIVE						APPROCHE SEMANTIQUE					
CC.	MI	Concepts clés	Nombre de propositions	Propositions correctes	NP (%) *	LM (%) *	LNE (%) *	PE (%) *	ELS (%) *	EC (%) *	NK (%) **	TK (%) **	PK (%) **	EK (%) **	MR
T2E1	Rés	67	18	78	64 (82,05%)	4 (5,13%)	0 (0,00%)	10 (12,82%)	6 (7,69%)	4 (5,13%)	43,75%	21,88%	1,56%	32,81%	Rés
T2E2	R	46	14	47	28 (59,57%)	3 (6,38%)	0 (0,00%)	16 (34,04%)	15 (31,91%)	1 (2,13%)	64,29%	25,00%	0,00%	10,71%	R
T2E3	Cy	46	13	54	35 (64,81%)	5 (9,26%)	4 (7,41%)	14 (25,93%)	12 (22,22%)	2 (3,70%)	71,43%	20,00%	0,00%	8,57%	Cy
T2E4	R	60	11	61	35 (57,38%)	13 (21,67%)	0 (0,00%)	11 (18,03%)	10 (16,39%)	1 (1,64%)	48,57%	40,00%	0,00%	11,43%	R
T2E5	NR	83	17	99	74 (74,75%)	5 (5,05%)	0 (0,00%)	20 (20,20%)	11 (11,11%)	9 (9,09%)	66,22%	27,03%	2,70%	4,05%	NR
T2E6	Rés	26	12	33	13 (39,39%)	14 (42,42%)	3 (33,33%)	6 (9,09%)	5 (15,15%)	1 (3,03%)	38,46%	53,85%	0,00%	7,69%	ND
T2E7	Rés	54	12	60	51 (85,00%)	3 (5,00%)	0 (0,00%)	6 (10,00%)	4 (6,67%)	2 (3,33%)	31,37%	66,67%	0,00%	1,96%	Rés
T2E8	Rés	31	10	41	21 (51,22%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	20 (48,78%)	17 (41,46%)	3 (7,32%)	85,71%	14,29%	0,00%	0,00%	ND
T2E9	Rés	19	11	29	14 (48,28%)	11 (37,93%)	0 (0,00%)	4 (13,79%)	1 (3,45%)	3 (10,34%)	85,71%	14,29%	0,00%	0,00%	ND
T2E10	Rés	42	13	60	27 (45,00%)	5 (8,33%)	0 (0,00%)	28 (46,67%)	21 (35,00%)	7 (11,67%)	70,37%	29,63%	0,00%	0,00%	NC
T2E11	Cy	38	16	43	33 (76,74%)	5 (11,63%)	1 (2,33%)	5 (9,30%)	4 (11,63%)	1 (2,33%)	27,27%	48,48%	0,00%	24,24%	Cy
T2E12	NR	65	15	77	52 (67,53%)	3 (3,90%)	0 (0,00%)	22 (28,57%)	12 (15,58%)	10 (12,99%)	48,08%	34,62%	1,92%	15,38%	NR
T2E13	Rés	45	15	53	13 (24,53%)	5 (9,43%)	0 (0,00%)	35 (66,04%)	23 (43,40%)	12 (22,64%)	69,23%	30,77%	0,00%	0,00%	NC
T2E14	NR	129	18	136	90 (66,18%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	25 (25,73%)	6 (6,19%)	10 (10,34%)	47,78%	26,67%	7,78%	17,78%	NR
T2E15	R	51	10	50	27 (54,00%)	13 (26,00%)	0 (0,00%)	10 (20,00%)	0 (0,00%)	10 (20,00%)	55,56%	33,33%	11,11%	0,00%	ND
Moyenne		53,47	13,67	58,93	59,76%				26,69 %		56,92%	32,43%	1,67%	8,98%	
Ecart-type		26,65	2,74	16,67	16,67%				16,02 %		18,17%	14,65%	3,33%	10,02%	

M1 : Morphologie initiale ; **MR** : Morphologie révisée
R : Radiale ; **NR** :Non réfléchié ; **Cy** : Cycle ; **Rés** : Réseau ; **NC** : Non connectée ; **ND** : Non développée
NP : « non proposition » ; **LM** : proposition avec lien manquant ; **LNE** : proposition avec lien non explicite ; **PE** : proposition erronée ; **ELS** : proposition avec une erreur de lien ou de sens ; **EC** : proposition avec une erreur conceptuelle
NK : Connaissances novices ; **TK** : Connaissances théoriques ; **PK** : Connaissances pratiques ; **EK** : Connaissances expertes.
* : Le taux est calculé par rapport aux nombre total de propositions dans la carte.
** : Le taux est calculé par rapport aux nombre de propositions correctes dans la carte.

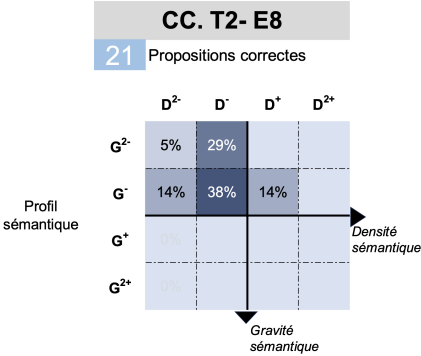
Figure 6.3 Profils sémantiques pour les cinq cartes conceptuelles dont la morphologie est « non développée ».



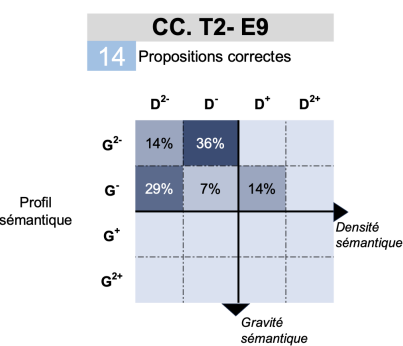
(a) Profil de l'étudiant E6 dans la carte de la thématique SBD



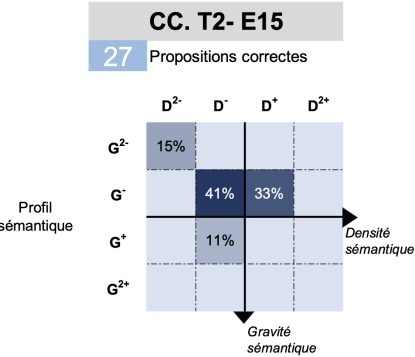
(b) Profil de l'étudiant E6 dans la carte de la thématique HYG



(c) Profil de l'étudiant E8 dans la carte de la thématique HYG

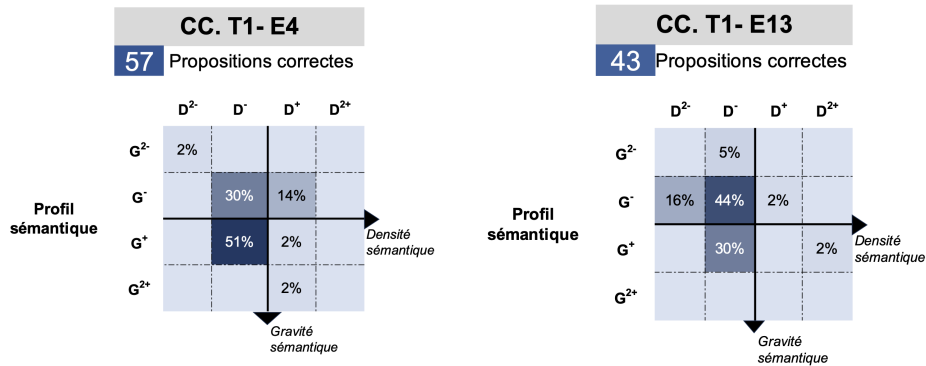


(d) Profil de l'étudiant E9 dans la carte de la thématique HYG

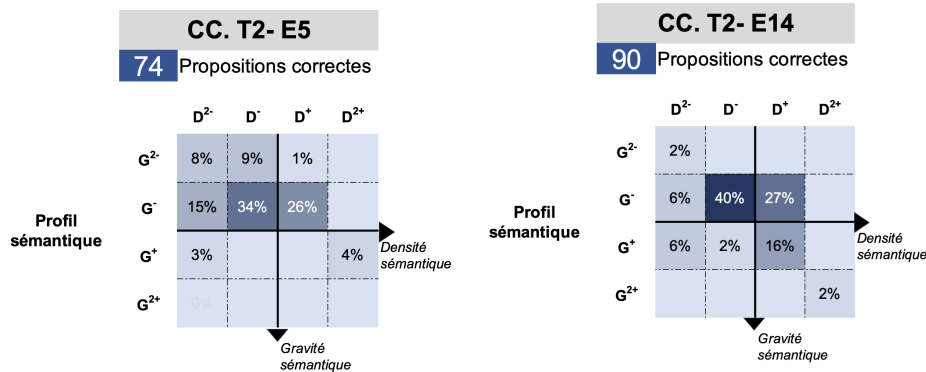


(e) Profil de l'étudiant E15 dans la carte de la thématique HYG

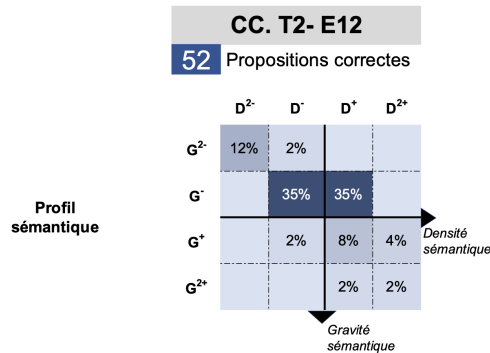
Figure 6.4 Profils sémantiques pour les cinq cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « non réfléchie »



(a) Profil de l'étudiant E4 dans la carte de la thématique SBD (b) Profil de l'étudiant E13 dans la carte de la thématique SBD

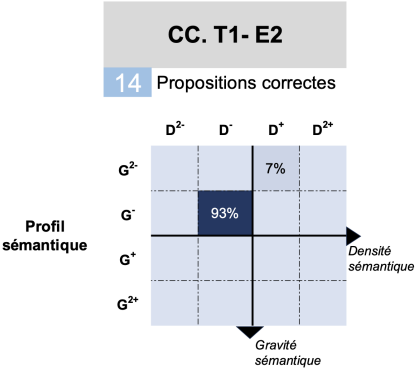


(c) Profil de l'étudiant E5 dans la carte de la thématique HYG (d) Profil de l'étudiant E14 dans la carte de la thématique HYG

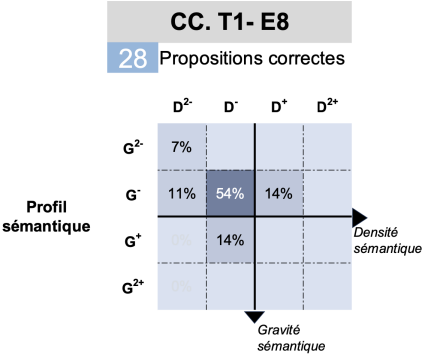
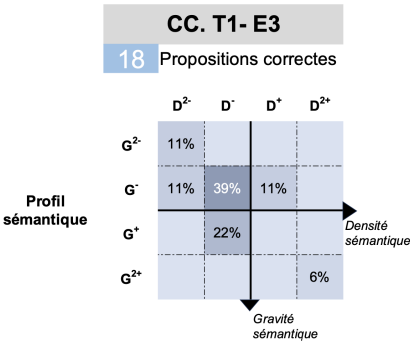


(e) Profil de l'étudiant E12 dans la carte de la thématique HYG

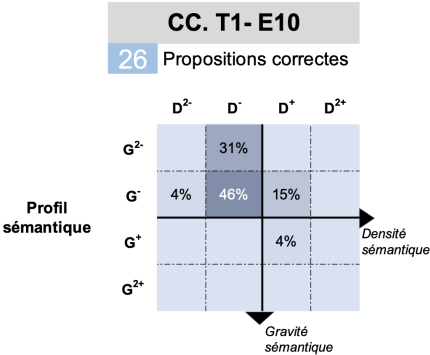
Figure 6.5 Profils sémantiques pour les sept cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « non connectée »



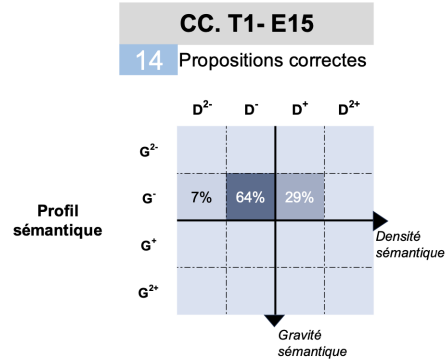
(a) Profil de l'étudiant E2 dans la carte de la thématique SBD



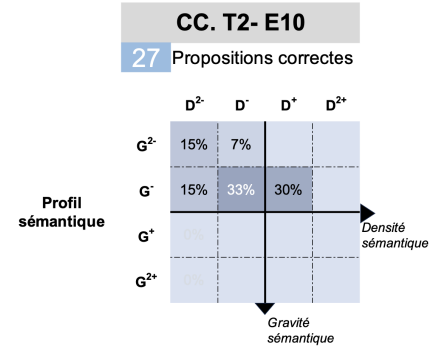
(b) Profil de l'étudiant E3 dans la carte de la thématique SBD (c) Profil de l'étudiant E8 dans la carte de la thématique SBD



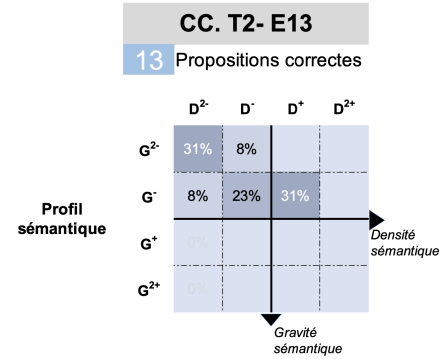
(d) Profil de l'étudiant E10 dans la carte de la thématique SBD



(e) Profil de l'étudiant E15 dans la carte de la thématique SBD

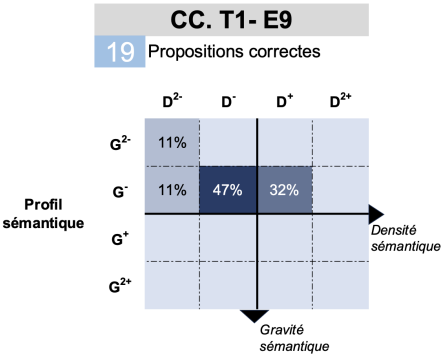


(f) Profil de l'étudiant E10 dans la carte de la thématique HYG

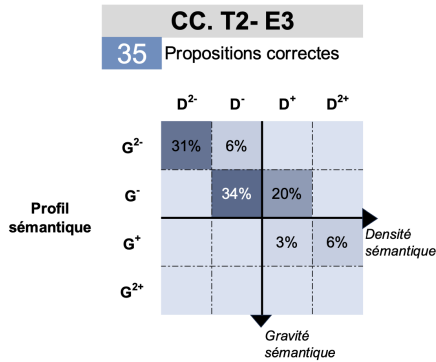


(g) Profil de l'étudiant E13 dans la carte de la thématique HYG

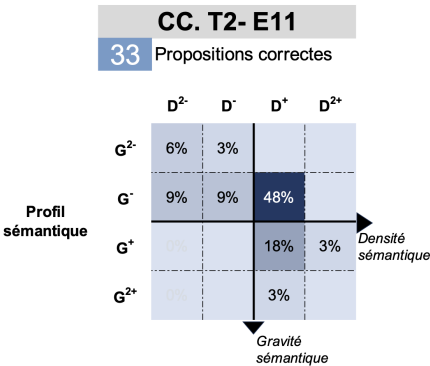
Figure 6.6 Profils sémantiques pour les trois cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « cyclique »



(a) Profil de l'étudiant E9 dans la carte de la thématique SBD

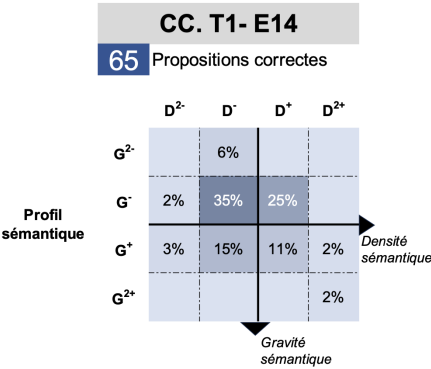


(b) Profil de l'étudiant E3 dans la carte de la thématique HYG

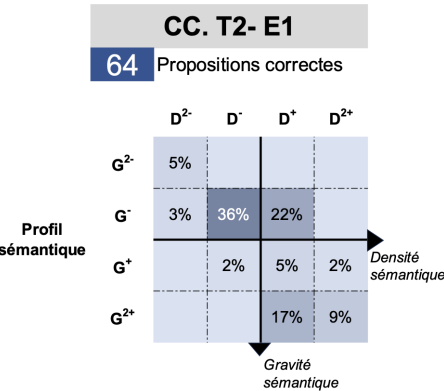


(c) Profil de l'étudiant E11 dans la carte de la thématique HYG

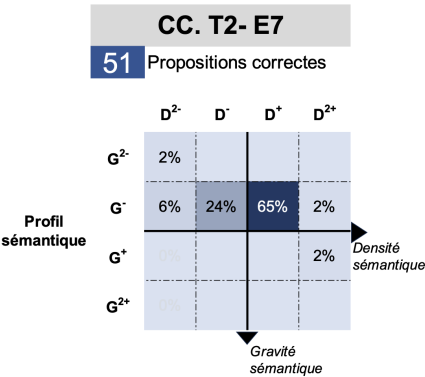
Figure 6.7 Profils sémantiques pour les trois cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « en réseau »



(a) Profil de l'étudiant E14 dans la carte de la thématique SBD

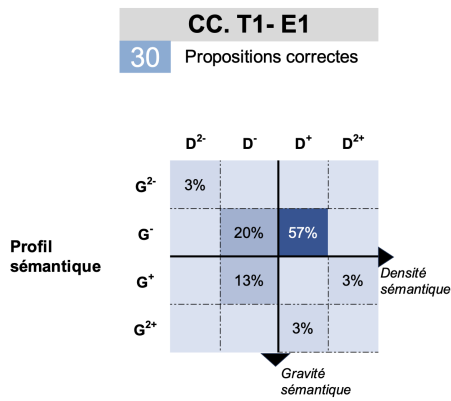


(b) Profil de l'étudiant E3 dans la carte de la thématique HYG

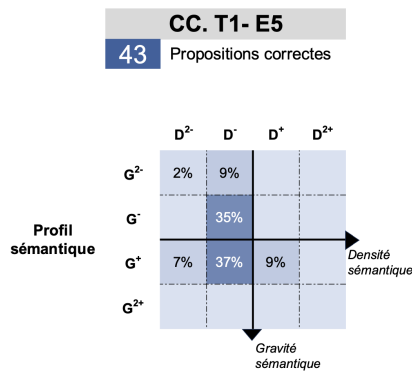


(c) Profil de l'étudiant E7 dans la carte de la thématique HYG

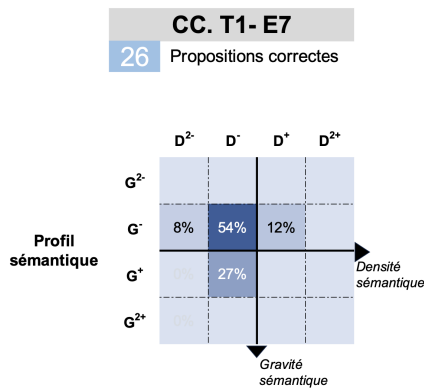
Figure 6.8 Profils sémantiques pour les sept cartes conceptuelles qui représentent les deux thématiques (SBD et HYG) et dont la morphologie est « radiale »



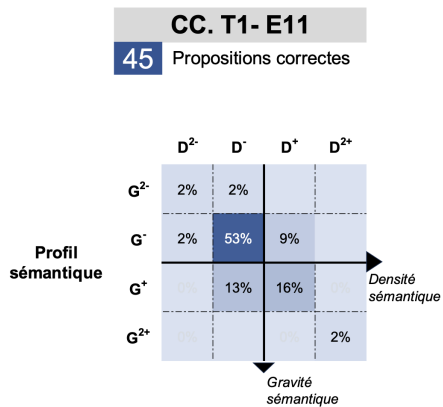
(a) Profil de l'étudiant E1 dans la carte de la thématique SBD



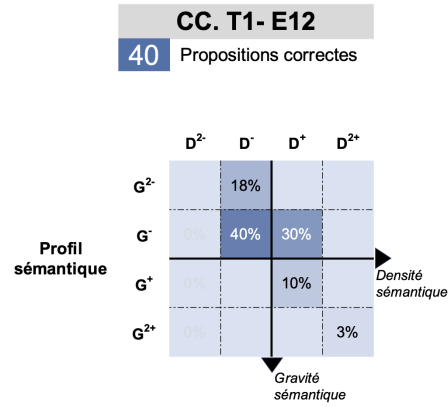
(b) Profil de l'étudiant E5 dans la carte de la thématique SBD



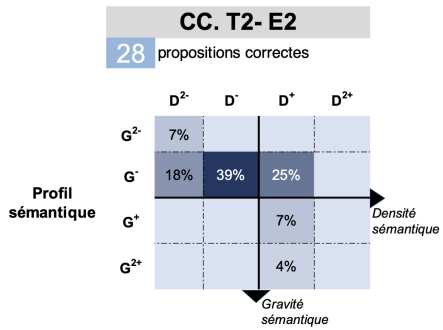
(c) Profil de l'étudiant E7 dans la carte de la thématique SBD



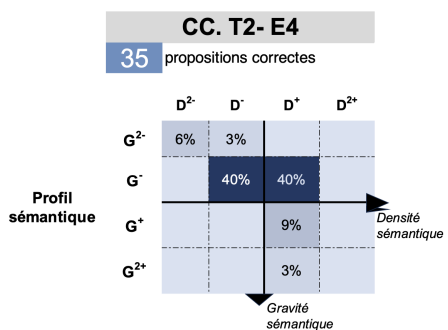
(d) Profil de l'étudiant E11 dans la carte de la thématique SBD



(e) Profil de l'étudiant E15 dans la carte de la thématique SBD



(f) Profil de l'étudiant E2 dans la carte de la thématique HYG



(g) Profil de l'étudiant E4 dans la carte de la thématique HYG

6.6 Discussion

Le but de cette étude était de découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la carte conceptuelle. Pour cela, nous avons appliqué l'approche méthodologique séquentielle pour réaliser une analyse approfondie de 30 cartes conceptuelles générées par 15 étudiants pour les deux thématiques. De plus, nous avons utilisé la dimension sémantique de la théorie des codes de légitimation comme cadre théorique pour illustrer les profils sémantiques des étudiants et expliciter qualitativement les types et la qualité des connaissances qui doivent être connectées entre elles pour initier l'apprentissage vers le niveau d'expertise visé.

Nous avons d'abord identifié la structure des connaissances par reconnaissance simplifiée de la morphologie (morphologie initiale). Bien que Kinchin suggère une approche simplifiée pour reconnaître les différentes morphologies des cartes conceptuelles [15], l'analyse du contenu d'une carte conceptuelle apporte des éléments précieux sur le processus d'apprentissage. Les structures répertoriées n'étaient pas toujours représentatives de la qualité du contenu, ce qui laisse supposer que l'analyse morphologique par reconnaissance simplifiée représentait un visuel imprécis.

Deuxièmement, nous avons continué notre analyse avec l'approche descriptive - la seconde étape de l'approche séquentielle, basée sur le dénombrement des éléments qui composent une carte conceptuelle. Les concepts sont des unités fondamentales de la carte conceptuelle. Ils s'assemblent entre eux pour former des unités de connaissances, nommées les propositions [16]. Dans leur ouvrage, Novak et Gowin [17] définissent une proposition comme étant « deux énoncés de concepts ou plus reliés entre eux par des mots pour former une unité sémantique (p. 15) ». Cette étape de l'analyse nous a permis de mettre en exergue des « non propositions » et des propositions erronées en plus des propositions correctes.

D'une part, la mise en relation des concepts est une difficulté que les étudiants rencontrent lors de l'élaboration de la carte conceptuelle. C'est en effet une étape importante qui permet de savoir la nature et le sens que l'étudiant a donné à l'information. L'attribution d'un mot de liaison n'est pas une tâche neutre ; elle détermine le type de connaissances que l'étudiant a acquis ou a développé. Il n'est pas rare que les lacunes conceptuelles soient à l'origine de cette absence de liens ou de l'attribution d'un lien non explicite aux dites « non propositions ». L'absence de liens explicites entre les concepts reflète que l'apprentissage est superficiel [18]. Ainsi, la conception d'activités d'enseignement permettant de remédier à ces lacunes devient un aspect important du travail des enseignants.

D'autre part, l'identification des fausses conceptions a été une préoccupation centrale dans plusieurs travaux de recherche [19, 20]. Cette analyse a révélé que

les cartes des étudiants ne comprenaient pas que des propositions correctes mais qu'il y avait aussi des propositions erronées et que les étudiants ont rencontré des difficultés à relier les concepts entre eux. À partir de l'analyse descriptive des cartes conceptuelles, il est possible pour les enseignants d'évaluer et de suivre les apprentissages, ce qui, idéalement, permet de rectifier les conceptions fausses et d'apporter une rétroaction efficace [21].

Outre les mesures descriptives, l'analyse du degré de densité sémantique et de gravité sémantique dans l'analyse des cartes conceptuelles ouvre de nouvelles perspectives et de nouveaux défis pour la communauté des chercheurs. Elle permet d'identifier le type de connaissances, d'esquisser les profils sémantiques des étudiants et de repérer ce qui est «encore à savoir» [13, 22]. En considérant que les cartes conceptuelles sont composées de différents types de connaissances, notre analyse a permis de mettre en évidence les connaissances prédominantes et de dévoiler la répartition des quatre types de connaissances sur un plan sémantique. L'image obtenue reflète le profil sémantique de l'étudiant.

Dans la plupart des disciplines scientifiques, en particulier la formation médicale, il existe une coexistence de connaissances conceptuelles et procédurales qui peuvent être identifiées par la cartographie conceptuelle [7]. La capacité à tisser des liens entre ces connaissances donne lieu à des connaissances expertes qui peuvent contribuer à l'évolution de l'apprentissage de l'étudiant et le mener vers un statut d'expert dans son domaine. L'absence de cette articulation est exprimée par « l'écart théorie-pratique » comme l'a décrit Kinchin [10] :

« L'écart théorie-pratique est universellement considéré comme une entité négative (notamment dans la formation professionnelle) dans laquelle les connaissances ne parviennent pas à interagir de manière positive pour contribuer au développement de connaissances professionnelles ».

(Texte en anglais traduit en français)

Une variété dans la sémantique des propositions et des liens au sein d'une structure de connaissances a été observée dans toutes les cartes. Nous avons d'ailleurs pu constater l'hétérogénéité de la qualité des connaissances acquises par les étudiants. Nos résultats sont cohérents avec ceux de Kinchin [13] qui stipule qu'au début de la formation universitaire, la qualité des connaissances acquises par les étudiants est variable même lorsqu'elle concerne la même thématique. La prédominance des connaissances novices au début du parcours universitaire pourrait s'expliquer, comme le signalent Kelly-Laubscher et Luckett [23], par les différences de structurations des savoirs qui existent entre l'enseignement secondaire et l'en-

seignement universitaire. Les étudiants pourraient se limiter à un apprentissage superficiel qui empêche l'enrichissement des connaissances.

En résumé, l'analyse des cartes conceptuelles, à l'aide de l'approche séquentielle, permet aux enseignants de découvrir l'organisation ainsi que la qualité des connaissances des étudiants. Par exemple, la structure en réseau a été considérée par Salmon et Kelly [24] comme un indicateur d'expertise adaptative puisqu'elle offre de nombreux parcours à travers le contenu et invite à sa ré-interprétation. La révision de la morphologie nous a permis de constater que la structure en réseau a été peu présente dans les morphologies identifiées. Alors que les étudiants doivent créer des connexions entre les connaissances, les cartes montrent qu'ils sont potentiellement restés sur un niveau de compréhension superficielle. Les autres morphologies indiquent généralement une compréhension novice.

Le grand degré de variation dans la sémantique des propositions et des liens utilisés fournit une idée sur la qualité des connaissances et une visualisation de la manière dont les étudiants les structurent selon divers profils sémantiques. À titre d'exemple, une grande gamme sémantique au sein d'une structure de connaissances présente une meilleure compréhension des concepts et une articulation entre la théorie et la pratique, ce qui suggère un certain tissage sémantique de la part de l'étudiant [13]. En plus de montrer que la structuration des connaissances reflète le degré d'acquisition des connaissances expertes, les résultats de cette étude fournissent de nouvelles preuves importantes que les étudiants novices manquent de connaissances pratiques et que les étudiants ont tendance à améliorer leurs connaissances théoriques mais ne renforcent pas les liens avec la pratique.

Ces résultats sont remarquables étant donné qu'ils mettent l'accent sur l'importance de combler l'écart entre la théorie et la pratique. Malgré que le contenu du cours se constitue des deux types de connaissances, les étudiants semblent avoir présenté majoritairement des connaissances novices ou théoriques. Une explication possible de ces résultats est que les étudiants accordent la priorité à la mémorisation du contenu. Autrement dit, les étudiants peuvent plus facilement représenter les connaissances théoriques mais ils ne cherchent pas à les contextualiser.

Enfin, cette étude a analysé les connaissances des deux premières thématiques d'un cours de première année en formation dentaire. Il peut y avoir d'autres différences dans les structures de connaissances des autres thématiques du cours qui n'ont pas été relevées. La présente étude a mis en évidence uniquement les profils sémantiques des étudiants regroupées par thématique. L'analyse serait renforcée par l'inclusion de toutes les thématiques du cours ainsi qu'une analyse de l'évolution des profils sémantiques des étudiants au cours du temps.

6.7 Conclusion

Afin de fournir un enseignement efficace, il est important que les connaissances des étudiants soient identifiées. L'analyse des cartes conceptuelles donne accès aux structures cognitives et nous aide à mieux comprendre la manière dont les étudiants structurent leurs connaissances. Cela nous permettra d'identifier les lacunes et les erreurs conceptuelles pédagogiques les plus récurrentes au cours du processus d'apprentissage. Nous suggérons également l'exploration de la dimension sémantique dans l'analyse des cartes pour détecter les profils des étudiants et repérer la présence (ou l'absence) des liens à tisser entre la théorie et la pratique. Ce diagnostic permettra de mesurer l'ampleur de l'écart entre les connaissances théoriques et pratiques et pourrait aider l'enseignant à mettre en place des interventions pour y remédier.

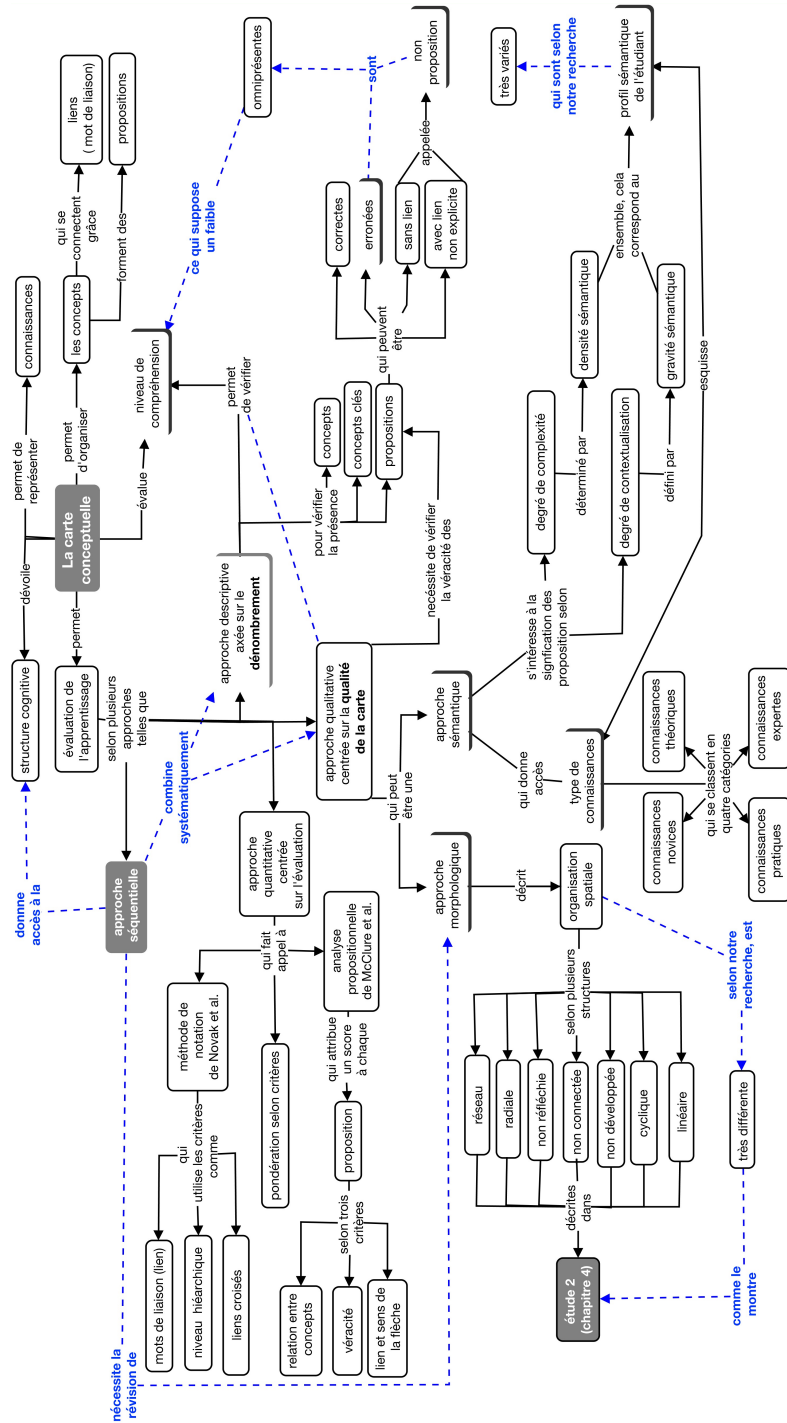
Bibliographie

- [1] Joseph Novak and Alberto J Cañas. The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization*, 5 (3) :175–184, 2006. ISSN 1473-8716, 1473-8724. doi : 10.1057/palgrave.ivs.9500126.
- [2] David Hay, Ian M. Kinchin, and Simon Lygo-Baker. Making learning visible : The role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33(3) :295–311, 2008. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070802049251.
- [3] Dario Torre, Deborah German, Barbara Daley, and David Taylor. Concept mapping : An aid to teaching and learning : AMEE Guide No. 157. *Medical Teacher*, 45(5) :455–463, 2023. ISSN 0142-159X. doi : 10.1080/0142159X.2023.2182176.
- [4] Katherine M. Edmondson. Chapter 2 - Assessing science understanding through concept maps. In Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak, editors, *Assessing Science Understanding*, Educational Psychology, pages 15–41. Academic Press, Burlington, 2005. doi : 10.1016/B978-012498365-6/50004-4.
- [5] Els Van Zele, Josephina Lenaerts, and Willem Wieme. Improving the usefulness of concept maps as a research tool for science education. *International Journal of Science Education*, 26(9) :1043–1064, 2004. ISSN 0950-0693. doi : 10.1080/1468181032000158336.
- [6] Richard J. Shavelson, Maria Araceli Ruiz-Primo, and Edward W. Wiley. Windows into the mind. *High Educ*, 49(4) :413–430, 2005. ISSN 1573-174X. doi : 10.1007/s10734-004-9448-9.
- [7] Ian M. Kinchin. Enhancing the Quality of Concept Mapping Interventions in Undergraduate Science. In Joel J. Mintzes and Emily M. Walter, editors, *Active Learning in College Science : The Case for Evidence-Based Practice*, pages 107–119. Springer International Publishing, Cham, 2020. ISBN 978-3-030-33600-4. doi : 10.1007/978-3-030-33600-4_8.
- [8] Katherine H. Canobi. Concept–procedure interactions in children’s addition and subtraction. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102(2) :131–149, 2009. ISSN 0022-0965. doi : 10.1016/j.jecp.2008.07.008.
- [9] Bethany Rittle-Johnson, Michael Schneider, and Jon R. Star. Not a One-Way Street : Bidirectional Relations Between Procedural and Conceptual Knowledge of Mathematics. *Educ Psychol Rev*, 27(4) :587–597, 2015. ISSN 1573-336X. doi : 10.1007/s10648-015-9302-x.

- [10] Ian M. Kinchin, Naomi E. Winstone, and Emma Medland. Considering the concept of recipience in student learning from a modified Bernsteinian perspective. *Studies in Higher Education*, 46(11) :2296–2308, November 2021. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075079.2020.1717459.
- [11] María Araceli Ruiz-Primo. On the Use Of Concept Maps As An Assessment Tool in Science : What We Have Learned so Far. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1) :29–53, 2000.
- [12] Ian M. Kinchin and B. Cabot. Reconsidering the dimensions of expertise : From linear stages towards dual processing. *London Review of Education*, 8 (2) :153–166, 2010.
- [13] Ian M. Kinchin, Aet Möllits, and Priit Reiska. Uncovering types of knowledge in concept maps. *Education Sciences*, 9(2) :131, 2019. ISSN 2227-7102. doi : 10.3390/educsci9020131.
- [14] Karl Maton. *Knowledge and Knowers : Towards a Realist Sociology of Education*. Routledge, Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, 2014. ISBN 978-0-415-47999-8.
- [15] Ian M. Kinchin. A ‘species identification’ approach to concept mapping in the classroom. *Journal of Biological Education*, 54(1) :108–114, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1546763.
- [16] Maxim Morin. *Expérimentation de la cartographie conceptuelle comme dispositif de collecte de données en vue de l’évaluation des apprentissages*. PhD thesis, Université de Montréal, 2019.
- [17] Joseph D. Novak and D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. ISBN 978-0-521-31926-3. doi : 10.1017/CBO9781139173469.
- [18] David B. Hay. Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32(1) :39–57, 2007. ISSN 0307-5079. doi : 10.1080/03075070601099432.
- [19] Amy G. Briggs, Stephanie K. Morgan, Seth K. Sanderson, Molly C. Schulting, and Laramie J. Wieseman. Tracking the Resolution of Student Misconceptions about the Central Dogma of Molecular Biology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3) :339–350, 2016. doi : 10.1128/jmbe.v17i3.1165.
- [20] Ian M. Kinchin. Revisiting students’ scientific misconceptions. *Journal of Biological Education*, 53(4) :349–349, 2019. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2019.1628535.

- [21] Cristiane Tolentino Machado and Ana Amélia Carvalho. Concept mapping : Benefits and challenges in higher education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 68(1) :38–53, 2020. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2020.1712579.
- [22] Ian M. Kinchin. *Visualising Powerful Knowledge to Develop the Expert Student : A Knowledge Structures Perspective on Teaching and Learning at University*. Sense Publishers, The Netherlands, 2016. ISBN 978-94-6300-627-9.
- [23] Roisin F. Kelly-Laubscher and Kathy Lockett. Differences in Curriculum Structure between High School and University Biology : The Implications for Epistemological Access. *Journal of Biological Education*, 50(4) :425–441, 2016. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2016.1138991.
- [24] Diane Salmon and Melissa Kelly. *Using Concept Mapping to Foster Adaptive Expertise : Enhancing Teacher Metacognitive Learning to Improve Student Academic Performance*. New York : Peter Lang, New York, 2015. ISBN 978-1-4541-9878-9.

Figure 6.9 Carte conceptuelle qui présente le chapitre : découvrir la qualité et les types de connaissances à travers la carte conceptuelle



PARTIE III

7

Discussion générale

Ce dernier chapitre fait un retour sur chacune des études décrites dans la partie empirique en faisant ressortir les principales conclusions de la recherche. Il propose également deux réflexions à l'égard de l'objet de recherche : une première réflexion concernant les stratégies d'enseignement qui s'associent avec la cartographie conceptuelle, une seconde réflexion au sujet des facteurs intrinsèques et extrinsèques auxquels l'enseignant doit être attentif en intégrant la carte conceptuelle comme activité pédagogique. Les limites, les implications et quelques pistes de recherches potentielles seront également proposées. Ce chapitre se termine avec une conclusion générale.

LE recours à la cartographie conceptuelle pour l'enseignement et l'apprentissage s'est considérablement développé au cours des dernières décennies. La recherche à ce sujet a progressé à travers une variété de domaines et a enrichi la compréhension et l'utilisation des cartes conceptuelles en tant qu'activité d'apprentissage.

Afin d'orienter la recherche vers un nouvel angle susceptible de renforcer davantage les atouts de cette activité cognitive, cette thèse s'est intéressée à la cartographie conceptuelle en tant que dispositif pédagogique de soutien au développement d'habiletés cognitives et en tant qu'activité cognitive qui permet d'explorer la qualité des connaissances.

Les recherches qui ont été menées ont permis d'examiner l'intérêt de la cartographie conceptuelle en formation dentaire, la qualité des structures cognitives des étudiants ainsi que les facteurs qui les influencent. Elles présentent également une méthodologie séquentielle qui combine trois approches classiques afin de réaliser une analyse approfondie des cartes conceptuelles.

Dans cette dernière partie, nous allons discuter les résultats obtenus autour de deux grands axes de réflexion. Le premier axe discute de l'intérêt d'allier la cartographie conceptuelle à d'autres stratégies d'enseignement pour optimiser son utilité pédagogique. Le second axe nous invite à prendre du recul sur la carte conceptuelle comme activité pédagogique ainsi que sur les facteurs intrinsèques et extrinsèques dont il convient de tenir compte. En prenant en considération les limites de ce travail et en utilisant ces deux axes de réflexion, nous proposons une série de recommandations aux apprenants, aux enseignants et aux chercheurs. Ces recommandations s'appuient notamment sur les résultats de cette recherche. En effet, ces recommandations peuvent en partie enrichir les recherches portant sur l'utilité de la cartographie conceptuelle.

7.1 Retour sur les principaux résultats

7.1.1 Retour sur la première étude

La première étude de cette recherche a concerné l'intérêt de la cartographie conceptuelle, comme stratégie de soutien à l'apprentissage, dans le cadre de dispositifs pédagogiques en formation dentaire. Cette activité cognitive favorise l'apprentissage significatif comme en témoigne son application à différents niveaux d'enseignement [1–4]. Pour cette raison, ce travail a choisi d'examiner les effets de la participation aux ateliers de cartographie ainsi que la qualité de la carte en lien avec les performances des étudiants. Des ateliers facultatifs ont été proposés

et la production d'une carte conceptuelle à l'examen a fait l'objet d'une analyse quantitative. Les mesures effectuées ont mis en évidence des effets positifs sur les performances académiques des étudiants à court et à moyen terme. Mais, d'autres facteurs tels que l'historique académique, les performances antérieures et la thématique - à partir de laquelle la carte a été réalisée, sont aussi des facteurs associés à ces performances.

La cartographie conceptuelle est une activité cognitive associée à une compréhension approfondie. 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 et l'apprentissage collaboratif qui augmentent les bénéfices de la carte conceptuelle [5–7].

En plus des associations observées entre les performances académiques des étudiants et la qualité de la carte conceptuelle produite à l'examen, cette étude a permis d'observer quelques défis à relever comme l'exploitation plus approfondie du contenu de chaque carte. Cette première étude appelle évidemment à approfondir la réflexion sur la qualité des cartes conceptuelles et en particulier sur l'analyse d'autres cartes qui représentent différents sujets.

7.1.2 Retour sur la deuxième étude

La seconde étude de cette recherche a porté sur la qualité des structures cognitives des étudiants de première année et les facteurs qui les influencent. En formation dentaire, plusieurs études suggèrent que les cartes conceptuelles aident les étudiants à une expertise en résolution de problèmes et en prise de décisions [8, 9].

Toutefois, il est important d'explorer davantage la qualité des cartes pour identifier efficacement les difficultés des étudiants dans la structuration de leurs connaissances et pour comprendre comment ils les structurent. Dans cette seconde étude, 31 étudiants ont créé et soumis leurs cartes conceptuelles concernant quatre thématiques de cours. Deux examinatrices ont analysé les morphologies et le contenu des cartes afin de déterminer comment les étudiants ont organisé leurs connaissances, si leurs représentations se sont améliorées avec le temps, ainsi que l'impact de la thématique sur la qualité des cartes.

Les résultats de cette étude ont montré que les étudiants ont structuré leurs connaissances différemment d'une carte conceptuelle à l'autre. Cette différence pourrait être expliquée par un effet d'apprentissage lié à l'appropriation de la cartographie. Les étudiants améliorent la structuration de leurs connaissances à mesure qu'ils s'habituent à créer les cartes. Cependant, cet effet d'apprentissage

a été modéré par l'effet de thématique. Il est possible que la qualité de la carte conceptuelle soit influencée par la thématique à représenter. Certaines thématiques se présentent facilement, contrairement à d'autres. En d'autres termes, l'élaboration des cartes conceptuelles nécessite du temps pour assimiler et s'approprier les connaissances, mais peut être influencée par la nature du sujet à cartographier.

La deuxième étude a présenté des résultats prometteurs et nous a incités à mener une nouvelle étude plus approfondie pour expliquer cette différence dans les structures des cartes et nous aider à déterminer la nature des connaissances cartographiées.

7.1.3 Retour sur la troisième étude

La troisième étude de ce projet de recherche a été mise au point pour répondre à un besoin particulier en vue des réflexions rencontrées lors de l'étude précédente. L'objectif de cette étude a été la mise en place d'une méthodologie combinée et séquentielle pour réaliser une analyse approfondie des cartes produites par les étudiants. Généralement, une carte conceptuelle est analysée à l'aide des approches suivantes : l'approche morphologique basée sur la reconnaissance simplifiée de la structure d'une carte ou l'approche descriptive - issue de l'analyse quantitative, qui dénombre les éléments constitutifs d'une carte ou encore l'approche sémantique qui détermine le type et la qualité des connaissances. Prises de manière isolée, ces approches ne révèlent pas nécessairement tous les éléments susceptibles d'orienter l'étudiant dans son apprentissage et d'éclairer l'enseignant quant à la qualité des connaissances acquises. Aucune étude ne s'est penchée sur une association de ces approches pour réaliser une analyse approfondie des cartes conceptuelles.

Dans cette perspective, la troisième étude a exploré une nouvelle approche d'analyse des cartes conceptuelles, fondée sur la combinaison de trois approches et appliquée séquentiellement. Cette approche a mis en exergue la structure « révisée » d'une carte conceptuelle en prenant en considération la qualité du contenu et la richesse sémantique des connaissances. Six cartes conceptuelles, produites par les étudiants de première année en formation dentaire, ont été analysées.

L'analyse des cartes au moyen des approches classiques ne fournit qu'une partie de l'information. L'approche morphologique fournit un premier aperçu de la qualité de la carte. L'approche descriptive renseigne sur la richesse du contenu en termes de concepts, de concepts-clés et de propositions. Cela dit, cette approche doit être accompagnée d'une analyse plus détaillée tenant compte de la qualité du contenu et de la dimension sémantique des propositions. Une identification simplifiée de la morphologie peut ignorer les propositions erronées et les « non propositions ». Il en résulte que l'enseignant risque d'avoir une image imprécise des connaissances.

Cette étude a permis d'observer certains défis à chacune des approches classiques et a proposé une nouvelle approche qui, à notre avis, offre une vision plus précise de ce que l'étudiant a acquis ou de ce qui reste à acquérir. Ces résultats nous ont amenés à réaliser la quatrième étude en vue d'appliquer l'approche séquentielle à un échantillon plus important et d'en tirer des résultats supplémentaires.

7.1.4 Retour sur la quatrième étude

La dernière étude de la thèse a mis l'accent sur la qualité et les types de connaissances à travers la cartographie conceptuelle. Comme il a été mentionné dans l'étude précédente, l'analyse des cartes conceptuelles fait appel à des approches classiques qui apportent, chacune, des éléments intéressants mais pas suffisants pour révéler la qualité des connaissances.

La qualité des connaissances a été explorée sous un autre angle en identifiant la structure des cartes à l'aide du modèle proposé par Kinchin [10] et complétée par la morphologie « non connectée » que nous avons mise en évidence dans notre seconde étude. Pour les données descriptives du contenu, nous avons énuméré les éléments qui constituent une carte conceptuelle et souligné les différentes catégories de propositions.

Plus particulièrement, cette étude a abordé la richesse sémantique de chaque proposition dans une carte conceptuelle. Nous avons appliqué l'approche séquentielle, décrite dans la troisième étude, sur trente cartes produites par quinze étudiants qui ont cartographié les deux premières thématiques d'un cours. Comme il a été mentionné dans l'étude, l'application des méthodes d'analyse classiques, de façon isolée, ne fournit pas suffisamment de données probantes sur la structure et la qualité des connaissances. L'approche mise en œuvre a en effet permis d'identifier et de prendre en considération les connaissances erronées lors de l'analyse descriptive du contenu des cartes (en moyenne 33,57 % pour la première thématique et 26,69 % pour la seconde thématique).

Considérant les profils sémantiques esquissés à l'issue de l'analyse de chaque carte, il est raisonnable de penser que les cartes conceptuelles ont dévoilé un niveau de connaissances novices. Par ailleurs, il semble que les étudiants ne sont pas parvenus à établir des liens entre les connaissances pratiques et théoriques.

En effet, la quatrième étude a répondu également à son objectif : grâce à l'analyse approfondie des cartes conceptuelles, nous avons pu avoir accès à la structuration, la qualité et les types de connaissances des étudiants. En somme, la carte conceptuelle donne à chaque étudiant la possibilité de donner le sens et de trouver les liens entre les concepts, de promouvoir la compréhension et de détecter les lacunes conceptuelles.

Les cartes conceptuelles peuvent être utilisées dans les méthodes d'enseignement afin de permettre aux apprenants de réfléchir à leurs propres structures cognitives dans un environnement d'apprentissage approprié [11].

7.2 Comment intégrer la cartographie conceptuelle dans un environnement d'apprentissage ?

La cartographie conceptuelle permet de soutenir l'apprentissage significatif en classe et aide les étudiants à représenter et visualiser leurs structures cognitives. Cela dit, comme pour toute autre méthode pédagogique, les enseignants doivent allier cette activité d'apprentissage à d'autres stratégies d'enseignement. De plus, l'utilisation de cartes conceptuelles devrait faire partie intégrante de la conception du programme et être alignée sur ses objectifs pour améliorer l'enseignement (alignement constructif) [3, 12]. Cette section revient sur l'intérêt d'articuler la cartographie conceptuelle avec d'autres stratégies d'enseignement afin d'optimiser son potentiel pédagogique.

7.2.1 Allier la cartographie à l'apprentissage collaboratif

La structuration du savoir résulte autant de la capacité de l'étudiant à organiser ce qu'il a appris que de son expérience. Kinchin et ses collaborateurs suggèrent que l'élaboration collaborative des cartes conceptuelles favorise l'échange d'informations et renforce la vision socio-culturelle de l'apprentissage [13]. La qualité de structuration des connaissances varie d'une thématique à l'autre. Pour une même thématique, un apprentissage collaboratif pourrait renforcer les lacunes de certains étudiants grâce aux informations apportées par d'autres. Cet environnement d'apprentissage donne l'opportunité aux étudiants d'apprendre avec les pairs et de renforcer ainsi l'apprentissage socio-cognitif.

Dans le même ordre d'idée, Roth a suggéré qu'à travers les cartes conceptuelles collaboratives, l'intervention de l'enseignant comme « *coach* - animateur - guide » permet d'engager les étudiants dans des réflexions sur leurs apprentissages et de développer des compétences métacognitives. Outre la production collective et négociée d'une structure figurative, les étudiants pourraient développer la capacité de réflexion et d'esprit critique. Plusieurs recherches ont montré qu'en groupe, les étudiants ont été encouragés à communiquer, à discuter des idées fausses et à partager leurs doutes et leurs opinions au moyen de cartes conceptuelles collaboratives [14, 15].

La cartographie conceptuelle peut être considérée non seulement comme une activité (méta) cognitive, mais aussi comme un objet sociétal qui encourage la com-

munication entre les étudiants [16]. Lors de cette recherche, les séances d'échange ont permis d'induire des interactions entre les étudiants et de susciter des débats intéressants autour de certaines conceptions erronées. De plus, la cartographie conceptuelle, alliée à l'apprentissage collaboratif, améliore les compétences en travail d'équipe [17]. Les enseignants pourraient encourager cette phase d'apprentissage, parfois négligée ou mise de côté par manque de temps.

Enfin, les étudiants peuvent améliorer leurs structures et approfondir la compréhension des connaissances s'ils reçoivent des rétroactions constructives de la part des pairs mais aussi de l'enseignant.

7.2.2 Allier la cartographie à la rétroaction

La cartographie conceptuelle est multifonctionnelle et peut être utilisée à diverses fins pédagogiques. Par exemple, l'élaboration de cartes permet à l'enseignant de suivre l'évolution de la structure cognitive et de repérer les lacunes conceptuelles pour y remédier. La rétroaction est considérée comme essentielle pour le processus d'apprentissage. Elle contribue à l'apprentissage continu des étudiants. Ainsi, elle doit fournir des renseignements portant spécifiquement sur la tâche ou le processus d'apprentissage pour combler l'écart entre ce qui est compris et ce qui doit être acquis [18]. Pour encourager les étudiants à construire des structures de connaissances appropriées et à évoluer progressivement, la rétroaction devrait être une partie intégrante dans le dialogue entre l'enseignant et l'apprenant. En recevant des commentaires sur les cartes conceptuelles, les étudiants seront amenés à réfléchir sur leurs fausses conceptions et pourront ainsi les rectifier. Vu sous cet angle, l'intégration de la rétroaction, en tant que dialogue d'apprentissage en appui à la cartographie conceptuelle, offre à l'étudiant l'opportunité de s'engager activement dans le processus d'apprentissage.

Plusieurs contraintes relatives à la rétroaction sont mentionnées dans la littérature. Pour qu'elle soit efficace, la rétroaction doit être fournie en temps opportun en mettant l'accent sur le partage d'informations plutôt que sur le jugement [19]. Le temps alloué à la rétroaction, les ressources disponibles, la possibilité d'offrir des rétroactions sur toutes les cartes, présentent parfois un frein qui oblige l'enseignant à réduire son intervention. Les résultats obtenus dans les deuxième et quatrième études nous ont permis d'identifier une nouvelle réflexion au sujet de l'intérêt de la rétroaction afin que certains étudiants puissent remettre en question la qualité de leurs connaissances et la manière dont ils les présentent.

La quatrième étude a montré que la carte conceptuelle peut refléter une variété de types de connaissances. Apprendre des faits ne suffit pas, l'étudiant doit tisser des liens entre les connaissances théoriques (« quoi ? ») et pratiques (« comment ? »). Pour les étudiants novices, l'écart entre les deux types de connaissances

est énorme. La rétroaction pourrait réduire celui-ci et encourager les étudiants à appliquer ce qu'ils ont appris en classe.

En début de formation, les étudiants ne parviennent pas à mettre en contexte les connaissances théoriques sous-jacentes. Grâce à la cartographie conceptuelle, la structure des connaissances devient plus explicite et permet de visualiser les trajectoires d'apprentissage nécessaires pour acquérir des connaissances expertes [20] qui se résument en « quoi ? », « comment ? » et « pourquoi ? ». Dans ce sens, la rétroaction doit mettre en avant la présence de plusieurs types de connaissances et renforcer l'interaction entre la théorie et la pratique et orienter les étudiants à construire la carte conceptuelle dans une logique de : « quoi ? », « comment ? » et « pourquoi ? ». De cette façon, l'étudiant va acquérir une compréhension approfondie, des compétences en résolution de problèmes et donc aller au-delà d'une simple mémorisation.

7.2.3 Allier la cartographie à l'apprentissage par problèmes

Dans les années soixante, l'apprentissage par problèmes (APP) est apparu au Canada suite à l'insatisfaction à l'égard du programme d'enseignement en éducation médicale et à un besoin perçu de réformer le programme des étudiants en médecine. Les avantages cognitifs de l'apprentissage par problèmes en formation médicale sont multiples : une meilleure rétention des connaissances, une meilleure intégration et contextualisation des concepts scientifiques avec le développement de compétences d'apprentissage autonome et l'engagement des étudiants [21, 22]. La cartographie conceptuelle semble servir de complément à l'apprentissage par problèmes en aidant les étudiants à élaborer une structure cognitive organisée et intégrée, ce qui permet d'acquérir de meilleures compétences en résolution de problèmes [23].

Dans la formation médicale, l'APP vise à préparer les apprenants indépendants à un développement professionnel continu et autonome au-delà de la classe [24]. Dans ce contexte, la cartographie conceptuelle est une activité pédagogique prometteuse qui pourrait faciliter ce développement [25] et permettre le suivi de ce type d'apprentissage par problèmes. D'après Thomas [24], l'intégration de la cartographie conceptuelle comme activité pédagogique alliée à l'APP facilite la transition vers ce nouveau contexte d'apprentissage et encourage l'engagement actif et le développement métacognitif des étudiants.

Finalement, il convient d'intégrer la cartographie conceptuelle à d'autres stratégies d'apprentissage ou à d'autres méthodes pédagogiques afin de tirer profit de son utilisation concomitante. La cartographie conceptuelle peut offrir la plus grande valeur pédagogique lorsqu'elle est utilisée en complémentarité avec d'autres stratégies d'enseignement et que des rétroactions sont fournies aux apprenants [3].

D'autres modalités dans l'utilisation de la cartographie conceptuelle en formation médicale sont citées dans la littérature. Elles mettent en évidence le potentiel de la cartographie conceptuelle dans la formation au raisonnement clinique et son effet sur les capacités de raisonnement et de réflexion des étudiants [25–28]. En effet, la cartographie conceptuelle apporte une aide à la résolution de cas cliniques et met en évidence la cohérence du raisonnement clinique de l'étudiant dans sa démarche réflexive, néanmoins, la complétude du processus cognitif n'est pas clairement établie [29].

Pottier et al. ont exploré la validité de la carte conceptuelle pour mettre en évidence la structure des processus de raisonnement clinique développés en situation expérimentale chez les étudiants en médecine. D'après ces chercheurs, la représentation du raisonnement clinique au travers la carte conceptuelle retrouve les différentes stratégies de résolution de problèmes rapportées dans la littérature. De plus, ils suggèrent que la carte conceptuelle permet d'évaluer les processus mentaux et donc dévoile les difficultés d'apprentissage éprouvées par les étudiants [30]. La qualité de l'organisation des connaissances dans la mémoire à long terme la manière dont ces connaissances sont reliées entre elles sous formes de réseaux est essentielle pour la réussite du raisonnement clinique. L'utilisation de la carte conceptuelle présente un intérêt pédagogique incontestable pour observer les processus mentaux sollicités dans les différentes étapes du raisonnement clinique [31].

En définitive, il faut bien se rendre compte que les modalités d'utilisation de la cartographie conceptuelle dans le cadre de notre recherche ont bien évolué. L'intégration de ce dispositif pédagogique lors de la première étude a été probablement un projet prématuré. À la lumière des résultats encourageants de la première étude, nous avons amélioré le dispositif et dirigé les études ultérieures vers une vision assez qualitative.

Pour que l'utilité pédagogique de la cartographie conceptuelle soit mieux perçue par les étudiants, nous avons intégré, lors des séminaires, des séances de présentation de cartes produites par les étudiants et nous avons intégré également un moment de discussion entre les pairs. L'intervention de l'enseignant sur la qualité et la structure des cartes présentées a permis à ceux qui le souhaitent de soumettre des nouvelles cartes (après rétroaction). Une étude a été réalisée pour comparer l'effet de la rétroaction sur la qualité des cartes conceptuelles mais celle-ci ne fait pas partie de cette recherche.

Dans le même ordre d'idées, les résultats de la première étude ont donné lieu à une série de réflexions sur la démarche pédagogique la plus appropriée pour optimiser l'utilisation de la cartographie conceptuelle. Par la suite, l'intégration de

cette activité dans le programme du cours a servi essentiellement à renforcer l'implication des étudiants et à assurer la continuité de l'apprentissage à l'aide de cette activité. L'ajout de la rétroaction de l'enseignant, l'instauration d'une dynamique collaborative et d'une discussion collective des cartes produites par les étudiants ont permis de créer un environnement d'apprentissage plus opportun. Après la première étude, nous avons mis l'accent sur la qualité des cartes et nous avons cherché à mettre au point une méthode d'analyse qui permette d'étudier en profondeur la richesse d'une carte conceptuelle. Les trois dernières études présentent des résultats très intéressants mais cette analyse demande énormément de temps et de concentration. Chaque carte nous a fait rentrer dans un monde de réflexion propre à l'étudiant.

L'analyse approfondie des cartes nous a permis certainement de les qualifier mais a suscité également de nombreuses réflexions : est-il plus pertinent d'encourager un dialogue entre l'apprenant et l'enseignant surtout pour contextualiser les apprentissages en permanence ? Pourquoi les étudiants au début de leur parcours en formation dentaire n'arrivent-ils pas à connecter la théorie et la pratique ? Quels sont les facteurs à prendre en compte lors de l'intégration de la cartographie conceptuelle comme activité pédagogique, même si elle a été associée à d'autres stratégies d'apprentissage ?

7.3 Les facteurs qui influencent la qualité de la cartographie conceptuelle

Grâce à cette recherche, nous avons pu souligner quelques facteurs intrinsèques et extrinsèques qui influencent la qualité de la carte conceptuelle. En effet, l'élaboration de la cartographie conceptuelle nécessite un certain degré d'effort cognitif de la part de l'étudiant [3]. Cet effort est influencé par des facteurs tant extrinsèques qu'extrinsèques.

7.3.1 Facteurs intrinsèques

Les performances des étudiants durant les premiers mois à l'université influencent les performances ultérieures. Cependant, les interventions précoces en cas de faible performance pourraient réduire ou éviter des situations d'échec [32]. Bien que l'intégration de la cartographie conceptuelle comme activité cognitive pourrait améliorer à la fois les habiletés cognitives et conduirait également à une performance plus élevée, les étudiants ayant des performances antérieures faibles peuvent ne pas reconnaître leurs difficultés et ne cherchent pas nécessairement un soutien approprié [32, 33]. De même, selon Stegers-Jager, les performances antérieures les plus récentes sont le principal prédicteur des performances futures en la

formation pré-clinique, alors qu'en formation clinique, les antécédents de l'étudiant sont le principal prédicteur [34]. Ces travaux montrent clairement l'importance relative des caractéristiques académiques antérieures pour prédire la performance des étudiants et donc qui influencent manifestement leur apprentissage.

Dans un tel contexte et pour agir d'une manière précoce et efficace, l'enseignant pourrait proposer la cartographie conceptuelle comme activité d'apprentissage et impliquer activement les étudiants dans le processus d'apprentissage. Bien que cet engagement se perde avec le temps ou lorsque les périodes des examens approchent et que les étudiants favorisent d'autres stratégies d'apprentissage, l'enseignant doit encourager les étudiants à réfléchir sur leur propre apprentissage.

De surcroît, les travaux de Schal ont révélé les aspects motivationnels positifs de la cartographie conceptuelle pour la réussite d'un cours de biologie humaine [35]. Une autre étude indique que l'utilisation de la cartographie conceptuelle pour l'apprentissage accroît les résultats des étudiants en améliorant leur attitude, la collaboration entre eux, l'utilité perçue de la cartographie conceptuelle et la motivation des étudiants à l'utiliser [36].

La réalisation des cartes conceptuelles à l'aide d'un logiciel fait appel à des caractéristiques personnelles de chaque étudiant telles que l'aisance avec l'outil informatique, la rapidité et la dextérité. Dans le cadre de nos travaux nous avons inclus uniquement les cartes des étudiants qui ont été lisibles et complètes. Il serait également intéressant, d'analyser des cartes incomplètes et repérer, à partir des informations qu'elles contiennent, les difficultés que rencontrent les étudiants par rapport à l'élaboration d'une carte. Grâce à cet aspect, l'enseignant pourrait être en mesure d'agir et d'accompagner l'étudiant afin de renforcer le processus de construction d'une carte et d'améliorer sa qualité.

7.3.2 Facteurs extrinsèques

La cartographie conceptuelle est souvent perçue comme une nouvelle manière d'apprendre qui nécessite du temps pour la comprendre et l'intégrer [37]. Pour certains étudiants, cette nouvelle activité d'apprentissage, comme tout changement, peut générer une certaine résistance. Lors des discussions avec les étudiants, la remarque qui revenait régulièrement c'est le temps important qu'ils doivent fournir s'ils souhaitent produire des cartes de qualité. Par conséquent, l'utilisation de la cartographie conceptuelle peut parfois être perçue comme une tâche obligatoire. Les étudiants peuvent élaborer les cartes non pas pour exprimer les connaissances acquises mais pour accomplir la tâche demandée. Ils préfèrent consacrer du temps à la mémorisation des faits qui, pour eux, est plus simple qu'un travail de réflexion imposé par la réalisation de la carte. Selon nos étudiants, produire les cartes prenait beaucoup de temps et augmentait la charge de travail académique.

Comme le montre notre deuxième étude, la capacité des étudiants à représenter des connaissances dépend de la nature du sujet à représenter. Certains sujets sont plus abstraits que d'autres. Les étudiants éprouvent des difficultés à identifier les concepts-clés et à placer les connaissances théoriques en lien avec les connaissances pratiques. Il se pourrait que cet écart entre les deux types de connaissances se creuse de plus en plus si la thématique est très peu contextualisée. Des études supplémentaires seront nécessaires pour mieux investiguer ce point-ci. Il est probable que les étudiants s'impliquent davantage quand la thématique les intéresse et lorsqu'ils retrouvent une contextualisation explicite des cours.

Associée à la technologie, la cartographie conceptuelle promeut l'inclusion technologique, améliore l'engagement des étudiants et les aide dans la construction du savoir [38, 39]. Torre a suggéré qu'il est essentiel de former les étudiants à utiliser de tels logiciels et de consacrer du temps à l'appropriation de l'outil informatique, puisque l'utilisation de tout logiciel de cartographie peut initialement créer une charge cognitive élevée [3]. Dans notre recherche, nous avons conseillé aux étudiants d'utiliser CmapTools. Ce logiciel, développé par « *Florida Institute for Human and Machine Cognition* », est un outil d'édition de carte conceptuelle destiné à prendre en charge un environnement d'apprentissage centré sur la représentation schématique des connaissances. Les concepteurs l'ont enrichi par un certain nombre de fonctionnalités pour créer, modifier, partager et collaborer. La formation des étudiants pour mieux utiliser ce logiciel est indispensable. Si les étudiants ont des difficultés au niveau de la gestion du logiciel, cela affecte la qualité et la structure de la carte.

7.4 Bénéfices et limites des cartes conceptuelles

Diagnostiquer ou évaluer ?

Dans notre contexte, la cartographie conceptuelle en formation dentaire a été utilisée en tant que dispositif pédagogique pour stimuler l'activité cognitive des étudiants en les incitant à organiser leurs connaissances dans un cours de première année. Son potentiel, visant à soutenir l'apprentissage des étudiants, ne s'est pas manifesté amplement à court terme dans les résultats de tous les étudiants dans de notre première étude. Le recours à la cartographie conceptuelle pour une évaluation certificative n'est pas toujours aligné avec les objectifs des cours. Dès lors, les cartes conceptuelles sont peu adaptées à ce type d'évaluation.

Plusieurs chercheurs préconisent l'intérêt de cette activité cognitive dans le diagnostic pédagogique. Dans cette perspective, la carte conceptuelle ne représente pas un résultat mais plutôt une compétence en construction, un processus.

Elle offre la possibilité d'évaluer les apprentissages et de faire des ajustements dans les enseignements [29, 40].

Structurer ou disperser ?

L'élaboration d'une carte conceptuelle permet d'explicitier la pensée à travers l'agencement des concepts utilisés. C'est une activité cognitive qui révèle la structure des connaissances et favorise ainsi la compréhension approfondie. Les concepts présents dans une carte, la manière de les relier, la qualité des liens qui les connectent, sont des indicateurs du niveau cognitif et qui s'inscrivent dans une stratégie d'apprentissage plutôt réflexive. La cartographie conceptuelle encourage les étudiants à apprendre de manière différente et pertinente. En revanche, il est fréquent que les étudiants se montrent résistants face au changement des méthodes d'apprentissage et préfèrent l'utilisation des stratégies de mémorisation et de rappel qui ont contribué à leur réussite dans le passé. À cet égard, les cartes produites par ces étudiants peuvent contenir des concepts plutôt dispersés montrant parfois un désengagement de l'étudiant.

Pour dépasser cette contrainte, il est souvent utile d'accompagner les étudiants à comprendre les différents processus d'apprentissage dans lesquels ils doivent s'engager. Il peut également être utile de consacrer des moments de discussion et de rétroaction par rapport à des cartes produites.

Proposer ou imposer

Comme pour toute activité pédagogique, les enseignants doivent décider si recourir à la cartographie conceptuelle est une activité d'apprentissage intégrée dans le cursus et pourquoi ou si elle représente une activité facultative pour diversifier les stratégies d'apprentissage. Cela ira dans le même sens pour un alignement pédagogique entre les attentes de la formation et les activités mises en place.

L'élaboration d'une cartographie conceptuelle pourrait constituer une activité d'apprentissage peu connue pour de nombreux étudiants. Par conséquent, il est essentiel d'explicitier son potentiel éducatif et ses apports positifs pour un meilleur apprentissage. Même si l'enseignant ne l'impose pas, l'étudiant devrait être convaincu de son intérêt. Ceci peut être réalisé en s'appuyant sur un exemple de carte conceptuelle pour expliquer une thématique donnée. À mesure que les étudiants se familiarisent avec l'élaboration de cartes conceptuelles et que le contexte d'apprentissage est approprié, les perceptions des élèves quant à l'utilité de cette activité d'apprentissage sont susceptibles de changer [41].

7.5 Double posture : enseignement - recherche

7.5.1 En tant qu'enseignante

Je me suis vite rendue compte au cours de mes premières années d'enseignement que l'apprentissage n'est pas un simple transfert d'un maître vers un novice et qu'il n'est ni linéaire ni discontinu. La plus grande difficulté qu'un enseignant doit gérer est de se centrer sur l'apprentissage de ses étudiants et d'intégrer l'apprenant dans un schéma d'enseignement pour faire de son cours un lieu d'apprentissage interactif.

Entrer dans une salle pour y donner cours nous confronte à une réalité aussi difficile qu'inévitable : l'autre. Face à un étudiant, à sa dimension physique, et à sa présence qui exprime ses attentes, une tension se crée et se dirige vers l'enseignant. En soi, elle n'est pas négative, elle est réelle et certainement moteur d'un potentiel visant à amener l'étudiant vers le sommet de la colline tout en se rappelant que l'important, c'est que les étudiants puissent être en contact avec les sources du savoir, pour construire leurs connaissances le plus efficacement possible, en expérimentant, de manière à ce qu'ils puissent les mettre en pratique ultérieurement. La mission de l'enseignement supérieur, c'est de fournir à la société des professionnels qui possèdent de la méthodologie et du savoir-faire, ancrés sur des savoirs théoriques. Dans cet esprit, j'ai essayé de fonder des pratiques pédagogiques en diversifiant les variables et de proposer diverses activités cognitives pour un enseignement efficace et optimal. L'apprentissage n'est pas une simple transmission unidirectionnelle mais l'apprenant doit être intégré dans un schéma d'enseignement interactif et dynamique.

L'art d'enseigner est de pouvoir aider l'apprenant (quel que soit son profil) à réussir en suscitant l'intérêt et la curiosité à partir d'un enseignement pertinent, interactif et dynamique. Ainsi, une mission pédagogique réussie consiste à encourager l'étudiant à se poser des questions, à se lancer des défis et à s'appropriier le savoir tout en le construisant solidement.

Dans cette perspective et afin de diversifier les stratégies d'apprentissage chez les étudiants, j'ai initié le projet de "cartographie conceptuelle" en organisant des ateliers en première année et pour des filières différentes (physique, chimie, épidémiologie et statistiques appliquées). Cette approche pédagogique a offert aux étudiants un nouvel environnement de réflexion et d'interaction entre les pairs.

Ce projet avait pour finalité primordiale un accompagnement efficace de l'étudiant dans son apprentissage pour qu'il puisse construire aisément son savoir. D'une manière plus globale, le fait de placer l'apprenant dans une situation d'apprentissage inhabituelle et déstabilisante, de l'amener à avoir une démarche active

d'acquisition d'une connaissance grâce à l'élaboration de cartes conceptuelles, de le sortir du rituel de sons cours, s'avère potentiellement fructueux. De plus, il est intéressant (pour les étudiants et pour moi) de se rendre compte que le chemin à parcourir pour construire une connaissance est tout aussi important que le résultat *in fine*.

7.5.2 En tant que chercheuse

En instaurant la cartographie conceptuelle dans mes pratiques d'enseignement et d'encadrement, j'ai souvent été intriguée par les difficultés que rencontrent les étudiants à structurer leurs connaissances. Je me posais constamment les mêmes questions : comment les étudiants structurent-ils leurs connaissances ? Comment organisent-ils les concepts que nous leur enseignons ? Finalement, mes interrogations se sont concrétisées et se sont élargies dans le cadre de cette recherche.

Je dois reconnaître qu'en tant que chercheuse, j'ai effectué divers ajustements au fur et à mesure de ces années de recherches. Par exemple, la chercheuse novice que j'étais au début de cette thèse, qui était heureuse de collecter des cartes conceptuelles pour les noter, est convaincue maintenant que le potentiel d'une carte conceptuelle dépasse un produit figé auquel nous attribuons un score (approche quantitative). Dans cet esprit, mes pratiques pédagogiques ont évolué dans le sens où je considère chaque carte comme une mine d'informations qui me donne un accès à la structure cognitive de l'étudiant. Les recherches de Kinchin ont été un phare qui m'a guidé dans les différentes voies que j'ai entreprises.

Enfin, je ne peux pas achever ce paragraphe sans mentionner que l'analyse qualitative des cartes conceptuelles a été une étape cruciale et importante dans ce travail de recherche. Cette voie prometteuse a été une expérience enrichissante pour moi. Pour réaliser ces analyses qualitatives et sémantiques fiables de toutes les cartes conceptuelles, cette partie de recherche a été rendue possible grâce à la collaboration avec ma collègue Séverine Mateu-Ramis. Cela nous a permis d'apporter des éléments intéressants à la communauté scientifique et de proposer une méthodologie séquentielle pour analyser une carte conceptuelle.

7.6 Implications et perspectives

Les contributions de cette thèse à l'avancement des connaissances sont multiples. Cette thèse ouvre un champ de recherche intéressant qui explore la qualité et la visibilité des connaissances. Ci-après, nous formulons d'abord des suggestions permettant de renforcer l'utilisation de la cartographie comme stratégie d'apprentissage et d'enseignement avant d'ouvrir de nouvelles perspectives aux chercheurs.

7.6.1 Implications pour la pratique

Les suggestions ci-dessous visent à poursuivre et à améliorer l'utilisation de la cartographie conceptuelle en classe. Elles concernent les apprenants, les enseignants et les chercheurs.

Messages aux étudiants

- S'APPROPRIER L'ACTIVITÉ

Pour ce faire, il s'agira de prendre le temps nécessaire pour maîtriser la cartographie conceptuelle : tout apprentissage nécessite un temps d'adaptation et de maîtrise. Basée sur la théorie constructiviste, la cartographie conceptuelle devrait aider l'étudiant à organiser et à construire son savoir. Il ne s'agit pas d'une simple esquisse qui croise des lignes en présence de mots éparpillés sur une page blanche, mais l'étudiant doit réfléchir à différents moments à ce qu'il a dessiné et évaluer la pertinence du contenu. Il est important que l'étudiant se souvienne que la carte conceptuelle n'est pas seulement un outil qui permet d'extérioriser ce qu'il a appris, mais qu'il permet également la détection de ce qui reste à savoir. S'approprier un tel outil permettra à l'étudiant de gérer son apprentissage et d'avoir des moments de réflexion sur une première carte qu'il a construite pour l'enrichir au fil du temps.

- CONSTRUIRE DES CARTES ET LES ENRICHIR AU FUR ET À MESURE

La création de cartes fait partie intégrante de l'apprentissage de la réflexion. Elle permet à l'étudiant de comprendre son propre processus d'apprentissage, de procéder à l'apprentissage continu et au développement progressif vers l'expertise [11].

- CONSIDÉRER LA CARTOGRAPHIE CONCEPTUELLE COMME UN PROCESSUS

Comme les cartes sont précieuses pour aider les étudiants à reconnaître les erreurs, nous leur suggérons de les utiliser pour suivre leur processus d'apprentissage. Une carte conceptuelle ne devrait pas être considérée comme un produit fini, mais devrait faire l'objet d'une révision régulière à des fins d'enrichissement ou de réduction. Nous recommandons aux étudiants de continuer à se servir de la carte après l'avoir élaborée. Comme l'a proposé Torre [11], la carte achevée peut être discutée pendant des moments de réflexion ou de révision. Grâce au logiciel Cmaptools, les étudiants peuvent visualiser les changements et les modifications effectués et comparer les cartes progressives avec une carte experte. Cette action méta-cognitive permet à l'étudiant d'ajuster son apprentissage.

Messages aux enseignants

- ÊTRE ATTENTIF AUX CONCEPTS-CLÉS

L'enseignant doit être conscient des multiples points de départ qui peuvent exister chez un étudiant lorsqu'il produit une carte conceptuelle. Certains concepts sont plus problématiques que d'autres. Même si l'enseignant décide de considérer l'activité de cartographie comme une activité de faible directivité, la vérification de la présence des concepts-clés reste indispensable pour que l'élaboration de la carte s'amorce correctement.

- AIDER L'ÉTUDIANT À TISSER DES LIENS ENTRE LA THÉORIE ET LA PRATIQUE

La mise en contexte d'un sujet favorise l'apprentissage et encourage les étudiants à mieux représenter leurs connaissances.

- COMBINER LA CARTOGRAPHIE CONCEPTUELLE AVEC D'AUTRES STRATÉGIES D'ENSEIGNEMENT comme susmentionné.

- UTILISER AMPLEMENT LA CARTE CONCEPTUELLE :

La cartographie conceptuelle est une activité pédagogique qui fournit aux enseignants un aperçu sur les incompréhensions, les idées fausses ou les erreurs. Elle permet également de reconnaître les confusions et d'identifier les lacunes conceptuelles qui doivent être complétées [42, 43]. Pour maximiser le potentiel de la cartographie, l'enseignant devrait mettre l'accent sur ce qui n'a pas encore été assimilé. Discuter avec les étudiants ses faiblesses repérées dans les cartes leur permettrait de repérer des lacunes et de s'améliorer.

Messages aux chercheurs

- Cette recherche donne un aperçu de l'intérêt de la cartographie conceptuelle en formation dentaire. Les résultats présentés sont prometteurs et encouragent les chercheurs à élargir les études dans d'autres domaines et avec des cohortes avancées dans la formation. Une application plus variée de la méthodologie séquentielle, décrite dans la troisième étude, sur d'autres échantillons pourrait conduire éventuellement à d'autres résultats intéressants.

7.6.2 Perspectives pour la recherche

D'un point de vue pédagogique, il y a un immense intérêt à exploiter la cartographie conceptuelle. Une telle représentation facilite l'accès à la structure, la qualité et les types de connaissances qui sont des facettes intéressantes dans l'apprentissage des étudiants. Cependant, l'analyse des cartes pourrait apparaître comme une tâche complexe. En effet, la complexité de l'analyse des cartes est reflétée par la complexité des cartes elles-mêmes. La qualité et la structure des connaissances

sont des sources d'informations aussi bien que des énigmes à comprendre et à résoudre. L'analyse approfondie des cartes conceptuelles n'est pas une tâche simple, mais une fois réalisée, elle pourrait révéler des éléments très intéressants aussi bien pour l'apprenant que pour l'enseignant. Dans le cadre de cette recherche, les cartes conceptuelles ont été un trésor pédagogique que nous avons exploité à travers les quatre études. Au terme de cette thèse, d'autres perspectives de recherche émergent.

Premièrement, compléter la recherche par l'analyse des cartes conceptuelles qui ont été révisées par les étudiants après les séances de rétroaction. Nous avons déjà amorcé le travail, mais nous n'avons pas été en mesure de l'achever en raison des contraintes de temps. Cette étude viserait à examiner l'effet de la rétroaction pour une même thématique et l'éventuelle évolution de la structure cognitive ainsi que l'amélioration de la qualité des connaissances.

Deuxièmement, envisager d'intégrer la cartographie conceptuelle à d'autres stratégies d'apprentissage telles que l'apprentissage par problèmes ou autour d'une situation clinique pour bénéficier de l'utilisation concomitante de cartes conceptuelles. La cartographie conceptuelle peut offrir la meilleure valeur pédagogique lorsqu'elle est utilisée en complément d'autres stratégies d'enseignement [3]. La difficulté des étudiants à contextualiser les connaissances théoriques pourrait être atténuée en construisant la carte conceptuelle autour d'une situation clinique. Les étudiants ont besoin d'associer les concepts théoriques et abstraits à des situations concrètes. Sont-ils capables de naviguer entre les deux extrêmes : une connaissance théorique et complexe et une connaissance spécifique et contextualisée ? Cette capacité pourrait traduire l'atteinte d'un certain niveau d'expertise. Ce domaine de recherche, qui utilise la cartographie conceptuelle comme lentille qui dévoile le lien entre la théorie et la pratique, reste peu exploité.

Troisièmement, élargir le champ de cette recherche par l'analyse d'une carte conceptuelle produite par les étudiants à la fin d'une unité d'enseignement. L'objectif d'une telle étude serait double : (1) examiner la capacité des étudiants à intégrer, en une seule représentation, les différentes thématiques abordées, (2) permettre à l'enseignant de s'assurer que les étudiants sont capables de connecter les connaissances acquises de manière fragmentée, en une seule et unique présentation. De cette façon, la cartographie conceptuelle pourrait offrir une image panoramique et renseigner l'enseignant sur le degré de maîtrise des sujets et sur la qualité des connexions entre les thématiques qui sont souvent implicites. Nous avons relevé ce défi avec nos étudiants pour qu'ils représentent un article scientifique (qui fait appel à toutes les thématiques du cours). La carte conceptuelle de cet article a été produite par les étudiants après avoir eu toutes les thématiques du cours. Lors de l'examen oral, nous avons demandé aux étudiants de présenter oralement l'article

scientifique en s'appuyant sur la carte conceptuelle qu'ils avaient déjà produite auparavant. Nous avons identifié également le type de discours [44] de chaque étudiant lors de sa présentation. Ces données, collectées, n'ont pas encore pu être analysées mais le seront par la suite.

Quatrièmement, poursuivre la recherche de manière longitudinale et solliciter les étudiants à un stade avancé de la formation dentaire. Les étudiants évoluent dans la formation dentaire et arrivent à mieux contextualiser les connaissances théoriques. Il serait intéressant de demander aux étudiants de réviser des cartes qu'ils ont produites en première année et discuter de manière critique les lacunes conceptuelles. La carte conceptuelle produite par l'étudiant en première année pourrait lui servir de référence pour juger l'évolution de son apprentissage dans un contexte précis. À la différence des questions d'examen que l'étudiant peut oublier une fois qu'il a quitté la salle d'examen, la carte conceptuelle demeure une trace cognitive qu'il pourrait enrichir continuellement.

Enfin, il serait aussi intéressant de mieux comprendre la valeur perçue de la cartographie conceptuelle par les étudiants et de conduire une étude avec une approche qualitative qui sollicite les étudiants à réfléchir sur leurs profils sémantiques. Un travail de collaboration entre l'enseignant et l'étudiant pourrait améliorer la qualité de l'apprentissage. Le profil sémantique dévoile la face cachée de l'apprentissage. Les étudiants sont-ils conscients de la qualité de leurs connaissances au début du parcours académique ? Nous avons entendu des étudiants dire tardivement « j'ai enfin compris un tel concept ! ». N'est-il pas pédagogiquement approprié que cette réflexion ait lieu après avoir élaboré une carte conceptuelle plutôt que quelques années plus tard ? Le défi est d'envergure.

7.7 Conclusion générale

Au début de cette thèse, notre objectif a été de déterminer l'impact de la cartographie conceptuelle sur les performances des étudiants de première année en sciences de la santé. Une fois que le projet mis en place, nous avons constaté la pertinence de cette activité qui a largement dépassé nos attentes initiales. Par la suite, cette recherche s'est articulée autour de deux objectifs pédagogiques. D'une part, l'intérêt de la cartographie conceptuelle en tant qu'outil d'apprentissage qui pourrait contribuer à l'amélioration des performances académiques à court et à moyen terme. D'autre part, l'exploration de la qualité, la structure et les types de connaissances à l'aide de la cartographie conceptuelle.

Au moyen de quatre études, il a été possible de visualiser la qualité et la structure cognitive des étudiants et de mettre en avant les facteurs qui s'associent à la qualité des cartes. Chacune de ces études contribue ainsi à enrichir la littérature

scientifique sur la carte conceptuelle et à mettre en exergue ses bénéfices pour l'apprentissage.

Cette recherche a contribué à l'enrichissement et à l'actualisation des connaissances sur la carte conceptuelle. Outre tous les résultats des autres études, la présentation d'une méthodologie d'analyse séquentielle a révélé plusieurs éléments intéressants aussi bien pour l'étudiant que pour l'enseignant. En dépit des avancées de ce travail, des recherches sont encore nécessaires pour mieux comprendre la structure cognitive des apprenants au travers de la cartographie conceptuelle.

Finalement, le vrai défi est de former des étudiants non seulement qui ont acquis des connaissances mais qui savent à quoi servent ces connaissances et comment peuvent-ils les mettre en pratique ? Après huit ans d'utilisation de la carte conceptuelle en classe, il nous semble que cette activité pourrait répondre parfaitement aux attentes pédagogiques des enseignants et qui favorise l'apprentissage signifiant des étudiants.

Bibliographie

- [1] John C. Nesbit and Olusola O. Adesope. Learning With Concept and Knowledge Maps : A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 76(3) :413–448, 2006. ISSN 0034-6543. doi : 10.3102/00346543076003413.
- [2] Sian M. Carr-Lopez, Suzanne M. Galal, Deepti Vyas, Rajul A. Patel, and Eric H. Gnesa. The Utility of Concept Maps to Facilitate Higher-Level Learning in a Large Classroom Setting. *AJPE*, 78(9), 2014. ISSN 0002-9459, 1553-6467. doi : 10.5688/ajpe789170.
- [3] Dario Torre, Deborah German, Barbara Daley, and David Taylor. Concept mapping : An aid to teaching and learning : AMEE Guide No. 157. *Medical Teacher*, 45(5) :455–463, 2023. ISSN 0142-159X. doi : 10.1080/0142159X.2023.2182176.
- [4] Barbara J. Daley, Steven J. Durning, and Dario M. Torre. Using concept maps to create meaningful learning in medical education. *MedEdPublish*, 5 (19) :19, 2016.
- [5] Nathalie Caire Fon, Béatrice Pudelko, and Marie-Claude Audétat. Optimiser l’usage des cartes conceptuelles dans l’apprentissage par problèmes (APP) dans le cursus préclinique : le point de vue des enseignants. *Pédagogie Médicale*, 17(2) :95–107, 2016. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2016031.
- [6] Conran Joseph, David Conradsson, Lena Nilsson Wikmar, and Michael Rowe. Structured feedback on students’ concept maps : The proverbial path to learning? *BMC Med Educ*, 17(1) :1–9, 2017. ISSN 1472-6920. doi : 10.1186/s12909-017-0930-3.
- [7] Kevin M. Roessger, Barbara J. Daley, and Duaa A. Hafez. Effects of teaching concept mapping using practice, feedback, and relational framing. *Learning and Instruction*, 54 :11–21, 2018. ISSN 0959-4752. doi : 10.1016/j.learninstruc.2018.01.011.
- [8] Y.M. Gil and B.-D. Lee. Concept map-based learning in an oral radiographic interpretation course : Dental students’ perceptions of its role as a learning tool. *European Journal of Dental Education*, 27(1) :201–208, 2022. ISSN 1396-5883. doi : 10.1111/eje.12828.
- [9] Ian M. Kinchin and L. B. Cabot. An introduction to concept mapping in dental education : The case of partial denture design. *European Journal of Dental Education*, 13(1) :20–27, 2009. ISSN 1600-0579. doi : 10.1111/j.1600-0579.2008.00532.x.

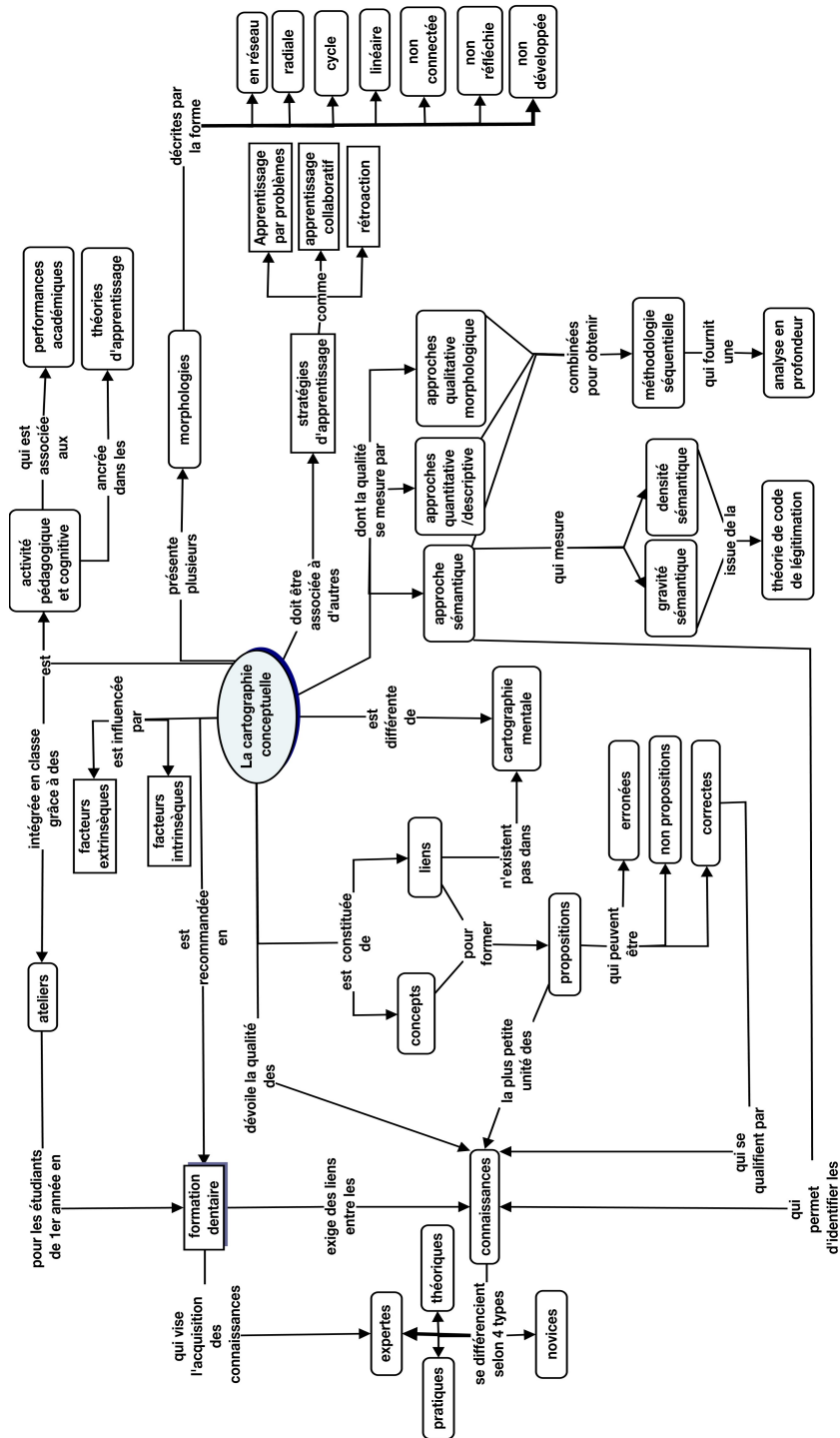
- [10] Ian M. Kinchin. A ‘species identification’ approach to concept mapping in the classroom. *Journal of Biological Education*, 54(1) :108–114, 2020. ISSN 0021-9266. doi : 10.1080/00219266.2018.1546763.
- [11] Dario M. Torre, Steven J. Durning, and Barbara J. Daley. Twelve tips for teaching with concept maps in medical education. *Medical Teacher*, 35(3) : 201–208, 2013. ISSN 0142-159X, 1466-187X. doi : 10.3109/0142159X.2013.759644.
- [12] John Biggs. Enhancing teaching through constructive alignment. *High Educ*, 32(3) :347–364, October 1996. ISSN 1573-174X. doi : 10.1007/BF00138871.
- [13] Ian M. Kinchin and David Hay. Using concept maps to optimize the composition of collaborative student groups : A pilot study. *Journal of Advanced Nursing*, 51(2) :182–187, 2005. ISSN 1365-2648. doi : 10.1111/j.1365-2648.2005.03478.x.
- [14] Tsourela Maria, Paschaloudis Dimitris, Fragidis Garifallos, Giouvanakis Athanasios, and Manos Roumeliotis. Collaboration Learning as a Tool Supporting Value Co-creation. Evaluating Students Learning through Concept Maps. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 182 :375–380, 2015. ISSN 1877-0428. doi : 10.1016/j.sbspro.2015.04.796.
- [15] Liling Hsu and Suh-Ing Hsieh. Concept Maps as an Assessment Tool in a Nursing Course. *Journal of Professional Nursing*, 21(3) :141–149, 2005. ISSN 8755-7223. doi : 10.1016/j.profnurs.2005.04.006.
- [16] Wolff-Michael Roth. Student views of collaborative concept mapping : An emancipatory research project. *Science Education*, 78(1) :1–34, 1994. ISSN 1098-237X. doi : 10.1002/sce.3730780102.
- [17] Eglė Katiliūtė and Asta Daunorienė. Toward meaningful learning in economics and management studies using concept maps in a quality management course. *Ekonomika ir vadyba*, 16 :758–765, 2011. ISSN 1822-6515.
- [18] D. Royce Sadler. Formative assessment and the design of instructional systems. *Instr Sci*, 18(2) :119–144, 1989. ISSN 1573-1952. doi : 10.1007/BF00117714.
- [19] Carol Evans. Making Sense of Assessment Feedback in Higher Education. *Review of Educational Research*, 83(1) :70–120, 2013. ISSN 0034-6543. doi : 10.3102/0034654312474350.
- [20] Ian M. Kinchin. Accessing Expert Understanding : The Value of Visualising Knowledge Structures in Professional Education. In Karen Trimmer, Tara Newman, and Fernando F. Padró, editors, *Ensuring Quality in Professional*

- Education Volume II : Engineering Pedagogy and International Knowledge Structures*, pages 71–89. Springer International Publishing, Cham, 2019. ISBN 978-3-030-01084-3. doi : 10.1007/978-3-030-01084-3_4.
- [21] Henk G. Schmidt. A Brief History of Problem-based Learning. In Glen O’Grady, Elaine H.J. Yew, Karen P.L. Goh, and Henk G. Schmidt, editors, *One-Day, One-Problem : An Approach to Problem-based Learning*, pages 21–40. Springer, Singapore, 2012. ISBN 978-981-4021-75-3. doi : 10.1007/978-981-4021-75-3_2.
- [22] D Dolmans and H Schmidt. The advantages of problem-based curricula. *Postgraduate Medical Journal*, 72(851) :535–538, 1996. ISSN 0032-5473. doi : 10.1136/pgmj.72.851.535.
- [23] Salah Eldin Kassab and Shereen Hussain. Concept mapping assessment in a problem-based medical curriculum. *Medical Teacher*, 32(11) :926–931, 2010. ISSN 0142-159X. doi : 10.3109/0142159X.2010.497824.
- [24] Lisa Thomas, Sue Bennett, and Lori Lockyer. Using concept maps and goal-setting to support the development of self-regulated learning in a problem-based learning curriculum. *Medical Teacher*, 38(9) :930–935, 2016. ISSN 0142-159X. doi : 10.3109/0142159X.2015.1132408.
- [25] Annie Rochette, Marilou Bélisle, André Laflamme, Michèle Doucet, Monique Chaput, and Barbara Fillion. Étude descriptive de l’utilisation des cartes conceptuelles comme stratégie pédagogique en sciences de la santé. *Pédagogie Médicale*, 11(2) :97–109, 2010. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2010011.
- [26] Claire Marchand and Rémi Gagnayre. Utilisation de la carte conceptuelle auprès de formateurs en santé pour l’apprentissage de concepts pédagogiques. *Pédagogie Médicale*, 5(1) :13–23, 2004. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed:2004002.
- [27] Anne Demeester, Chantal Eymard, and Dominique Vanpee. Apprentissage du raisonnement clinique : difficultés identifiées en formation initiale sage-femme. *Revue française de pédagogie*, 181(4) :43–54, 2012. ISSN 0556-7807. doi : 10.4000/rfp.3906.
- [28] M. Ben-Haddour, M. Roussel, and A. Demeester. Étude exploratoire de l’utilisation des cartes conceptuelles pour le développement du raisonnement clinique des étudiants de deuxième cycle en stage dans un service d’urgence. *Ann. Fr. Med. Urgence*, 12(5) :285–293, 2022. ISSN 2108-6524, 2108-6591. doi : 10.3166/afmu-2022-0423.

- [29] Anne Demeester. *Formation Initiale Au Raisonnement Clinique En Sciences Maïeutiques : Bénéfices, Limites et Perspectives d'utilisation Des Cartes Conceptuelles*. These de doctorat, Aix-Marseille, December 2014.
- [30] Pierre Pottier, Bernard Planchon, Jean-Benoît Hardouin, Véronique Sebille, Jean-Michel Rogez, and Jacques-Henri Barrier. Évaluation préliminaire de la validité de construit d'un dispositif cartographique (carte procédurale) pour l'étude du raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*, 12(2) :87–101, May 2011. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2011022.
- [31] Anne Demeester, Dominique Vanpee, Claire Marchand, and Chantal Eymard. Formation au raisonnement clinique : perspectives d'utilisation des cartes conceptuelles. *Pédagogie Médicale*, 11(2) :81–95, May 2010. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2010013.
- [32] Laura Horn. *Stopouts Or Stayouts ? : Undergraduates Who Leave College in Their First Year*. U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, 1998. ISBN 978-1-4289-2745-2.
- [33] Jennifer A Cleland, Andrew Milne, Hazel Sinclair, and Amanda J Lee. Cohort study on predicting grades : Is performance on early MBChB assessments predictive of later undergraduate grades ? *Medical Education*, 42(7) :676–683, 2008. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/j.1365-2923.2008.03037.x.
- [34] Karen M. Stegers-Jager, Axel P. N. Themmen, Janke Cohen-Schotanus, and Ewout W. Steyerberg. Predicting performance : Relative importance of students' background and past performance. *Med Educ*, 49(9) :933–45, 2015. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/medu.12779.
- [35] Steffen Schaal. Cognitive and motivational effects of digital concept maps in pre-service science teacher training. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2) :640–647, January 2010. ISSN 1877-0428. doi : 10.1016/j.sbspro.2010.03.077.
- [36] Mohammed Abdullatif Almulla and Mahdi Mohammed Alamri. Using Conceptual Mapping for Learning to Affect Students' Motivation and Academic Achievement. *Sustainability*, 13(7) :4029, 2021. ISSN 2071-1050. doi : 10.3390/su13074029.
- [37] Barbara J Daley and Dario M Torre. Concept maps in medical education : An analytical literature review. *Medical Education*, 44(5) :440–448, 2010. ISSN 1365-2923. doi : 10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x.
- [38] Cristiane Tolentino Machado and Ana Amélia Carvalho. Concept mapping : Benefits and challenges in higher education. *The Journal of Continuing Higher*

- Education*, 68(1) :38–53, 2020. ISSN 0737-7363. doi : 10.1080/07377363.2020.1712579.
- [39] D. M. Torre, B. Daley, Tracy Stark-Schweitzer, Singh Siddartha, Jenny Petkova, and Monica Ziebert. A qualitative evaluation of medical student learning with concept maps. *Medical Teacher*, 29(9-10) :949–955, 2007. ISSN 0142-159X, 1466-187X. doi : 10.1080/01421590701689506.
- [40] Pascale Chastragnat and Claire Marchand. Les cartes conceptuelles : un outil au service de l'évaluation des compétences. *Pédagogie Médicale*, 13(4) : 257–272, November 2012. ISSN 1625-6484, 1627-4784. doi : 10.1051/pmed/2012025.
- [41] David W. Laight. Attitudes to concept maps as a teaching/learning activity in undergraduate health professional education : Influence of preferred learning style. *Medical Teacher*, 26(3) :229–233, 2004. ISSN 0142-159X. doi : 10.1080/0142159042000192064.
- [42] Katherine M. Edmondson. Chapter 2 - Assessing science understanding through concept maps. In Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, and Joseph D. Novak, editors, *Assessing Science Understanding*, Educational Psychology, pages 15–41. Academic Press, Burlington, 2005. doi : 10.1016/B978-012498365-6/50004-4.
- [43] Daniel C. West, J. Richard Pomeroy, Jeanny K. Park, Elise A. Gerstenberger, and Jonathan Sandoval. Critical Thinking in Graduate Medical Education A Role for Concept Mapping Assessment? *JAMA*, 284(9) :1105–1110, 2000. ISSN 0098-7484. doi : 10.1001/jama.284.9.1105.
- [44] G. Bordage. Elaborated knowledge : A key to successful diagnostic thinking. *Academic Medicine*, 69(11) :883–5, 1994. ISSN 1040-2446.

Figure 7.1 Carte conceptuelle cumulative



PARTIE IV

8

Annexes

Dans cette dernière partie du manuscrit, vous pourrez consulter les travaux et les communications scientifiques dans lesquels j'ai été impliqué. Cette partie propose également du matériel supplémentaire, principalement de la première et de la seconde étude. Des cartes conceptuelles de référence que j'ai réalisées et des exemples de cartes conceptuelles des étudiants en rapport avec la première étude ont été fournis.

8.1 Publications et communications scientifiques

- Sadki, A., Frenay, M., Leloup, G., Mateu-Ramis, S., Vanpee, D., & Denef, J. F. (2023). Intérêt de la cartographie conceptuelle en formation initiale de médecine dentaire. *Pédagogie Médicale*.
- Sadki, A., Mateu-Ramis, S., Frenay, M., Leloup, G., Vanpee, D., & Denef, J. F. (2022). En quoi les cartes conceptuelles élaborées par les étudiants permettent-elles de différencier la qualité des connaissances acquises dans le cadre d'un cours de première année en dentisterie ?. In *Congrès international francophone de pédagogie en sciences de la santé*.
- Sadki, A., Vanpee, D., & Denef, J. F. (2021). Les cartes conceptuelles et les habilités cognitives. In *Congrès international francophone de pédagogie en sciences de la santé*.
- Sadki, A., Vanpee, D., & Denef, J. F. (2017). Les cartes conceptuelles :outil pédagogique d'apprentissage. Quel impact sur les performances des étudiants de première année en sciences de la santé ?. In *Congrès international francophone de pédagogie en sciences de la santé*.
- Sadki, A., & Romainville, M. Les cartes conceptuelles comme "outil" pédagogique d'apprentissage (Mémoire pour le master de spécialisation en pédagogie médicale - 2017).
- Hauser, A., Amstutz, N., Delahaye, S., Sadki, A., Schenker, S., Sieber, R., & Zerara, M. (2004). Fine Tuning the Electronic Properties of $[M(bpy)_3]^{2+}$ Complexes by Chemical Pressure (M= Fe ²⁺, Ru ²⁺, Co ²⁺, bpy= 2, 2'- Bipyridine). *Optical Spectra and Chemical Bonding in Inorganic Compounds : Special Volume dedicated to Professor Jorgensen I*, 81-96.
- Hauser, A., Amstutz, N., Delahaye, S., Sadki, A., Schenker, S., Sieber, R., & Zerara, M. (2002). Chemical pressure. *Chimia*, 56(12), 685-685.

Figure 8.3 Annexes qui illustrent l'image et le tableau des questions 3 et 4 du tableau 3.1 (chapitre 3)

(a) Question 3 du tableau 3.1 du chapitre 3

3) Calculez l'indice de surfaces de dents cariées, absentes ou obturées (CAOF) des hémis-arcades droites du patient



(b) La question 4 du tableau 3.1 du chapitre 3

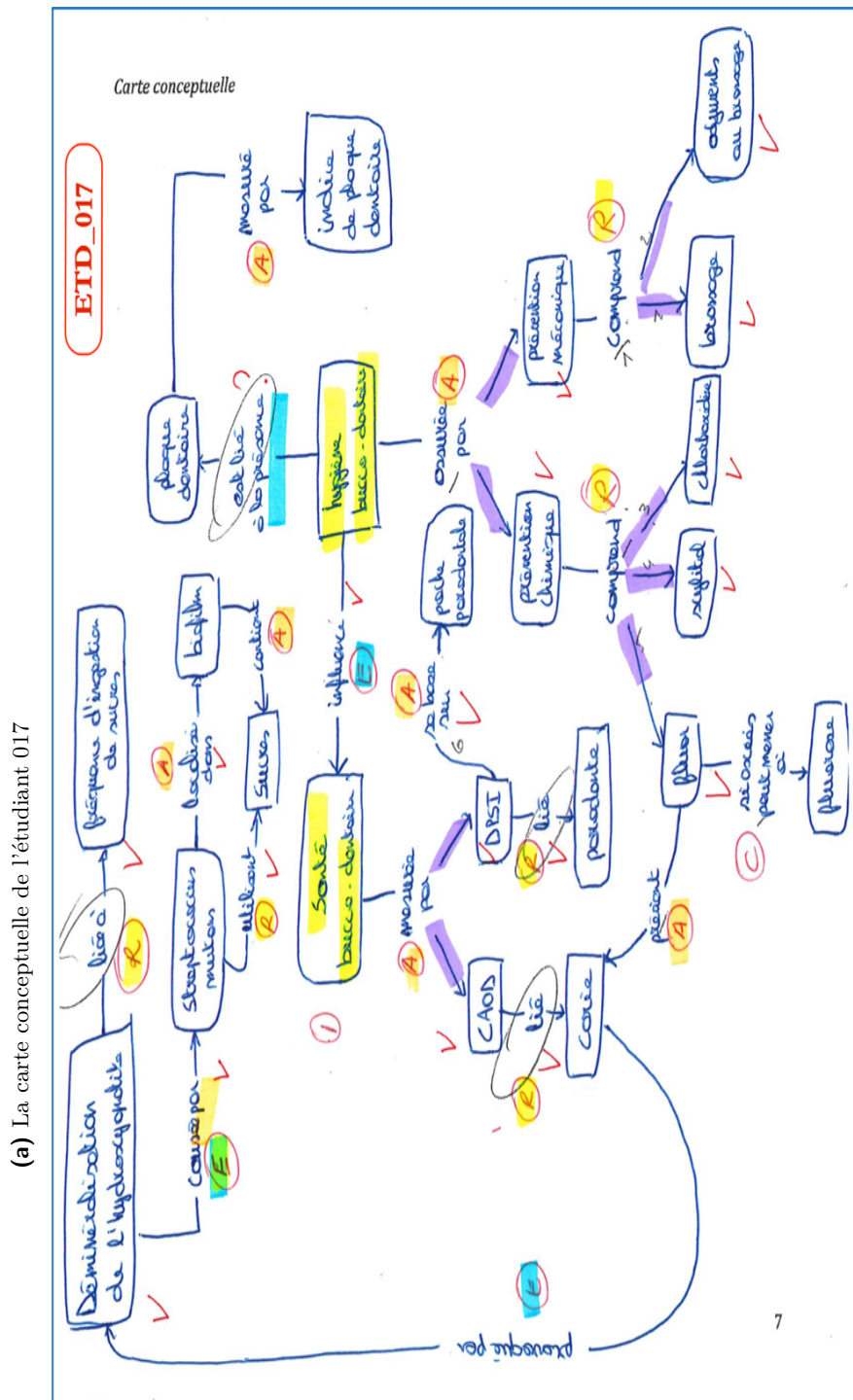
4) « Une étude est menée chez 81 patients dont le taux de *Streptococcus mutans* dans la cavité buccale est supérieur à 2 CFU (colony forming unit/mL). Après un traitement par antibiotiques de 15 jours, on obtient les résultats ci-dessous.

	Moyenne $\pm$ ESM*
Avant traitement	Strepto = $2,27 \pm 0,13$
Après traitement	Strepto = $2,12 \pm 0,15$
	Différence = $0,15 \pm 0,06$

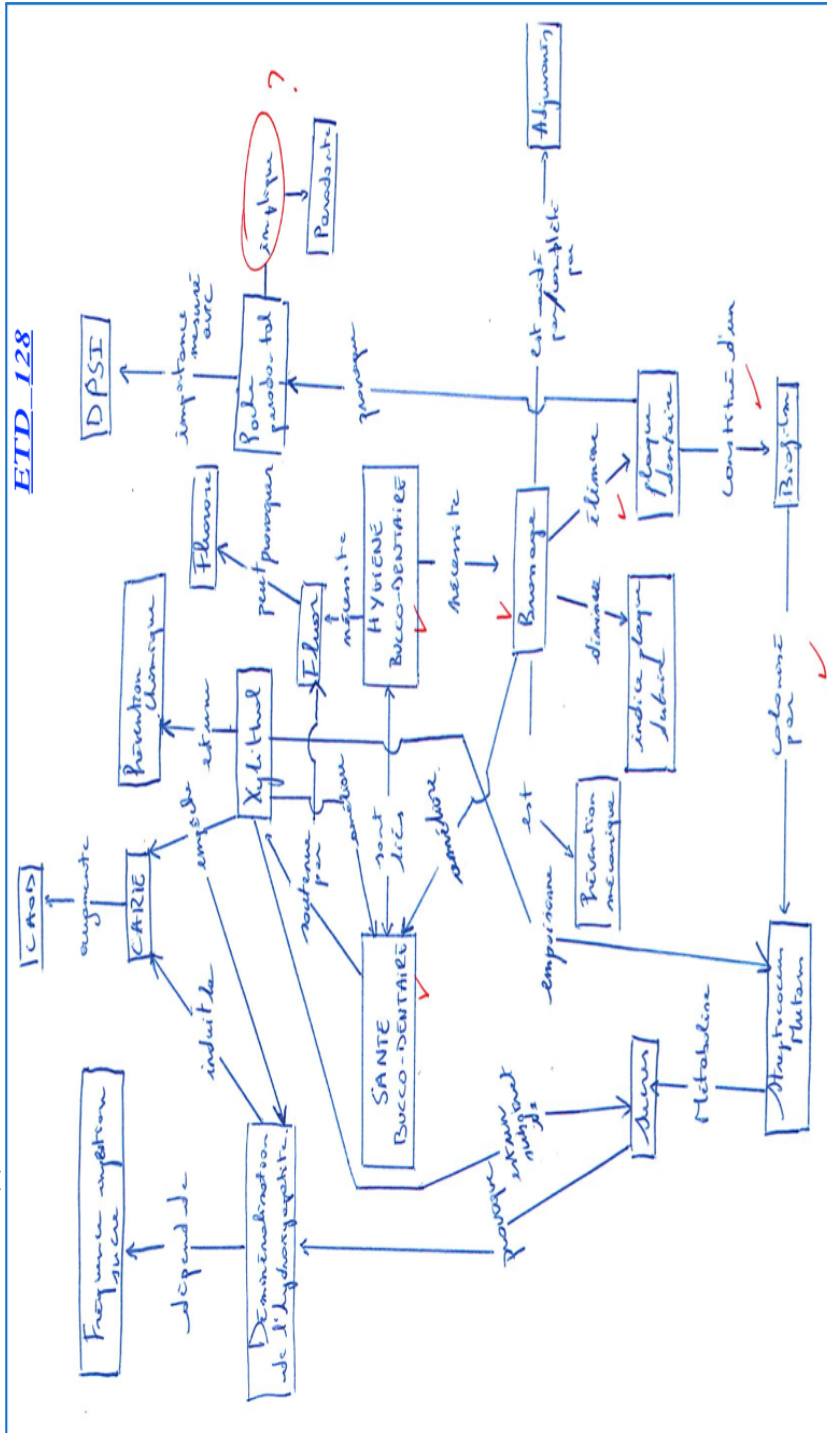
En reprenant les données précédentes avec un seuil de signification de 1 %, identifiez la proposition de conclusion :

- On ne met pas en évidence de modification significative du nombre de bactéries après traitement par antibiotiques
- Le traitement est inefficace
- On met en évidence une diminution significative du nombre de bactéries après traitement antibiotiques
- On met en évidence une augmentation significative du nombre de bactéries après traitement antibiotiques
- On ne dispose pas des informations nécessaires pour conclure »

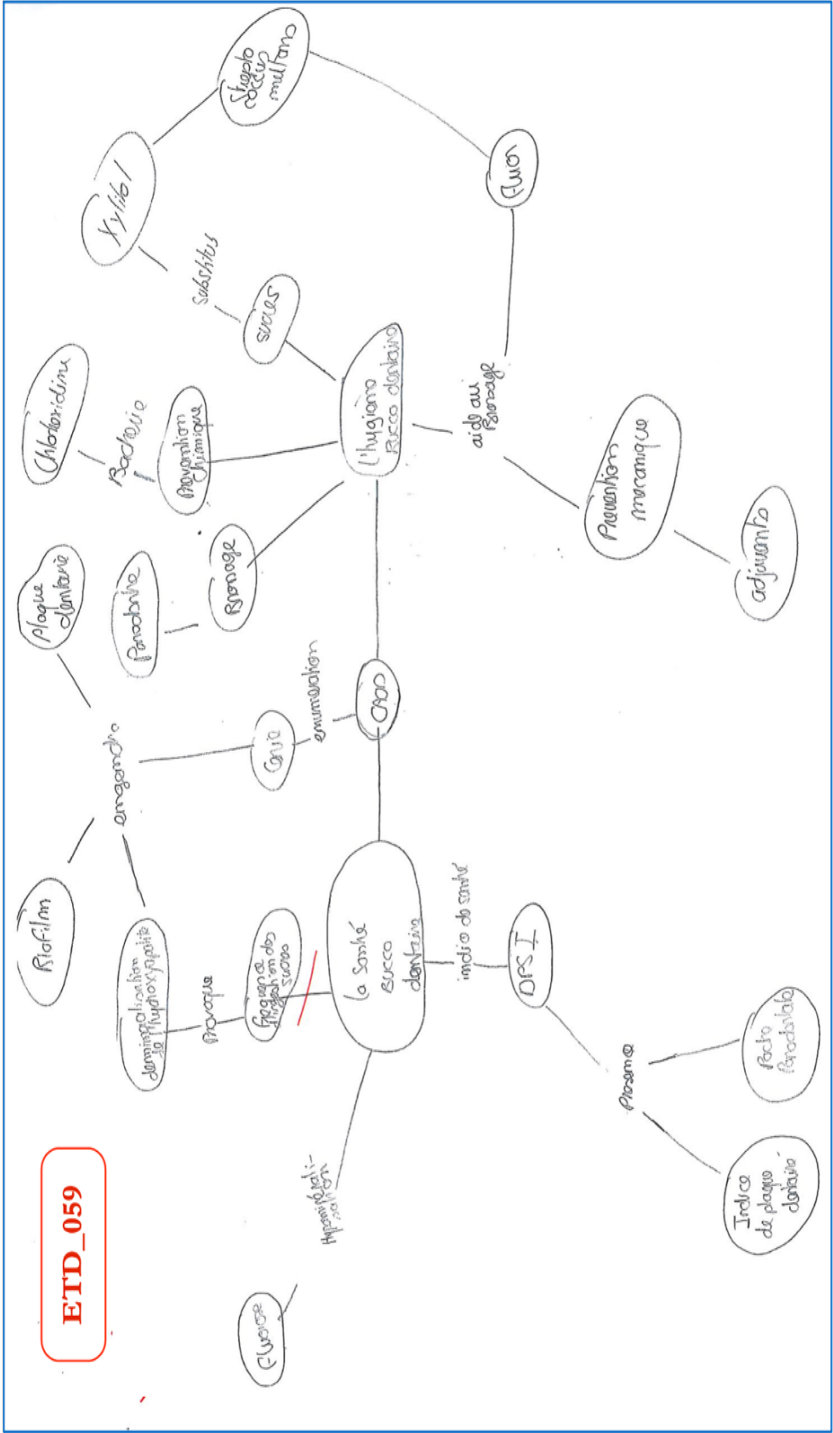
Figure 8.4 Exemples de cartes conceptuelles produites par les étudiants de la cohorte 1 sur la thématique "santé bucco-dentaire"



(b) La carte conceptuelle de l'étudiant 128



(c) La carte conceptuelle de l'étudiant 059



8.3 Annexes : chapitre 4

Figure 8.5 (a) Dispersion of the total number of concepts and (b) the ratio of key concepts by morphology type for topic 2 (N = 31)

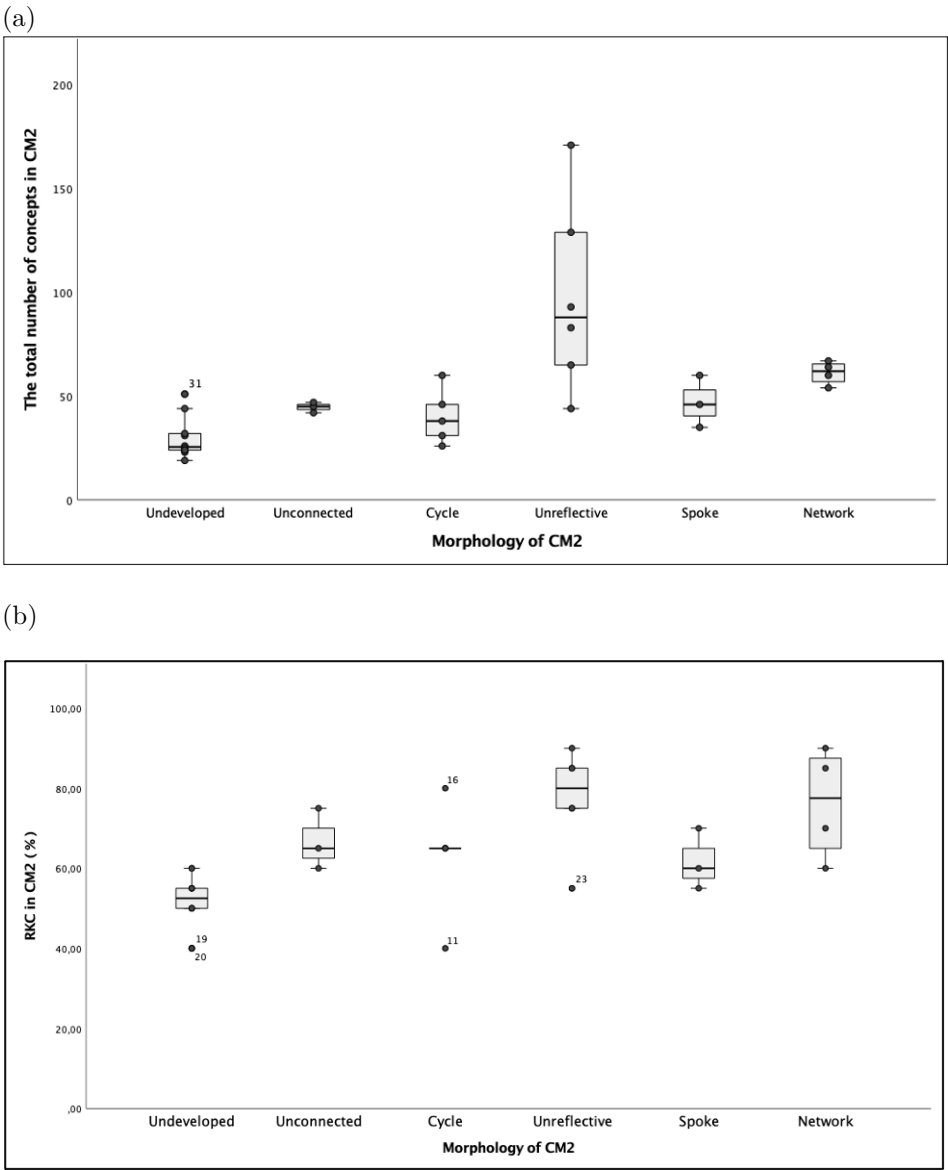


Figure 8.6 (a) Dispersion of the total number of concepts and (b) the ratio of key concepts by morphology type for topic 3 (N = 31)

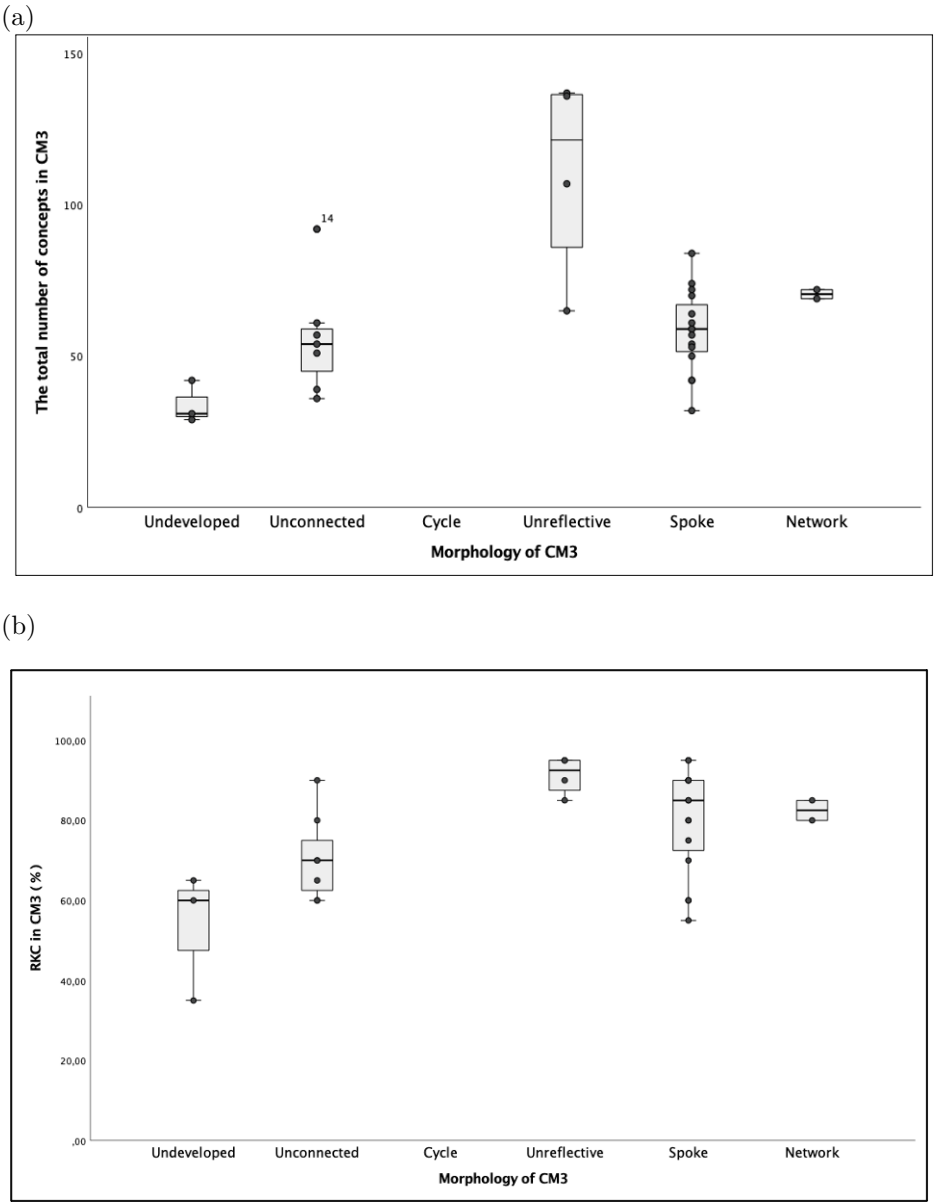
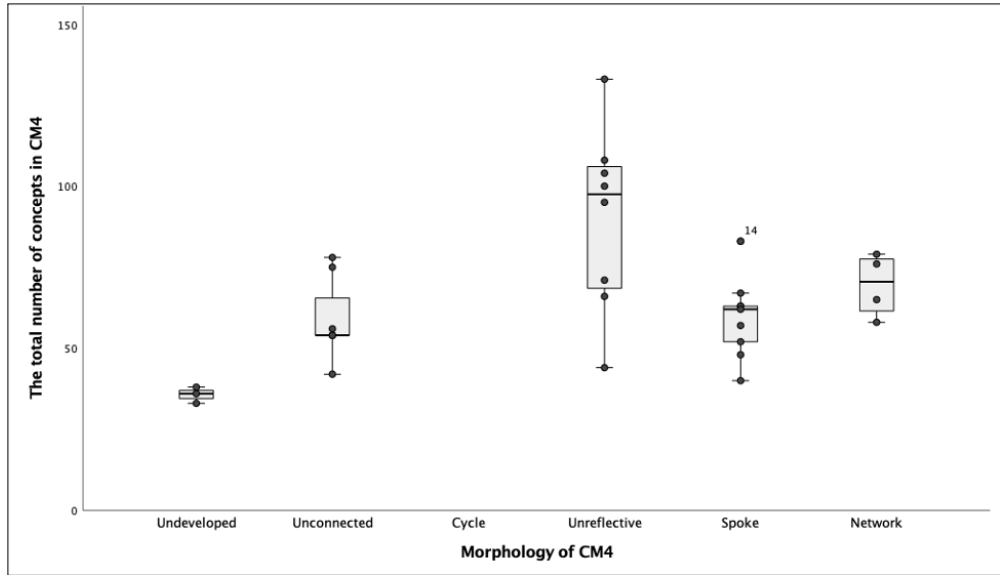


Figure 8.7 (a) Dispersion of the total number of concepts and (b) the ratio of key concepts by morphology type for topic 4 (N = 31)

(a)



(b)

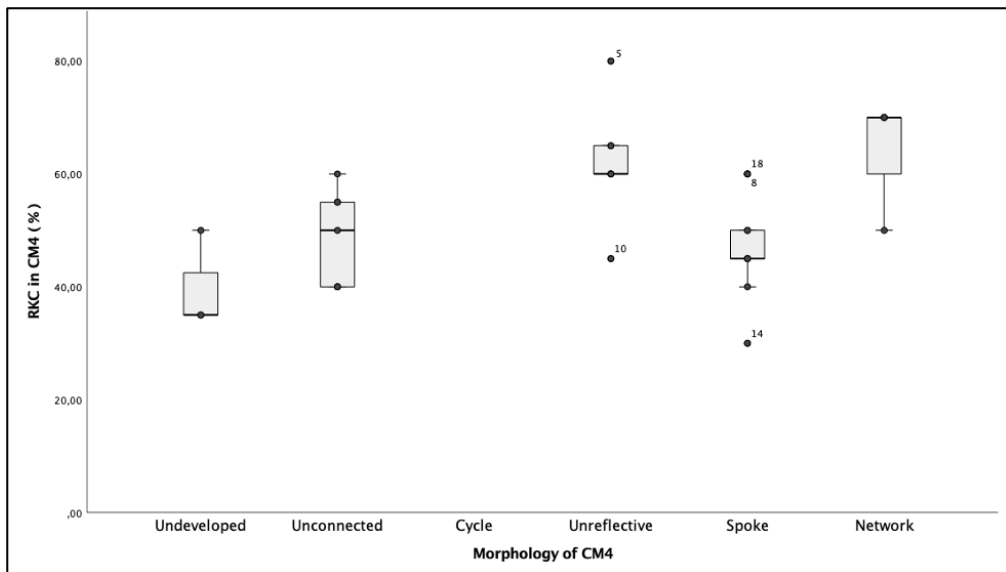


Tableau 8.1 Evolution de la morphologie des cartes conceptuelle (chapitre 4)

Etudiant	Morphologie de la thématique 1	Morphologie de la thématique 2	Morphologie de la thématique 3	Morphologie de la thématique 4
ETD_2019_01	Spoke	Network	Spoke	Network
ETD_2019_02	Unconnected	Spoke	Spoke	Unreflective
ETD_2019_03	Unconnected	Cycle	Unconnected	Unconnected
ETD_2019_05	Unreflective	Spoke	Spoke	Spoke
ETD_2019_07	Spoke	Unreflective	Unreflective	Unreflective
ETD_2019_08	Undeveloped	Undeveloped	Spoke	Spoke
ETD_2019_09	Undeveloped	Undeveloped	Unconnected	Spoke
ETD_2019_10	Spoke	Network	Unconnected	Spoke
ETD_2019_11	Unconnected	Undeveloped	Undeveloped	Unconnected
ETD_2019_12	Unconnected	Undeveloped	Spoke	Unreflective
ETD_2019_13	Spoke	Cycle	Spoke	Spoke
ETD_2019_14	Unconnected	Undeveloped	Spoke	Unconnected
ETD_2019_15	Cycle	Undeveloped	Spoke	Unconnected
ETD_2019_16	Unconnected	Unconnected	Unconnected	Spoke
ETD_2019_17	Unreflective	Spoke	Spoke	Unreflective
ETD_2019_18	Spoke	Cycle	Spoke	Spoke
ETD_2019_19	Spoke	Unreflective	Spoke	Unreflective
ETD_2019_20	Unreflective	Unconnected	Spoke	Spoke
ETD_2019_21	Undeveloped	Undeveloped	Unconnected	Undeveloped
ETD_2019_23	Undeveloped	Undeveloped	Undeveloped	Undeveloped
ETD_2019_25	Spoke	Unreflective	Unreflective	Unreflective
ETD_2019_26	Network	Unreflective	Unreflective	Unreflective
ETD_2019_27	Unconnected	Unreflective	Spoke	Network
ETD_2019_28	Spoke	Network	Network	Unreflective
ETD_2019_29	Spoke	Unreflective	Unreflective	Network
ETD_2019_30	Undeveloped	Undeveloped	Undeveloped	Undeveloped
ETD_2019_35	Undeveloped	Cycle	Spoke	Unconnected
ETD_2019_37	Unconnected	Unconnected	Unconnected	Unconnected
ETD_2019_39	Spoke	Cycle	Spoke	Spoke
ETD_2019_41	Spoke	Network	Network	Network
ETD_2019_42	Unconnected	Undeveloped	Unconnected	Unconnected

Figure 8.8 Jitter plot of total number of concepts and key concepts per topic (N = 31)

