

# Utilisation des cartes conceptuelles pour étudier le raisonnement et la construction de problèmes scientifiques par les étudiants

Robin Bosdeveix<sup>1</sup> et Yann Lhoste<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, LDAR, EA 4434, France

<sup>(2)</sup> Université de Bordeaux, ESPE d'Aquitaine, Lab-E3D, EA 4140, France

Résumé : Les cartes conceptuelles constituent un outil de recherche permettant d'étudier les systèmes explicatifs des apprenants et leur évolution au cours de l'enseignement. Mais les cartes produites et les représentations mentales n'étant pas une seule et même chose, un travail d'inférence à partir de productions est nécessaire. La communication questionne la manière d'utiliser les cartes conceptuelles pour étudier le raisonnement scientifique et les difficultés des étudiants. Nous cherchons également à déterminer dans quelles mesures les cartes conceptuelles peuvent être utilisées pour analyser la construction de problèmes par les étudiants. La problématisation étant un processus dynamique, nous pensons que nous ne pouvons pas nous limiter à l'étude de la seule production finale mais que c'est le processus de sa construction qu'il convient d'étudier. Une méthodologie est proposée et expérimentée dans le contexte d'une étude de cas à visée heuristique.

Mots-clés : Carte conceptuelle ; raisonnement scientifique ; problématisation ; classifications biologiques ; végétaux

## Contexte, positions théoriques et questions de recherche

### Les cartes conceptuelles comme outil de recherche sur le raisonnement scientifique des apprenants

Les cartes conceptuelles (*concept map* ou *cmap*) sont définies comme des représentations graphiques des relations entre concepts. Elles se distinguent d'autres outils par la spécification de la nature des liens unissant deux « nœuds » (concepts au sens plein du terme ou autres éléments de discours). Une *cmap* est constituée de propositions, formant les unités de signification, constituées de deux éléments de discours reliés par un mot de liaison. Les *cmaps* constituent un outil de recherche permettant d'étudier les explications des apprenants et leur évolution au cours de l'enseignement, e.g. Khantine-Langlois et Biau (2009), Kinchin (2011), Wallace et Mintzes (1990). Utiliser cet outil suppose cependant de faire l'hypothèse que « le choix des mots utilisés pour qualifier les concepts est cohérent avec la définition conceptuelle de l'élève » et que « l'explicitation des liens d'une carte traduit une partie de la théorie explicative de l'élève » (Tribollet *et al.*, 2000, p. 63). Orange et Orange-Ravachol (2013, p. 51) rappellent que l'étude des modèles explicatifs des apprenants implique un travail d'inférence à partir de productions, qui ne sont pas des « traductions transparentes de constructions mentales préalables », en prenant en compte « les conditions de réalisation des productions ». Or les *cmaps* sont des productions particulières au sens où la part d'implicite reste assez grande du fait de leur caractère relativement schématique. À la suite de Prévost et Jacobi (1994, p. 121), nous pensons que les cartes et les représentations mentales ne sont pas une seule et même chose.

Nous souhaitons donc questionner la manière d'utiliser les cmap pour étudier le raisonnement des étudiants et proposer une méthodologie qui permette de contrôler au mieux notre travail d'inférence.

## Les cartes conceptuelles comme outil de recherche sur la problématisation

Cette recherche s'ancre dans le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation (Fabre et Orange, 1997) qui envisage la construction de problème comme un moyen d'accès à la connaissance scientifique. Les débats ou controverses scientifiques en classe à partir de productions d'élèves sont des moments privilégiés pour la communauté des chercheurs pour étudier la problématisation. Nous cherchons à déterminer dans quelles mesures les cmap peuvent être utilisées pour analyser la construction de problèmes par les étudiants. Une cmap donne à voir un ensemble de propositions reliées entre elles, mais dont le sens est à envisager en relation avec les questions travaillées. En effet, « la proposition n'a pas son sens en elle-même et renvoie toujours à une question, fut-elle implicite ou cachée » (Fabre, 2009, p. 27). La problématisation étant un processus dynamique, nous pensons que nous ne pouvons pas nous limiter à l'étude de la seule production finale mais que c'est le processus de construction qu'il convient d'étudier.

## Méthodologie

### Présentation de la séance et de sa place dans la séquence

L'activité de réalisation de la cmap est programmée à la fin d'une séquence d'enseignement en master 1 MEEF parcours SVT portant sur le groupe des végétaux dans les différentes classifications biologiques. Elle est basée sur l'analyse d'articles scientifiques. La tâche consiste à construire une cmap faisant le bilan des différentes conceptions des végétaux en tant que groupe biologique selon les classifications (fonctionnelle de type écologique et phylogénétique) et expliquant comment et pourquoi ont évolué historiquement ces conceptions. La séance est organisée en trois temps : 1/ introduction de la séance (30min) : présentation des cartes conceptuelles et du fonctionnement du logiciel CmapTools (Novak & Cañas, 2008) ; 2/ réflexion individuelle sur papier (15 min) ; 3/ construction d'une carte en binôme sans intervention de l'enseignant (1h15-1h30). Le travail en dyade nécessite une négociation entre les deux étudiants pour construire une seule carte. L'analyse de l'argumentation permet ainsi d'étudier les choix réalisés par les étudiants.

### Méthodologie de recueil des données

L'enregistrement vidéo de l'écran (screencast) permet d'acquérir un film de l'élaboration de la carte. Un dictaphone permet l'acquisition audio des échanges entre les deux étudiants. Le corpus est constitué de treize groupes. La transcription, réalisée avec le logiciel Transana, prend en compte les échanges verbaux ainsi que les concepts ou mots de liaison manipulés à l'écran qui ne sont pas commentés oralement ou bien de façon non explicite sans la vidéo.

### Méthodologie d'analyse des résultats

Un seul groupe est analysé dans le cadre de cette communication. La recherche présentée ici relève donc d'une étude de cas. La production finale est analysée en premier lieu afin d'identifier les propositions en décalage avec l'analyse *a priori* de la tâche, ainsi que les

éléments de discours ou liens importants qui seraient absents de la carte. L'analyse *a priori* de la tâche a permis d'élaborer une grille incluant les principaux concepts travaillés dans la séquence de formation précédant la séance de construction de la cmap. Une carte « experte » n'est pas réalisée pour servir de référence à une comparaison car nous ne pensons pas qu'il existe un réseau conceptuel « idéal ». Nous focalisons alors l'analyse de la construction de la carte sur ces éléments pour en comprendre les raisons. Concernant l'étude de la problématisation, notre regard se porte sur la mise en relation d'éléments référant aux deux types de registre (empirique et théorique) ainsi que sur la discussion autour des nécessités.

## Résultats et discussion

L'utilisation des cartes conceptuelles pour étudier la façon dont les étudiants conduisent des raisonnements autour du groupe des végétaux

La consigne engage les étudiants sur un problème de caractérisation multiple d'un groupe biologique, les végétaux, dépendant étroitement du type de classification (fonctionnelle ou phylogénétique). Or la cmap étudiée révèle un décalage entre une définition « absolue » et essentialiste des végétaux basée sur certains caractères dont l'autotrophie (photosynthèse) ou la paroi et la dépendance de la définition aux conceptions qui évoluent historiquement (cf. figure n°1, branche encerclée). Pourtant les deux étudiantes envisagent l'idée que la définition des végétaux ne soit pas unique et puisse changer : « *mais justement la définition elle change en fonction des conceptions* » (158). Elles n'arrivent cependant pas à le prendre en compte dans la réalisation de leur carte. Ce résultat nous semble pouvoir être interprété comme une difficulté à problématiser la multiplicité des définitions des végétaux selon les classifications. Plusieurs interprétations, non exclusives, peuvent être avancées. Tout d'abord, la tâche est éminemment complexe sur un plan conceptuel. En effet, elle nécessite de rendre compte d'une problématisation épistémologique et historique (l'évolution temporelle du concept de végétal), mais aussi d'une problématisation biologique s'inscrivant dans différents registres explicatifs (écologique, phylogénétique) qui ne sont pas incompatibles entre eux, mais qu'il faut bien fixer pour problématiser. De plus, le temps contraint est apparu comme un facteur limitant. Enfin, il semble difficile pour les étudiants d'envisager l'absence de certains caractères comme la photosynthèse parmi les végétaux, même au sein d'une classification phylogénétique.

Plusieurs concepts et liens conceptuels absents de la cmap ont été l'objet d'échanges argumentés lors de la réalisation de la carte. Leur absence a alors plusieurs explications (cf. tableau n°1). Elle peut être le fruit d'un choix délibéré, le concept étant jugé en dehors du problème travaillé. Elle peut également indiquer une difficulté conceptuelle comme par exemple la difficulté à clarifier précisément la nature de certains liens. Enfin, l'absence peut également être liée à des raisons pratiques, notamment le manque de temps empêchant de revenir sur certains choix qui n'ont pas été finalisés ou les contraintes liées à la nature de la tâche dont celle de produire une carte lisible. Nous avons enrichi la cmap avec les différents liens discutés par les étudiantes (cf. figure n°1), ce qui confirme bien que la seule prise en compte de la production finale serait réductrice et trompeuse.

Enfin, l'analyse de la construction de la carte apporte des informations sur la confiance accordée à certaines branches grâce à différents modalisateurs comme « *bah c'est pas mal* » (729) ou à l'inverse « *ah je sais plus / si c'est ça* » (715).

## L'utilisation des cartes conceptuelles pour étudier la problématisation

Étudions le cas de la branche suivante : « *plastés / qui proviennent de / cyanobactéries / grâce à / théorie d'endosymbiose / soit primaire / soit / secondaire* ». L'analyse argumentative indique que le modèle explicatif (théorie de l'endosymbiose) est avancé mais sans mobiliser explicitement des données empiriques (comme par exemple la présence de membranes plastidiales multiples ou la présence de matériel génétique de type bactérien). Ainsi sans dédoublement entre faits et idées, il n'est pas possible d'affirmer que le problème de l'origine des plastés soit construit lors de cette activité. Dans ce cas, nous ne pouvons pas dire si le savoir mobilisé par les étudiants est de nature propositionnelle ou bien problématisée. Cela dépend de ce qui est encapsulé ou non dans ce que disent les étudiantes. Dans d'autres branches, il y a mise en relation de concepts des deux registres (cas de la photosynthèse). Il reste à examiner s'il y a construction de nécessités. La présence de pigments et de plastés est qualifiée par les étudiantes de *nécessaire* pour assurer la photosynthèse : « *je vais mettre photosynthèse / qui implique elle-même des pigments / des plastés // qui **nécessite** (...) qui **nécessite** / pigments /plastés* » (569-571). Cette mise en relation est-elle suffisante pour affirmer que le savoir représenté dans la carte est de nature apodictique ? Il est difficile de l'affirmer avec certitude car les raisons de la nécessité de pigments ne sont pas indiquées (nécessité de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique). Cette nécessité fonctionnelle est-elle construite par les étudiantes mais en restant implicite ? Nous pouvons supposer qu'il y a ébauche de construction d'une nécessité mais dont les tenants et aboutissants ne sont pas explicités. Nous touchons donc ici une limite du dispositif mis en œuvre.

## Conclusion

Ainsi l'étude de la construction de la carte nous semble indispensable pour analyser de façon précise les cartes conceptuelles produites par les étudiants en évitant les surinterprétations ou des interprétations erronées. Elle ne remet pas à cause la pertinence de l'étude des cartes conceptuelles mais fournit de nombreux éléments qui permettent de mieux comprendre la production réalisée dans son contexte et ainsi de contrôler d'avantage les inférences que le chercheur doit nécessairement réaliser.

Cette étude de cas montre que le dispositif didactique mis en œuvre ne permet pas à lui seul d'accéder à la problématisation développée par les étudiants. Nous proposons donc de le faire évoluer en faisant suivre la construction de la carte par un débat portant sur la comparaison des différentes cmap réalisées. La discussion autour de plusieurs cartes nous semble de nature à engager les étudiants « dans un processus rationnel correspondant à une exploration du possible, de l'impossible et du nécessaire » (Orange, 2005, p. 8). Un tel dispositif didactique se rapproche alors des méthodologies faisant une place centrale au débat scientifique en classe. Mais il s'en distingue par la centration du débat entre étudiants sur l'objet cmap dont la spécificité est de présenter des mises en relations conceptuelles permettant d'aller vers un degré plus élevé de généralisation. En ce sens, une telle utilisation des cmap pourrait présenter des points communs avec le travail autour de prototypes d'explications, les « caricatures » (Orange, 2014). Elles pourraient avoir en commun de générer une même dynamique de décontextualisation et recontextualisation, en obligeant les étudiants à s'extraire de l'ici et maintenant du cas étudié et ainsi d'aller « du local au global ». Cette hypothèse ouvre donc une nouvelle perspective de recherche. Une condition de possibilité de la construction de savoirs problématisés par l'utilisation de cartes conceptuelles consiste en une exigence forte quant à la mise en relation entre faits et

idées et à l'établissement de la dimension apodictique des nécessités construites. Cette attention particulière pourrait se traduire à la fois dans la consigne de réalisation de la carte conceptuelle appelant explicitement à dégager les raisons de chaque branche en articulant des éléments empiriques et théoriques, mais aussi dans le pilotage du débat par l'enseignant.

## Références bibliographiques

- Fabre, M. (2009). Qu'est-ce que problématiser ? Genèses d'un paradigme. *Recherches En Education*, 6(22-32).
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Khantine-Langlois, F., & Biau, M. (2009). Évolution des connaissances des élèves sur les concepts d'acides et de bases en relation avec les programmes. *Bulletin De L'Union Des Physiciens*, 103(917), 859-874.
- Kinchin, I. M. (2011). Visualising knowledge structures in biology: Discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45(4), 183-189.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). *The theory underlying concept maps and how to construct and use them* (Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008).
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
- Orange, C. (2014). Schèmes argumentatifs et problématisation dans des débats en classe sur le mouvement du membre supérieur (CM1-CM2). *Actes des huitièmes rencontres scientifiques de l'ARDiST (Marseille), Revue SKHOLÉ*, 18(1), 491-500.
- Orange, C., & Orange Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : Sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches En Education*, 17, 46-61.
- Prévost, P., & Jacobi, D. (1994). Les cartes conceptuelles : Outil cognitif, instrument de communication ou moyen de recherche ? *Didaskalia*, 5, 119-123.
- Tribollet, B., Langlois, F., & Jacquet, L. (2000). Protocoles d'emploi des cartes conceptuelles au lycée et en formation des maîtres. *Tréma*, (18), 61-78.
- Wallace, J. D., & Mintzes, J. J. (1990). The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033-1052.

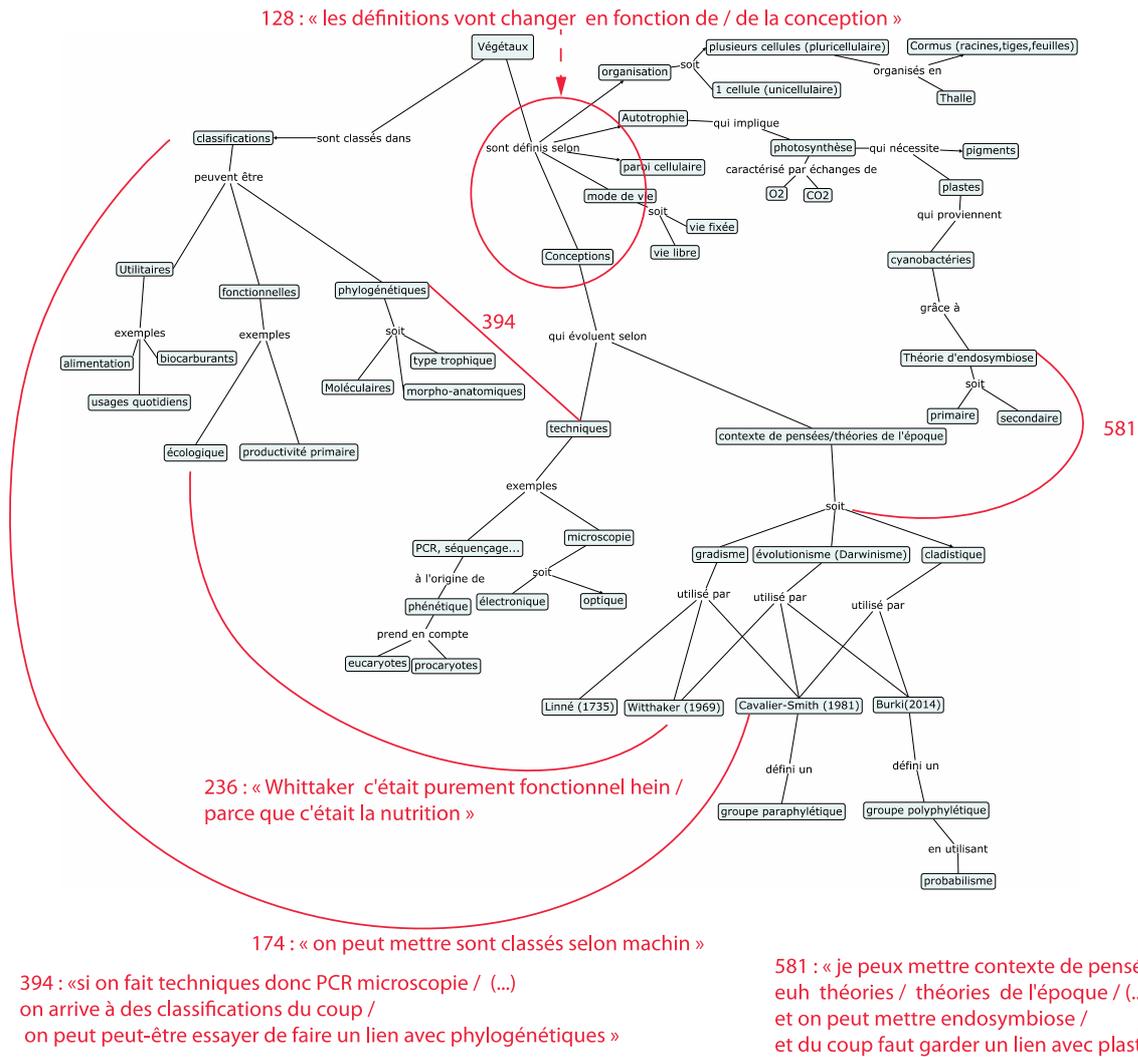


Figure n° 1 : carte conceptuelle étudiée avec ajout des liens discutés lors de la construction de la carte (en rouge). Le cercle pointe un « décalage » entre une définition « absolue » des végétaux et la dépendance de la définition aux conceptions qui évoluent historiquement

	Exemples
<b>Choix délibéré</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de citation de l'un des quatre auteurs étudiés (Gasparini) car son article ne portait que sur le phytoplancton et non pas l'ensemble des végétaux (407)</li> </ul>
<b>Difficultés conceptuelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de lien entre les différentes classifications et les définitions des végétaux (128-158)</li> </ul>
<b>Contraintes pratiques</b> (manque de temps, souci de lisibilité de la carte)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de lien entre Whittaker et classification fonctionnelle / écologique (236)</li> <li>• Absence de lien entre endosymbiose et « contexte de pensées / théorie de l'époque » (581)</li> <li>• Absence de lien entre techniques et classification phylogénétique (394)</li> </ul>

Tableau n°1 : exemples illustrant trois cas d'absence de concepts ou de liens conceptuels qui ont été discutés lors de la construction de la cmmap (les numéros indiquent les tours de parole)