



RDST

Recherches en didactique
des sciences et des technologies

N° 8
2013

Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique

Dossier coordonné par
Jacques GINESTIÉ & André TRICOT

Dossier

Jacques GINESTIÉ & André TRICOT

Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique 9

Gilles ALDON & Karine BÉCU-ROBINAULT

Modélisation et représentations des états de l'eau par des élèves de SEGPA..... 23

Dominique BELLEC & André TRICOT

Étude des systèmes techniques en enseignement secondaire : apports de la théorie de la charge cognitive..... 47

Serge FRANC, Christian REYNAUD & Abdelkrim HASNI

Apprentissages en éducation à la biodiversité à l'école élémentaire : savoirs et émotions au sujet des arthropodes 65

Isabelle KERMEN & Marcia Teixeira BARROSO

Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale..... 91

Éliane PAUTAL, Patricia SCHNEEBERGER & Patrice VENTURINI

De l'action à l'activité d'enseignants et d'élèves : une aide pour comprendre l'enseignement et l'apprentissage en sciences du vivant..... 137

Compte rendu d'innovation

Jean-François PABA, Jacques GINESTIÉ & Marie AGOSTINI

Enseigner le concept de milieu : exemple de processus d'aide à la prise en compte des conceptions initiales des élèves 139

Varia

Dimitrios KOLIOPOULOS, Jean-Marie BOILEVIN, Sotiris DOSSIS,

Eleni PARASKEVOPOULOU & Konstantinos RAVANIS

Rapport au savoir scientifique de futurs professeurs des écoles en France et en Grèce : le cas du pendule 163

María-Eugenia SALAMANCA-ÁVILA, Mariane FRENAY,

Cécile VANDER BORGHT & Thierry HANCE

Transformation de la représentation des concepts scientifiques en écologie chez des étudiants de l'enseignement supérieur..... 189

Transformation de la représentation des concepts scientifiques en écologie chez des étudiants de l'enseignement supérieur

María-Eugenia SALAMANCA-ÁVILA

Mariane FRENAY

Cécile VANDER BORGHT

Thierry HANCE

Université catholique de Louvain, faculté des sciences, institut ELI et faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, institut IPSY, Louvain-la-Neuve (Belgique)

RÉSUMÉ • Afin d'explorer l'évolution de la représentation de l'écologie commune à une cohorte d'étudiants universitaires, nous partons des cartes conceptuelles construites par les apprenants à trois moments clés d'un cours d'écologie : avant (semaine 0/14), pendant (semaine 8/14) et après le cours (semaine 14/14). Nous interprétons les données issues de ces cartes à la lumière de la théorie structurale du noyau central. Nous proposons deux modèles graphiques permettant de visualiser la représentation de l'écologie, commune à la cohorte d'étudiants. Le premier modèle met en évidence le noyau et les périphéries de cette représentation, le second permet d'approfondir la structure et le contenu du noyau central. Ces modèles, construits à partir des données recueillies à chaque étape du cours (avant, pendant et après le cours), sont comparés entre eux. À travers cette comparaison, nous mettons en évidence la transformation de la représentation au fil du cours.

MOTS-CLÉS • écologie, enseignement supérieur, représentation cognitive, carte cognitive, didactique.

Cet article s'articule en six parties. Tout d'abord, nous situons la recherche dans le champ de la didactique des sciences, explicitons nos choix théoriques et précisons nos objectifs et questions de recherche. La deuxième partie est consacrée à la description du dispositif de recherche : recueil des données, méthodes pour l'exploration du contenu et de la structure de la représentation commune. La troisième partie présente l'exploitation des données à travers deux modèles de la représentation commune. Dans la quatrième partie, nous explorons la transformation de la représentation commune des étudiants au cours du temps.

Une cinquième partie est consacrée à la discussion des résultats. En conclusion, nous soulignons les apports à l'enseignement et à l'apprentissage qui découlent de notre recherche ainsi que les limites de la recherche et des perspectives pour des recherches ultérieures.

1. Notre recherche dans le champ de la didactique des sciences

1.1. Utilité sociale d'une solide formation scientifique en écologie

Les espoirs de voir surgir une nouvelle société responsable, respectueuse de l'environnement et d'orienter la planète vers un développement durable se sont tournés vers l'écologie scientifique pendant la seconde moitié du XX^e siècle. Ainsi, les connaissances en écologie ont été sollicitées afin d'améliorer des processus techniques, la conservation des ressources naturelles et la réflexion sur l'harmonisation de la relation humains-nature. Elles contribuent à la résolution de certains problèmes les plus urgents auxquels nous sommes confrontés, tant au niveau mondial qu'au niveau régional ou local. C'est à travers les apports de la recherche en écologie que plusieurs options pour une gestion efficace du traitement des problèmes liés à l'environnement sont formulées (Schwarz, 2011 ; Hance, 2012).

L'écologie est également appelée à jouer un rôle important dans la mission – ou le projet politique – de la protection de l'environnement afin de contribuer à l'orientation de la société vers un monde plus durable et respectueux de l'environnement (Jamison, 2001, 2011). Des engagements politiques et d'intérêt général sont pris au nom de l'écologie.

Une solide formation scientifique en écologie est donc indispensable pour utiliser les connaissances scientifiques à bon escient et éduquer les futurs décideurs qui joueront un rôle crucial dans la conception d'une société responsable (Rio+20, 2012).

C'est dans cette perspective que s'inscrivent les cours d'écologie dispensés en deuxième année universitaire en biologie à l'université catholique de Louvain (UCL-Belgique).

1.2. Représentation/conception et formation scientifique

Depuis les années 1970, des recherches à propos de l'apprentissage de contenus disciplinaires ou interdisciplinaires ont été menées. Elles ont permis de comprendre les questions, les idées, les façons de raisonner, le cadre de référence des apprenants, tous ces éléments que l'on regroupe sous le terme générique de « conception/représentation ».

En didactique des sciences le terme « représentation » est utilisé pour faire référence à « un modèle personnel d'organisation des connaissances par rapport à un problème particulier » (Migne, 1994, p. 23). Les représentations ont été étudiées afin d'approcher les connaissances du sujet présent « déjà-là » au moment de l'enseignement (Astolfi *et al.*, 1997). Après discussion, les didacticiens préfèrent pour des raisons de clarté le terme de « conception » à celui de représentation car le mot fait référence à

l'« ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes, mais surtout il met en évidence l'idée que cet ensemble traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles » (Giordan & De Vecchi, 1987, p. 79).

En termes d'apprentissage, les conceptions dites « initiales » ou « naïves » se constituent en dispositif d'« accueil permettant d'assimiler ou non les informations nouvelles et un outil à partir duquel chacun va déterminer ses conduites et négocier ses actions » (Giordan & De Vecchi, 1987, p. 66). C'est la raison pour laquelle, tant l'identification que la prise en compte des représentations sont devenues très importantes, voire fondamentales. Dans cette perspective, un apprentissage solide repose sur un changement de représentations/conceptions pour en adopter d'autres, plus proches du savoir scientifique.

Bien que les études à propos des représentations que les étudiants ont de l'écologie à l'université soient particulièrement justifiées, les recherches à ce sujet, sont peu nombreuses (D'Avanzo, 2003 ; Munson, 1994).

Des études relatives à la « nature » de l'écologie mettent en évidence diverses sources de difficultés pour qui veut enseigner/apprendre l'écologie. L'écologie étant une science relativement récente, les experts doivent encore s'accorder sur les définitions des concepts de base (Jax, 2007 ; Sander, Jelemenská & Kattmann, 2006). On peut observer une grande disparité entre le degré d'abstraction et le concret des concepts (Garb, Faletti & Fisher, 1986). Interdisciplinaire, l'écologie décrit de nombreux phénomènes dont nous avons l'expérience (comme par exemple les changements climatiques ou différents types de contaminations). Ceci amène parfois à interpréter ces phénomènes à partir des représentations des uns et des autres sans les confronter aux connaissances scientifiques (Brody, 1993). Contrairement à son apparence, l'écologie n'est pas une science à structure linéaire simple (Begon, Townsend & Harper, 2006). La difficulté de représenter tant les enjeux écologiques que les interrelations entre les concepts est encore évoquée par certaines études (Hogan & Fisherkeller, 1996).

De plus, au fil du temps, les frontières entre les connaissances scientifiques, philosophiques et politiques (Schwarz & Jax, 2011) se sont estompées, ce qui conduit parfois à prendre des engagements politiques ou d'intérêt général qui relèvent plus du militantisme ou de l'opportunisme que d'une réflexion scientifique réelle.

Au vu de ces difficultés, une recherche sur les représentations des apprenants en écologie est particulièrement indiquée.

1.3. Recherches en didactique sur les représentations de l'écologie

Jusqu'à présent, en didactique de l'écologie, les représentations des apprenants ont été étudiées comme :

- produit de l'apprentissage d'un ou de plusieurs concepts tels que « chaîne trophique », « cycle de nutriments », « environnement », etc. (Sundberg, 2003 ; Griffiths & Grant, 1985 ; Gallegos, Jerezano & Flores, 1994) ;

- un savoir qui s'écarte du savoir scientifique et qui est source d'éventuels obstacles à l'apprentissage (D'Avanzo, 2007 ; Stamp, 2004 ; Trowbridge & Mintzes, 1988) ;
- un savoir utile pour la planification de l'enseignement (Ballantyne, 2004 ; Hogan & Fisherkeller, 1996 ; Munson, 1994) ;
- le résultat de l'application de différentes méthodes de recueil et d'analyse (Brody, 1993 ; Mann & Treagust, 1998).

La plupart de ces recherches négligent l'aspect « construction » de la représentation, processus qui se situe en amont et en aval du « produit » (Jodelet, 1984). Bien souvent, elles n'envisagent pas non plus une étude systémique du contenu, c'est-à-dire qu'elles n'envisagent pas les représentations comme des ensembles organisés d'éléments (les concepts) en interaction (les relations) les uns avec les autres.

À travers la présente recherche, nous souhaitons appréhender le contenu et la structure de la représentation de l'écologie et mettre l'accent sur la « re-construction » de la représentation en étudiant la transformation de celle-ci au cours du temps.

1.4. Représentation « sociale » et représentation « commune à une cohorte d'étudiants »

Les recherches sur les représentations des étudiants menées dans le champ de la didactique s'attachent, le plus souvent, à identifier les représentations individuelles. Nous pensons que, dans un groupe d'étudiants universitaires, il est possible et utile de dégager des éléments partagés par l'ensemble du groupe et par rapport auxquels l'enseignant et chaque étudiant peuvent se situer.

C'est en psychologie sociale que ce type de représentation, nommée « représentation sociale », fait l'objet de recherches. Une représentation sociale est « le produit et le processus d'une activité mentale par laquelle un individu ou un groupe reconstitue le réel auquel il est confronté et lui attribue une signification spécifique » (Abric, 1987, p. 64). Elle est une forme de connaissance, constituée d'un ensemble de propriétés qu'un groupe social applique à un objet ou une situation sociale. Elle donne un éclairage sur l'objet social ou la situation. Les représentations sociales sont généralement des éléments partagés par des groupes, qu'elles permettent d'unifier (Abric, 1994).

On serait tenté de considérer une représentation des concepts scientifiques commune à un groupe d'étudiants comme « sociale », vu le contexte social de la transmission de la connaissance. Dans le champ de la psychologie sociale, la représentation sociale prend en compte, outre les connaissances scientifiques, les valeurs, les actions.

Dans notre recherche, nous souhaitons identifier des changements de la représentation provoqués et dirigés par un contenu précisé dans le cadre d'un cours de formation scientifique sans tenir compte des valeurs qui les sous-tendent. C'est pourquoi nous adoptons le terme de représentation « commune » en lieu et place de celui de « sociale ».

1.5. Un cadre de référence pour l'analyse de la représentation commune

Un certain nombre de recherches ont été menées à propos des représentations sociales, à travers des analyses de données provenant de témoignages et d'enquêtes. Jodelet (1989) et Doise, Clemence et Lorenzi-Cioldi (1992) se sont particulièrement intéressés au contenu de la représentation. Abric (2001) et Flament (2001) y ont ajouté l'aspect structural.

Nous souhaitons connaître la représentation commune des étudiants, de manière à pouvoir l'aborder en tant que système de concepts mis en relation les uns avec les autres et de façon à pouvoir suivre ses transformations au cours de temps. Les études d'Abric (1989, 1994) et de Flament (1987, 1994), fondées sur le contenu et la structure des représentations nous semblent pertinentes.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons choisi la perspective structurale et nous nous inspirons de la « théorie structurale du noyau central » (Abric 1989, 1994 ; Flament, 1987, 1994) qui permet d'esquisser une dynamique des représentations (sociales), « définies comme des structures cognitives hiérarchisées comportant un système central et un système périphérique » (Roussiau & Bonardi, 2000, p. 3).

Pour Abric (1976, 1994), le noyau, constitué de croyances non négociables, est l'élément fondamental de la représentation, celui qui en assure la stabilité. Le noyau exerce deux fonctions : l'une, génératrice de signification et l'autre, organisatrice de la nature des liens entre les éléments. La périphérie, constitué de croyances opérationnelles et conditionnelles (Abric, 1994 ; Moliner, 2001), est composée d'éléments hiérarchisés autour du noyau central. Ceux-ci assurent trois fonctions : concrétisation, régulation (il permet une modulation personnalisée) et défense du noyau central. Les éléments de la périphérie permettent l'évolution de la représentation (Abric, 1994). La stabilité du système central et la variabilité du système périphérique composent une représentation sociale dynamique, évolutive (Roussiau & Bonardi, 2000).

La question qui se pose est de savoir comment les représentations se transforment. Dans cette perspective, nous devons d'abord déterminer une méthode de recueil des données, en référence au système théorique qui sous-tend la recherche.

1.6. Outil de recueil des données : la carte conceptuelle

Puisque nous étudions la représentation commune en tant que « système hiérarchique », nous avons cherché une méthode de recueil de données permettant de rendre compte de cette hiérarchie. Nous avons choisi la carte conceptuelle (cf. figure 1), d'une part, parce qu'elle permet de récolter les informations de manière hiérarchique et d'autre part parce que les études empiriques indiquent qu'elle est un outil qui permet l'organisation et la représentation de la connaissance » (Novak & Cañas, 2006, p. 1). La carte est une « une représentation graphique d'un domaine de la connaissance tel que perçu par un ou plusieurs individus. Cette perception – évolutive – établit des liens entre des concepts – interconnexions sémantiques – selon des règles plus ou moins formelles »

(Laflamme, 2011, p. 9). Ainsi, elle constitue une « représentation visuelle de la connaissance à des fins de création et de partage » (Tricot, 2006, p. 52), elle donne également une idée de la structure des dites connaissances à travers la mise en évidence de l'association sémantique des termes. La carte conceptuelle permet également des analyses de contenu tant quantitatives que qualitatives (Miller & Cañas, 2008).

De plus, elle permet de suivre l'évolution d'un apprentissage (Chi, Farr & Glaser, 1988). En effet, la carte conceptuelle, diagramme bidimensionnel qui représente la structure cognitive de l'apprenant – leurs représentations – est dépendante du niveau de cheminement de réflexion de l'étudiant. Elles peut être envisagée comme des témoins de sa progression au cours d'un enseignement (Novak, 1990).

Malgré les qualités de la carte conceptuelle, la littérature concernant l'étude de la structure des représentations tant en sociologie qu'ailleurs rapporte peu d'études utilisant cette technique de recueil de données. Au travers de nos analyses nous tenterons d'en montrer la pertinence.

La figure 1 présente un exemple de carte conceptuelle qui décrit la structure de la carte conceptuelle.

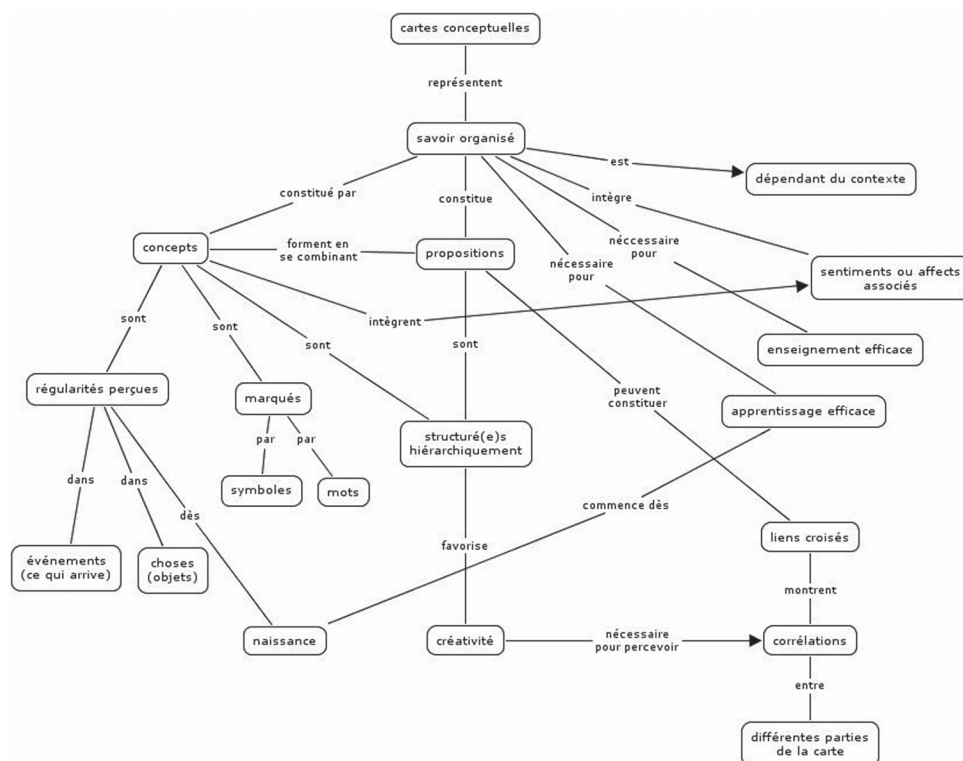


Fig. 1 : exemple de carte conceptuelle qui décrit la structure d'une carte conceptuelle (traduction de la carte de Novak, & Cañas, 2006).

1.7. Repérage des composants et de la structure du noyau central et comparaison au cours du temps

À ce stade, la question qui se pose est la suivante : comment utiliser l'information provenant des cartes conceptuelles pour construire la structure de la représentation : le noyau central et la périphérie ?

Nous proposons deux modèles graphiques permettant de visualiser la représentation commune à une cohorte d'étudiants : l'un, général ou global, cherche à mettre en évidence les composants du noyau et de ses périphéries, l'autre tente de mettre en évidence l'agencement hiérarchique des composants du noyau de la représentation ainsi que les relations qui unissent les concepts entre eux.

La structure du noyau est représentée par une carte conceptuelle. Nous étudions également la nature des liens qui unissent les concepts. En effet, selon Ausubel (1963, 1968), les propositions (formées par une triade : concept-lien-concept) constituent la plus petite unité de la connaissance. C'est à travers elles que l'on peut tester l'intégration des savoirs. Car « les relations entre les concepts deviennent plus explicites, plus précises et mieux intégrées avec d'autres concepts et propositions » (Novak, 2006, p. 1) lors de l'approfondissement de l'apprentissage.

Afin d'analyser les propositions, nous avons proposé une grille d'analyse (Salamanca-Ávila & Vander Borgh, 2010) établie sur deux constats : d'une part, dans la formulation des liens se reflètent les efforts de l'étudiant pour intégrer de nouvelles connaissances, c'est-à-dire le processus d'assimilation interne qui a lieu dans l'esprit de l'apprenant (Miller, 2008), et d'autre part, la compréhension d'un thème peut s'apprécier dans un processus qui commence habituellement par des cartes pauvres (tant dans la structure que dans le contenu) et qui s'améliore avec le temps (Cañas *et al.*, 2006).

Pour évaluer la complexité des cartes conceptuelles à partir de la qualité de leur contenu il faut explorer le sens et les caractéristiques des propositions (Miller & Cañas, 2008). Dans cette perspective, deux grands groupes de propositions ont été identifiées : les *statiques*, explicatives et/ou descriptives et les *dynamiques* qui expriment une relation de cause-conséquence, un mouvement physique, une action, un changement d'état, ou une forme de relation de dépendance (*Ibid.*). En général une représentation scientifique requiert des propositions à la fois statiques et dynamiques (Derbentseva, Safayeni & Cañas, 2004), toutefois, les progrès de la science moderne sont attribués à la formulation des relations dynamiques plutôt que statiques entre les concepts.

Nous considérons que le contenu de la représentation commune, examiné à différents moments, permet, par comparaison, d'identifier et de suivre le processus de transformation. Nous allons présenter les analyses et les modèles représentationnels correspondant à trois moments : avant le cours (semaine « 0 »), pendant le cours (semaine 8/14) et après le cours – mais avant l'examen – (semaine 14/14).

1.8. Objectifs, questions, hypothèses et originalité de la présente recherche

A travers la présente recherche, nous souhaitons appréhender le contenu et la structure de la représentation des concepts scientifiques de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants et en suivre la transformation au cours du temps.

Notre recherche poursuit deux objectifs. En premier lieu identifier la représentation de concepts scientifiques en écologie, commune à une cohorte d'étudiants débutant un cours d'écologie de niveau universitaire. Plus concrètement, nous souhaitons répondre à la question : Quels concepts composent le noyau central et les périphéries de la représentation commune et comment sont-ils liés ?

Notre second objectif est de déterminer la transformation de la représentation commune de l'écologie des mêmes étudiants au fil du temps : avant, pendant et à la fin du cours. Il s'agit d'identifier les changements de structure et de contenu du noyau et des périphéries. A ce propos nous nous posons les questions suivantes : y a-t-il des déplacements de concepts d'une région à l'autre de la représentation commune ? Peut-on observer des changements dans la hiérarchie des concepts du noyau et dans les relations entre les concepts ?

Notre hypothèse est la suivante. La représentation des concepts scientifiques de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants, se transforme au cours du temps. On devrait observer des différences structurales entre les trois moments de recueil de données (avant, pendant et après le cours).

L'originalité de notre recherche peut se résumer aux trois points principaux suivants.

- Recherche d'une représentation commune à un groupe d'étudiants (versus recherche de représentations individuelles) ;
- Adaptation aux recherches en didactique, d'un cadre de référence théorique et de méthodes d'analyse provenant du champ de la recherche en psychologie sociale ;
- Utilisation des cartes conceptuelles comme outil de recueil de données auprès d'étudiants.

2. Le dispositif de recherche

Il comprend l'explicitation du contexte de la recherche, la précision concernant le recueil des données ainsi qu'une description des quatre méthodes utilisées pour repérer la structure et le contenu de la représentation commune.

2.1. Contexte de la recherche

L'échantillon de notre étude, est constitué par dix-sept ($N = 17$, dont 3 garçons, 14 filles) des dix-neuf étudiants inscrits au cours « Ecology » à l'université catholique de Louvain (UCL), pendant l'année académique 2009-2010. Seize étudiants ont suivi des études secondaires « générales », sept étudiants ont participé à une formation extrascolaire en écologie, treize disent souhaiter exercer une profession dans le

domaine de l'écologie et sont attirés par la diffusion des connaissances relatives à l'environnement.

Le cours « Ecology », au sein de l'université, a une valeur de cinq crédits dans le système européen de transfert et d'accumulation de crédits ECTS (en Communauté française de Belgique, un crédit équivaut à trente heures de travail de l'étudiant). Cette formation scientifique, de caractère obligatoire pour les futurs biologistes, est donnée une fois que les étudiants ont acquis les bases dans les grandes disciplines scientifiques (UCL, 2011b). Selon l'enseignante et le cahier des charges du cours, celui-ci cherche à amener les étudiants à : comprendre comment les systèmes écologiques se structurent dans l'espace et dans le temps ; analyser leur dynamique sous l'effet de changements environnementaux naturels ou causés par les activités humaines ; dominer les techniques de recherche en écologie : observation, expérimentation et modélisation (UCL, 2011a).

Nous avons limité nos investigations aux principaux concepts scientifiques traités dans le cours. Afin de les identifier, nous avons procédé, dans un premier temps, à l'exploration de l'ensemble des sous-concepts qui fondent l'écologie en tant que science. Pour réaliser ce choix, nous avons pris comme référence les documents du cours (le référentiel et les documents PowerPoint), ainsi que le résumé des chapitres du livre guide *Écologie* de Ricklefs et Miller (2005). Dans un second temps, nous avons articulé les concepts en réalisant une carte conceptuelle portant sur les termes retenus comme fondamentaux pour l'apprentissage de l'écologie dans le cadre du cours. Cette carte, soumise à la correction et l'approbation du professeur titulaire du cours, a fait apparaître vingt concepts : *adaptation, biodiversité, changement, communauté, compétition, dynamique, écologie, écosystème, environnement, espèce, évolution, facteur abiotique, facteur biotique, flux d'énergie, individu, interaction, mutualisme, population, prédation et sélection naturelle*.

2.2. Recueil des données

Nous avons choisi de recueillir les données auprès des étudiants sous la forme de cartes conceptuelles. Dans cette perspective, nous avons utilisé le programme informatique CmapsTools (Cañas *et al.*, 2004 ; IHMC, 2011), car il comprend des applications qui facilitent l'analyse des données, notamment l'enregistrement du processus d'élaboration de la carte.

Les données, sous la forme des cartes conceptuelles, ont été recueillies à trois moments importants du cours : un mois avant le début du cours, vers la semaine huit (8/14) et à la fin du cours d'écologie, vers la semaine quatorze (14/14).

Les étudiants ont réalisé la première carte après une séance d'introduction (quarante-cinq minutes), au cours de laquelle la méthode de réalisation, le programme informatique CmapsTools et des exemples de cartes liées à l'écologie ont été présentés. Une demi-heure a été consacrée à la réalisation d'une « carte exercice » ; ensuite les étudiants ont disposé d'une heure et demie pour l'élaboration de leur carte conceptuelle.

Pour cette première carte – comme pour les autres – chaque étudiant a été invité à répondre à la question : «Comment liez-vous entre eux les concepts du cours d'écologie ?».

En ce qui concerne les deuxième et troisième cartes, une session d'introduction (de quinze minutes) a été prévue pour rappeler les principes d'élaboration.

Les consignes pour la réalisation des trois cartes ont été les suivantes :

- Lire la liste des concepts. Choisir les concepts de la liste (minimum 16), et si le cas le requiert, en ajouter d'autres (sans dépasser la limite maximale de 24 concepts) ;
- Inscrire « un concept par bulle ». Chaque concept n'apparaissant qu'une seule fois sur la carte ;
- Rédiger des liens entre les concepts ;
- Enregistrer la construction de la carte avec l'option « prise de vues de la Cmap » du programme CmapsTools (IHMC, 2011).

2.3. Repérage du contenu et de la structure de la représentation commune

Nous avons choisi de confronter les résultats de quatre types d'analyse que nous avons nommées respectivement : l'analyse de l'ordre de sélection des concepts ; l'analyse de relation de subordination entre concepts ; l'analyse de robustesse et l'analyse d'associations (Salamanca-Avila, Vander Borght & Frenay, 2012).

L'analyse de l'ordre de sélection des concepts porte sur la sélection spontanée des concepts qui constituent l'univers sémantique de la représentation. Avec le logiciel CmapsTools nous avons identifié les concepts choisis préférentiellement à travers la mise en évidence de l'ordre de sélection des concepts par les étudiants.

L'analyse de la relation de subordination entre concepts permet de mettre en évidence le degré d'importance accordé à chaque concept.

L'analyse d'associations a comme objectif de déterminer le rapport entre la fréquence d'association de chacun des concepts et leur nombre total de relations.

En calculant la robustesse, c'est-à-dire le rapport entre la fréquence d'apparition d'un concept dans un groupe d'étudiants (nombre d'étudiants du groupe ayant choisi le concept) et le degré d'importance de ce même concept, il est possible de repérer le statut des éléments de la représentation.

Une synthèse des analyses, se trouve dans le tableau 1 qui présente pour chacune de ces méthodes son objectif, les variables étudiées, la définition de la variable ainsi que la forme du résultat attendu.

3. Construction des modèles hypothétiques

Dans le cadre de cet article, nous ne pouvons pas nous attarder sur la procédure de chaque analyse. Nous allons en utiliser les résultats pour construire deux modèles : l'un, global, mettant en évidence le contenu et la structure de la représentation commune (concepts du noyau et des périphéries) et l'autre, sous la forme d'une

carte conceptuelle, mettant en évidence la structure du noyau (hiérarchie des concepts les uns par rapport aux autres et relations entre les concepts).

Analyses réalisées pour l'identification de la structure de la représentation				
Carte conceptuelle	Analyse	Objectif	Variables	Définition de la variable
Construction	1 Ordre de sélection des concepts	Identifier l'ordre de sélection spontanée des concepts	Séquence de sélection des concepts	Séquence numérique de l'ordre de sélection des concepts
	2 Subordination des concepts	Identifier l'indice de subordination du concept (l.s.c.=Niveau de hiérarchie du concept /Niveau de hiérarchie de la carte)	Niveau de hiérarchie de la carte	Nombre de niveaux présents dans la chaîne des concepts, la plus longue, compté à partir du concept racine présent dans le niveau 1
Produit	3 Association	Identifier le rapport entre la fréquence d'association de chaque concept et le nombre total de relations de chaque concept	Niveau de hiérarchie du concept	Niveau dans lequel se trouve le concept « x », déterminée à partir de la chaîne, la plus longue, dérivée du concept racine
			Fréquence d'association	La fréquence d'association d'un concept donné, est le nombre de concepts différents auxquels il a été relié par la totalité du groupe d'étudiants
	4 Robustesse	Identifier le rapport entre la fréquence d'apparition d'un concept et l'importance hiérarchique accordée à chaque concept	Nombre total de relations	Somme des relations établies pour un concept donné (concept "x")
			Fréquence d'apparition du concept	Nombre d'étudiants qui ont cité le concept
			Indice de subordination du concept (l.s.c.)	l.s.c.=Niveau de hiérarchie du concept /Niveau de hiérarchie de la carte

Tabl. 1 : description des analyses.

3.1. Construction d'un modèle global de la représentation commune

Pour construire le modèle global du contenu de la représentation commune, nous partons de l'interprétation des résultats des quatre analyses. Ces résultats se présentent soit comme dendrogrammes, soit comme graphiques bidimensionnels de coordonnées cartésiennes. Ils permettent de classer les concepts dans le noyau ou les périphéries.

Le tableau 2 présente les résultats du classement des concepts pour chaque analyse. Il fait s'entrecroiser deux critères : les concepts (dans les colonnes), et les possibilités de placement des concepts (dans les lignes) : le noyau, la périphérie 1 ou la périphérie 2. Dans l'espace correspondant à l'intersection des deux critères nous enregistrons les résultats du classement, issus de chacune des quatre analyses. Par exemple, pour le concept « adaptation », d'après les résultats, il n'est jamais placé dans le noyau. Par contre les résultats des analyses 1, 2 et 3 permettent de le placer dans la périphérie 1 et celui de l'analyse 4, dans la périphérie 2.

Résultats		adaptation	biodiversité	changement	communauté	compétition	dynamique	écosystème	environnement	espèce	évolution	facteur abiotique	facteur biotique	flux d'énergie	indiv./idus	interaction	mutualisme	population	prédation	sélection naturelle
Avant le cours	Noyau		1,3,4	4	4	2		1,3,4	1,2,3,4	1,3,4	3		4		1,2,3,4	1,2,3,4	2	1	2	
	Périphérie 1	1,2,3	2	1,2	1,2	3	1	2		2	1,2	1	1	1			3	2	3	1,2,3
	Périphérie 2	4		3	3	1,4	2,3,4				4	2,3,4	2,3	2,3,4			1,4	3,4	1,4	4

Tabl. 2 : synthèse des résultats des quatre analyses, avant le cours (T1).

Légende : 1, résultats de l'analyse de l'ordre de sélection des concepts.

2, résultats de l'analyse de subordination des concepts. 3, résultats de l'analyse de l'analyse d'association.

4, résultats de l'analyse de l'analyse de robustesse.

Pour la réalisation du modèle graphique de la représentation, nous avons regroupé les résultats des quatre analyses pour placer les concepts dans une des zones. Dans cette perspective, nous avons pris en compte le nombre de fois où le

concept a été classé dans le noyau ou les périphéries. Nous accordons une valeur de 1 à chaque analyse et nous fixons une place pour un concept quand il a un total de 2 points ou plus. Par exemple, les résultats de trois analyses pour le concept « adaptation » amènent à le classer dans la périphérie 1 (3 points) et une fois dans la périphérie 2 (1 point), nous lui attribuons donc une place dans la première périphérie. Les résultats des quatre analyses font attribuer 4 points pour les concepts « environnement, individus, interaction » ce qui conduit à les placer dans le noyau, d'où une place au centre du graphique. Concernant le concept « changement », les résultats de deux analyses nous ont amenées à le classer dans la première périphérie (car il a 2 points) même si une analyse amenait à le classer dans le noyau (1 point) et l'autre dans la deuxième périphérie (1 point).

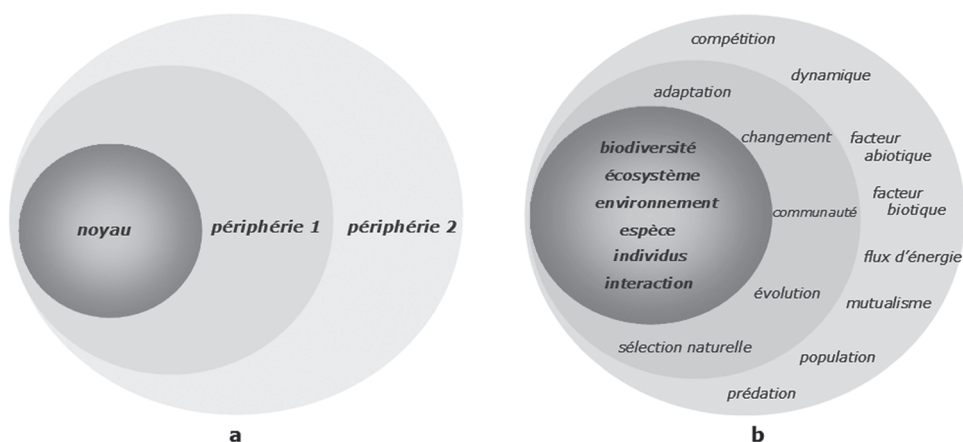


Fig. 2 : modèle graphique de la structure globale de la représentation, avant le cours (T1).
Légende : a) structure générale, b) structure globale de la représentation.

Le modèle permet de discerner facilement la structure générale et le contenu de la représentation. On ne peut cependant, pour le noyau de cette représentation, observer sa structure et le délimiter, ne disposant pas d'informations à propos du réseau nucléaire. C'est pourquoi nous proposons une deuxième visualisation, une carte conceptuelle comme modèle du noyau.

3.2. Élaboration du modèle hypothétique du noyau

Puisque nous sommes intéressées par la hiérarchie conceptuelle et les liens entre les concepts, nous proposons un deuxième modèle représentant la structure du noyau. Il s'agit d'une carte conceptuelle qui porte sur les concepts le composant (cf. figure 3). Elle est construite à partir des concepts présents dans le noyau et les propositions qui ont été formulées par les étudiants et transcrites dans une matrice (cf. annexe).

La carte met en évidence les relations entre les concepts du noyau. Nous y avons reporté tous les liens que les étudiants ont formulés. Cela nous permet d'identifier les liens qui comportent un seul connecteur (par exemple interaction entre les individus) ou plusieurs (par exemple, interaction-entre/qui existe entre-espèces).

Dans la carte, l'établissement des liens tient compte du niveau hiérarchique du concept. Ainsi, les lignes sans flèches indiquent que la relation part du concept placé plus haut au niveau de la hiérarchie vers le concept placé plus bas. Les flèches indiquent un sens de lecture contraire (de bas en haut).

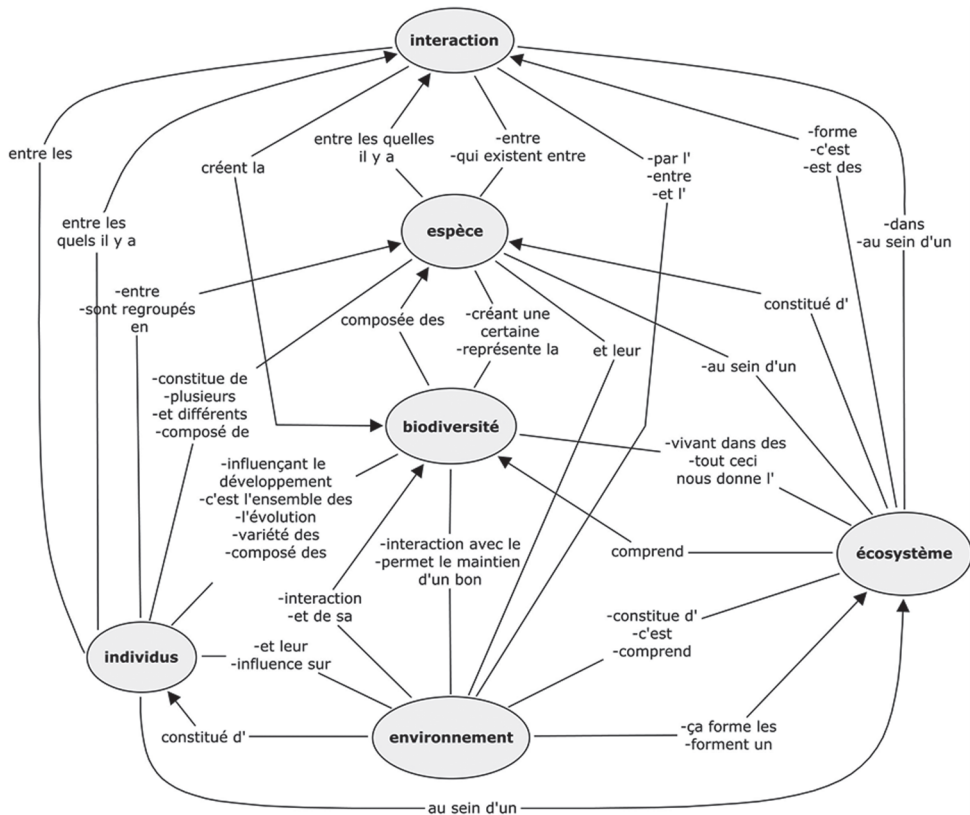


Fig. 3 : modèle du noyau de la représentation avant le cours (T1).

Le sens de lecture de la carte est indiqué tant par la position hiérarchique du concept que par les lignes et liens qui le relient avec d'autres concepts. Chaque lien indique une proposition formulée par les étudiants. La carte peut donc être lue de la façon suivante : l'écologie est l'étude de l'« interaction *entre* les individus. Les interactions *entre/qui existent entre* les espèces. Les interactions *créent la* biodiversité. Interactions *par/entre/et* l'environnement et interactions *dans/au sein d'un* écosystème. *Entre* les espèces il y a interaction. Les espèces sont constituées d'/par plusieurs/et différents/composées d'/individus ».

4. Exploration de la transformation de la représentation commune

À partir des trois modèles graphiques de la représentation commune correspondant aux trois temps de l'étude, il est possible d'extraire l'information nécessaire afin de répondre aux questions de recherche. Il s'agit de répondre à

deux sortes d’interrogations, les unes portant sur le contenu et la structure de la représentation globale que les étudiants avaient avant de débiter le cours d’écologie, les autres relatives à l’évolution de celle-ci au fil du cours et à la fin de celui-ci.

Il est important d’étudier la transformation de la représentation globale commune. Celle-ci permet de dégager des éléments partagés par l’ensemble du groupe et par rapport auxquels l’enseignant et chaque étudiant peuvent se situer.

4.1. Changements au niveau global

Par changements globaux nous entendons les permutations des éléments entre les trois zones de la représentation : le noyau et les deux périphéries. En suivant les résultats des analyses (cf. tableau 3), nous créons les trois modèles graphiques de la structure de la représentation (cf. figure 4).

Résultats		adaptation	biodiversité	changement	communauté	compétition	dynamique	écosystème	environnement	espèce	évolution	facteur abiotique	facteur biotique	flux d'énergie	individus	interaction	mutualisme	population	prédation	sélection naturelle
Avant le cours	Noyau		1,3,4	4	4	2		1,3,4	1,2,3,4	1,3,4	3		4		1,2,3,4	1,2,3,4	2	1	2	
	Périphérie 1	1,2,3	2	1,2	1,2	3	1	2		2	1,2	1	1	1			3	2	3	1,2,3
	Périphérie 2	4		3	3	1,4	2,3,4				4	2,3,4	2,3	2,3,4			1,4	3,4	1,4	4
Pendant le cours	Noyau	3,4	2,3	1,4	2			1,2,3,4	1,2,3,4	2,3,4					2,3,4	1,2,3,4		1,2,4		
	Périphérie 1	1,2	1,4	2	1	1,2,3	1			1	1,2,3	4	4		1		2	3	1,2,3	1,2,3,4
	Périphérie 2			3	3,4	4	2,3,4				4	1,2,3	1,2,3	1,2,3,4			1,3,4		4	
Après le cours	Noyau	3,4		1,2,3,4		3		1,2,3	1,2,3,4	4					2,3,4	1,2,3,4		1,2,3,4	3	
	Périphérie 1	1,2	2,3,4		1,2	1,2	2	4		1,2,3	2,3	1	1,4		1		1,2		1,2	1,2,3
	Périphérie 2		1		3,4	4	1,3,4				1,4	2,3,4	2,3	1,2,3,4			3,4		4	4

Tabl. 3 : synthèse des résultats des quatre analyses, avant (T1), pendant (T2), et après le cours (T3).
Légende : 1, résultats de l’analyse de l’ordre de sélection des concepts.
2, résultats de l’analyse de subordination des concepts. 3, résultats de l’analyse de l’analyse d’association.
4, résultats de l’analyse de l’analyse de robustesse.

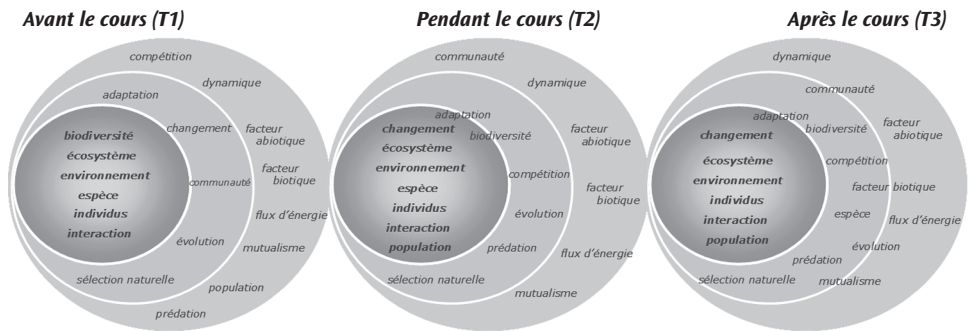


Fig. 4 : modèles hypothétiques de la représentation des étudiants dans les trois temps (T1, T2, T3).

Que pouvons-nous observer comme changements ?

Les trois modèles mettent en évidence l’existence de trois types de concepts, ceux qui ont une place fixe dans la représentation, comme *environnement*, *sélection naturelle* et *facteur abiotique*, etc. (nous allons les nommer *concepts fixes*), d’autres qui se déplacent d’un temps à l’autre tels que *biodiversité*, *changement*, *communauté* et *mutualisme*, etc. (nous allons les nommer *concepts mobiles*) et d’autres qui

font partie de deux zones à la fois : *adaptation*, *biodiversité* (pendant le cours), *communauté*, *facteur biotique*, *évolution* et *mutualisme* (après le cours).

Dans le noyau, quatre concepts peuvent être considérés comme fixes : *écosystème*, *environnement*, *individu*, *interaction*. Nous faisons l'hypothèse qu'il s'agit des concepts sur lesquels repose la structure de la représentation. Le déplacement des concepts : *adaptation*, *biodiversité*, *changement*, *espèce* et *population*, témoigne d'une transformation.

Certains concepts, ont des déplacements plus marqués que d'autres. Nous constatons par exemple un changement rapide du concept *population* de la deuxième périphérie vers le noyau. D'autres concepts périphériques sont déplacés d'une périphérie à l'autre, par exemple : *mutualisme* et *prédation*, fait qui peut être attribué à l'affinement du contenu de la représentation.

Étant donnés les mouvements à l'intérieur du noyau et des périphéries, au cours du temps, nous pouvons dire qu'il y a eu une certaine transformation de la représentation.

4.2. Changements au niveau du noyau

Les trois cartes conceptuelles (cf. figures 3, 5 et 6) que nous proposons comme modèle du noyau dans les trois temps, mettent en évidence la relation que l'ensemble des étudiants entretient avec ce qui pour eux représente l'« écologie ».

Notons que, comme sous-ensemble de la représentation, le noyau est composé par les éléments-clés : concepts et relations entre concepts. Si l'ensemble de ces éléments se modifie, on peut considérer que la représentation se transforme. Nous venons de mettre en évidence les changements au niveau des concepts. Nous allons étudier maintenant les modifications au niveau des relations entre les concepts, c'est-à-dire les modifications des propositions.

En analysant de façon plus détaillée les propositions unissant les concepts, on peut faire les remarques suivantes à propos des différents concepts composant le noyau.

Le concept interaction

La plupart des étudiants expliquent l'écologie de la façon suivante : « l'écologie est l'étude des interactions ».

Aux trois moments, les étudiants précisent les acteurs des interactions : « interaction entre individus », « interaction entre espèces », « interaction entre populations », « interaction entre l'environnement » et « interaction avec des facteurs changeants de l'environnement ».

Dans certains cas, ils attribuent en outre des relations dynamiques causales : « les interactions créent la biodiversité », « les interactions induisent – ou amènent – au changement », « les interactions changeant les espèces » et « interaction et donc changement ».

Le concept écosystème

Quand « écosystème » est lié au concept *interaction*, par exemple, les étudiants formulent, dans les trois temps, des relations de causalité : « l'écosystème forme des interactions », « les écosystèmes créent des interactions ». Les étudiants définissent « l'écosystème est interactions », énoncent sa composition : « l'écosystème est composé des interactions », le caractérisent : « l'écosystème dans lequel il y a des interactions », « les écosystèmes sont en interaction avec les individus » et « les écosystèmes sont en interaction avec l'environnement ». Avec les propositions : « interaction dans un écosystème » et « interaction au sein de l'écosystème », il est possible que les étudiants reconnaissent l'écosystème comme un « objet », c'est-à-dire comme une unité qui se réalise dans l'espace et le temps (Jax, 2007).

Le concept *écosystème* n'évoque pas uniquement des interactions. Les étudiants lui attribuent également, avant le cours, plusieurs caractéristiques : « l'écosystème est constitué d'espèces », « il comprend la biodiversité », « il est constitué d'environnement », « c'est l'environnement » et « il comprend l'environnement ». Pendant le cours, la relation écosystème/biodiversité se précise : « l'écosystème dont la diversité s'appelle biodiversité », « l'écosystème est caractérisé par une biodiversité », des définitions se maintiennent : « l'écosystème est composé d'environnement », « l'écosystème est environnement », et l'écosystème est reconnu « comme un composant de l'environnement, et composé d'interaction ».

À la fin du cours, à part les relations avec interactions déjà mentionnées, les étudiants soulignent que « l'écosystème est composé d'environnement » et que « les écosystèmes interagissent ».

Le concept environnement

Nous remarquons pour ce concept qu'au fil du cours les étudiants identifient de plus en plus de relations.

Ainsi, au temps T1, trois types de relations ont été identifiés : « l'environnement est en interaction avec la biodiversité », « l'environnement forme un (les) écosystème(s) », et « l'environnement est constitué d'individus ».

Dans un deuxième temps, le terme est lié au changement : « l'environnement connaît des changements » et « l'environnement subit des changements » ; à la biodiversité : « l'environnement comprenant la biodiversité », « l'environnement pour établir la biodiversité ». Il est également lié au concept écosystème par des nombreuses propositions : « l'environnement est composé d'écosystème », « l'environnement établit l'écosystème », « l'environnement dont l'ensemble est appelé écosystème », « l'environnement comprend différents écosystèmes », « l'environnement forme un écosystème ».

Finalement, dans un troisième temps, le concept est lié à tous les concepts de la carte dans les termes suivants : « l'environnement constitue (ou forme) l'écosystème », « l'environnement est composé d'écosystème », « dans l'environnement il y a

des changements », « l'environnement se trouve en perpétuel changement », « l'environnement connaît des changements », « l'environnement influence les populations » et « l'environnement qui est en interaction ».

Le concept individu

Les étudiants mettent en évidence « individu » et « interaction » : « les individus se trouvent en interaction ».

Les étudiants les identifient comme des unités constituant les espèces : « les individus sont regroupés en espèces », dans un premier temps et après dans les deux autres comme des unités constituant aussi la population : « les individus sont regroupés en population ».

Des relations dynamiques causales ont été également établies : « les individus ont une influence sur leur environnement », « les individus forment l'écosystème ».

Le concept adaptation

a été inclus dans le noyau dans le deuxième temps. Il associe différents concepts : *changement, environnement, individus, espèces et population*, avec lesquels les étudiants expriment plusieurs possibilités de relation. Ils trouvent qu'ils sont synonymes : « l'adaptation c'est-à-dire changement », ce qui peut être vrai si le sens donné à changement est celui de « modification ».

Des relations dynamiques causales ont été établies : « adaptation au(x) changement(s) », « adaptation entraînant des changements » et « adaptation mène à changement ». Avec ces propositions, les étudiants montrent qu'ils perçoivent l'« adaptation » à la fois comme la cause et la conséquence du « changement ».

Le concept changement

est signalé parmi les plus importants par le professeur titulaire du cours. Les étudiants associent ce terme aux concepts de « biodiversité » et « adaptation », en lui attribuant des propriétés causales, par exemple « le changement mène à la biodiversité ».

Avec le concept d'adaptation la relation a une connotation dynamique causale manifestée par des liens du type : « menant à/cause de/et induit des/pouvant permettre /qui forcent ».

Le concept biodiversité

est un concept qui perd sa position « nucléaire » au long du cours. En effet, avant le cours, les étudiants ont identifié plusieurs concepts avec lesquels il pouvait être lié, pendant le cours la relation se limite à l'espèce et finalement il est exclu du noyau de la représentation.

Selon les propositions formulées, il semblerait que le terme biodiversité ait des sens différents aux yeux des étudiants : l'inclusion, élément causal, et aussi considéré comme une condition. Par exemple : « c'est l'ensemble des », « variété des », « composé des », « comprend », « représentés par un grand nombre de »,

« où l'on retrouve plusieurs », afin d'expliquer la relation avec les individus, et les espèces.

Le concept espèces

les étudiants définissent leur composition dans un premier temps, dans les termes : « les espèces sont constituées par des individus », « les espèces sont constituées par différents individus » et ajoutent « les espèces sont composées de population » dans un deuxième temps.

Les étudiants identifient des relations entre les *espèces* : « les espèces, entre lesquelles il y a interaction », dans un habitat spécifique : « les espèces au sein d'un écosystème », « les espèces vivent dans l'écosystème », « les espèces vivent dans des environnements ». À propos de ces dernières propositions, nous nous demandons si les étudiants évoquent une séparation géographique entre espèces et s'ils ont pris pour synonymes « écosystème » et « environnement ».

Des relations dynamiques de causalité ont été également identifiées : « les espèces établissent l'écosystème, les espèces forment un écosystème ». Finalement, le terme a été relié avec celui de « biodiversité », avec les propositions : « les espèces dont la diversité s'appelle biodiversité », « les espèces créent une certaine biodiversité » et « les espèces représentent la biodiversité ».

5. Discussion des résultats

La discussion des résultats s'articule autour de deux questions. Peut-on dire que la représentation commune du concept d'écologie s'est transformée ? Qu'apporte le fait d'explorer l'information du contenu du noyau et des relations entre les concepts ?

5.1. Transformation de la représentation

Quand peut-on dire qu'il y a eu changement dans la représentation ? Pour Abric (1989), deux représentations sont différentes si elles sont organisées autour de deux noyaux différents. Par ailleurs, pour qu'une représentation se transforme réellement, il doit y avoir transformation de son noyau central.

La comparaison des trois modèles de la représentation globale met en évidence des changements tant au sein du noyau que dans les périphéries. Nous avons constaté trois sortes de déplacements de concepts : des périphéries vers le noyau (par exemple *changement et population*), des périphéries entre elles (par exemple *communauté et évolution*) et du noyau vers la première périphérie (*biodiversité et espèce*). Nous avons également identifié des concepts « fixes » au cours du temps (par exemple : *écosystème, environnement, individus, interaction, sélection naturelle*, etc.).

Le fait que la plupart des concepts périphériques (dix sur treize) se soient déplacés est un indicateur de changement progressif de la représentation. Ce qui rejoint l'idée d'Abric (1994), selon laquelle la transformation d'une représentation s'opère dans la plupart des cas, par la transformation de ses éléments périphériques.

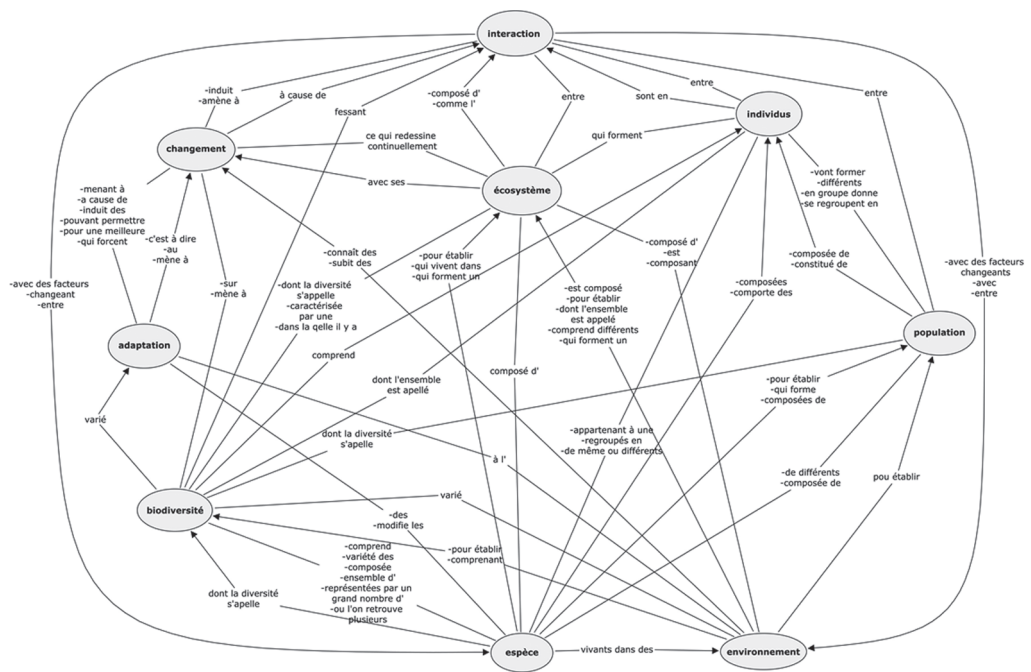


Fig. 5 : modèle du noyau pendant le cours (T2).

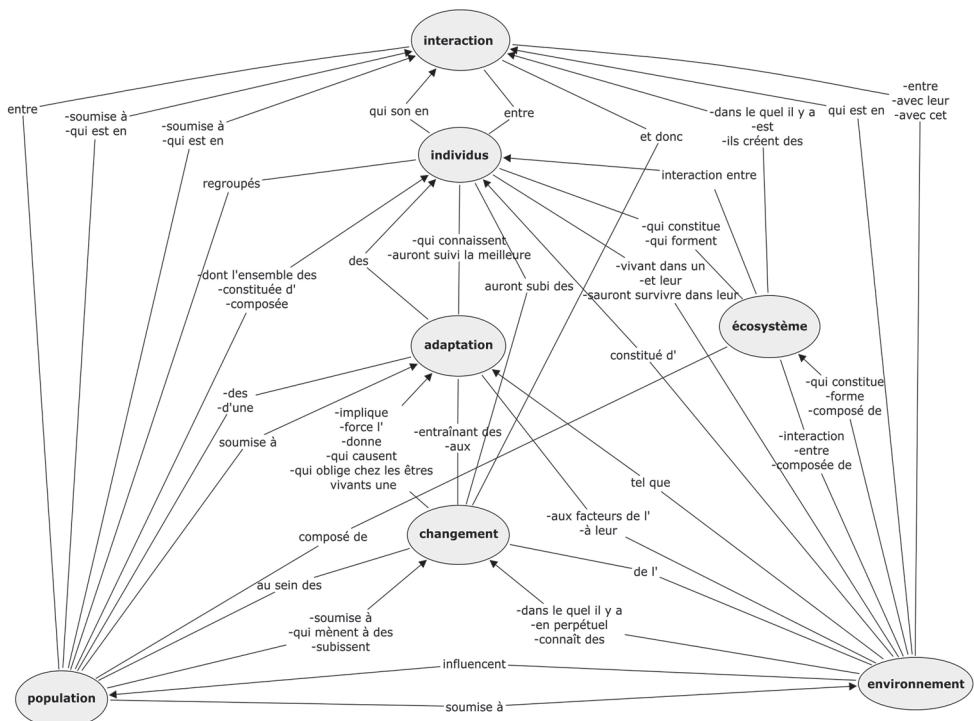


Fig. 6 : modèle du noyau après le cours (T3).

Les changements dans le noyau commencent à se manifester au temps T2 quand deux concepts sont introduits dans le noyau central : le concept *population* (provenant de la deuxième périphérie) et le concept *changement* (provenant de la première périphérie). Ils se poursuivent au temps T3, quand le noyau perd deux concepts : *espèces* et *biodiversité* (qui sont déplacés vers la première périphérie). Nous constatons également que certains concepts résistent aux changements (*écosystème, environnement, individus, interaction*).

Ces transformations au niveau du noyau, indiquent, selon nous, que la représentation est en train de se modifier progressivement. Il s'agit d'une mise en cause du noyau suivie par une transformation rapide (Bonardi & Roussiau, 1999). Toutefois, il n'est pas possible de dire que le noyau ait été modifié fondamentalement car certains concepts résistent aux changements (*écosystème, environnement, individus, interaction*). Ce constat rejoint l'idée que le noyau est difficilement modifiable (Abric, 1994).

Ainsi, en poursuivant l'idée d'Abric (*Ibid.*), les quatre concepts fixes dans le noyau sont probablement les éléments sur lesquels repose la fonction organisatrice de la nature des liens qui unissent entre eux les éléments de la représentation pour leur donner sens.

En comparant les temps T1 et T3, on peut dire que la représentation a subi une certaine transformation, et que cette transformation semble être liée à l'ensemble des activités du cours. En effet, les étudiants ont inclus dans le noyau le concept *changement*. Ce concept particulièrement important pour le professeur a été introduit dans le noyau au temps T2. Pour l'enseignant, « voir les changements, pas nécessairement comme des changements évolutifs, mais comme des changements à l'échelle de la dynamique des interactions entre individus et l'environnement » constitue l'élément vraiment central de l'écologie. Donc le déplacement du concept de la première périphérie vers le noyau est cohérent par rapport à l'importance accordée par le professeur à ce concept.

Les résultats semblent confirmer l'hypothèse que la représentation commune est en phase de transformation, étant données les différences structurales et de contenus mises en évidence aux temps T1, T2 et T3. Cette transformation n'est cependant pas fondamentale car les noyaux ne sont pas radicalement différents.

5.2. Contenu du noyau

Pour Abric (1989), le noyau donne sens à la représentation et détermine la nature des liens entre les concepts.

À partir des trois cartes-modèles du noyau on peut dire que les étudiants reconnaissent le terme *interaction*, qui implique des échanges entre les êtres vivants dans un écosystème, comme une des clés de l'écologie. Un tel savoir peut constituer un outil pour introduire les concepts de relations interspécifiques et relations intraspécifiques (Ricklefs & Miller, 2005).

Étant donné la persistance des propositions entre écosystème-interaction (dans les trois temps), il s'avère important de déceler le sens des relations : « l'écosystème forme des interactions », « l'écosystème c'est des interactions », « l'écosystème est composé d'interactions » et « l'écosystème crée des interactions ». D'autre part, certaines réflexions des étudiants mériteraient d'être clarifiées : « l'écosystème est composé d'environnement [...] l'écosystème est environnement », « les écosystèmes sont en interaction avec les individus », « les écosystèmes sont en interaction avec l'environnement », requièrent également des explications.

La confusion dans la notion d'écosystème n'est pas spécifique à nos étudiants. Elle rejoint un problème lié au développement de l'écologie comme science (Blandin, 2011 ; Friederichs, 1958 ; Jax, 1998, 2006), et il est intéressant d'identifier le contenu des différentes propositions récurrentes véhiculées par un même groupe d'étudiants.

Il semble que, pour les étudiants, la différence entre l'*environnement* et l'*écosystème* se trouve dans l'inclusion de l'un dans l'autre, sans clarification de ce que sont, l'un par rapport à l'autre, l'ensemble et le sous-ensemble.

La relation individus-adaptation a été identifiée au temps T3, ce qui peut indiquer que les étudiants ont perçu son importance. Néanmoins les propositions reliant les deux concepts ne sont pas toujours les plus pertinentes : « les individus connaissent l'adaptation ». D'autres propositions formulées ont été déjà classées par d'autres recherches comme des idées fausses : « les individus auront suivi la meilleure adaptation », « les individus sauront survivre dans leur environnement » (Munson, 1994).

Le concept *adaptation*, élément central en biologie évolutionniste, a été utilisé par nos étudiants afin d'attribuer une telle caractéristique aux différents niveaux d'organisation des êtres vivants : « adaptation des individus », « l'adaptation modifie les espèces », « adaptation de(s) population(s) ». Ces propositions rejoignent les recherches qui mettent en évidence les idées qui s'écartent du savoir scientifique véhiculé par ce concept (Munson, 1994 ; Ricklefs & Miller, 2005 ; Stamp, Arms & Biger, 2006).

6. Conclusions et perspectives

L'objectif de notre recherche était d'identifier le contenu et la structure de la représentation des concepts scientifiques de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants, et d'en suivre la transformation au cours du temps. Notre hypothèse était que la représentation se transforme au cours du temps, dite transformation déterminée par les différences structurales entre les trois moments de recueil de données : avant, pendant et après le cours.

6.1. Récapitulation

Contrairement à un certain nombre de recherches en écologie qui se limitent à l'analyse d'un concept en particulier, nous nous sommes intéressés à la

représentation que les étudiants ont à propos du concept « écologie » et de ses relations avec plusieurs concepts de la discipline. Il s'agissait donc d'envisager l'analyse d'un système de relations. Nous souhaitons construire la structure de la représentation et décrire sa transformation au cours du temps.

Les conditions particulières de notre étude impliquaient quelques contraintes. Il fallait trouver le moyen d'analyser une représentation comme un système de concepts. Les résultats devaient permettre au professeur de visualiser la représentation portée par le groupe d'étudiants. Afin de comprendre les modifications au cours du temps, il fallait prendre en compte le caractère longitudinal de la recherche. Les exigences devaient permettre d'étudier les transformations de la représentation commune et de déterminer si le résultat après le cours, se rapprochait de la représentation de l'enseignante.

Dans un premier temps, nous avons mis au point une méthode pour construire une représentation commune à partir des données individuelles des étudiants, provenant des cartes conceptuelles. Nous avons choisi d'utiliser la théorie structurale du noyau central d'Abric (1976) pour le choix des analyses et pour l'exploitation des données provenant des cartes conceptuelles.

Les résultats croisés de quatre types d'analyses des données issues des cartes conceptuelles, nous ont amenés à construire la structure d'une représentation commune à la cohorte d'étudiants. Comme les cartes conceptuelles présentent un discours organisé et classifié hiérarchiquement, les données qui en sont issues s'avèrent pertinentes pour des analyses basées sur la hiérarchie, telles que l'analyse de classification hiérarchique proposée par Roussiau et Bonardi (2001) et l'analyse d'évocation hiérarchique proposée par Abric (2003).

À partir de ces analyses, nous avons construit deux modèles graphiques pour mettre en évidence le contenu global de la représentation commune et la structure hiérarchique du noyau, afin de pouvoir ainsi repérer ensuite les transformations de la représentation au fil du cours. Nous avons construit un modèle de la représentation globale, qui permet d'identifier les éléments composant le noyau et les périphéries, et un deuxième (une carte-modèle) qui met en évidence les relations entre les concepts du noyau.

La réalisation des analyses et la création des modèles de la structure représentationnelle aux trois temps permettent, par comparaison, l'identification des indicateurs des évolutions structurelles. Nous avons repéré des changements qui semblent indiquer une transformation de la représentation, notamment les déplacements des concepts vers ou à partir du noyau.

6.2. Limites de la recherche

Nous avons identifié quelques limites méthodologiques. En premier lieu, il s'agit d'une étude de cas, ce qui donne à la recherche une nature exploratoire qualitative. Elle a une validation interne, dont les résultats ne peuvent, à l'heure actuelle, être

généralisés. La petite taille de la population ne permet pas de tirer des conclusions valables pour les étudiants de biologie en général. Il serait intéressant d'élargir l'échantillon sur plusieurs années et travailler avec des enseignants différents.

En deuxième lieu, au niveau de la récolte des données au moyen des cartes conceptuelles, même si les étudiants ont dit ne pas avoir éprouvé de difficultés avec l'outil, nous avons noté des difficultés à formuler des liens, ce qui peut entraver l'analyse des propositions. Notons que cette difficulté peut ne pas être reliée à l'outil de recueil de données mais plutôt à une difficulté, plus générale, qu'éprouvent les étudiants à écrire. Dans cette perspective, le logiciel CmapTools constitue un bon outil d'apprentissage. Les sciences étant basées sur les relations entre les concepts, cette difficulté pourrait constituer l'objet d'une recherche ultérieure.

Finalement, nous avons travaillé avec des analyses exploratoires difficilement utilisables dans l'optique de validation d'hypothèses comparatives. Dans le cadre de la présente recherche, nous ne pouvons donc dire si les différences que nous avons décrites sont significatives ou non. Une recherche impliquant un échantillon plus important devrait aussi être menée.

6.3. Apports à l'apprentissage et à l'enseignement de l'écologie

En dépit de ces limites, cette recherche propose des éléments qui peuvent être utilisés pour mieux comprendre le fonctionnement cognitif des étudiants concernant leur traitement de l'information, son intégration aux structures représentationnelles préexistantes.

L'analyse de la représentation des étudiants comme un système permet d'identifier les relations entre concepts et leur contenu. Une telle analyse, permet d'aborder les représentations comme une source importante pour l'enseignant. En effet, il ne s'agit pas de voir ces représentations des étudiants qui ne correspondraient pas aux représentations canoniques visées par l'enseignant comme des erreurs qu'il faut détruire mais comme un indicateur de la construction des connaissances par les étudiants. Elles peuvent aussi permettre la proposition de situations-problèmes qui aident l'étudiant à construire une nouvelle représentation conforme à celle qui a été envisagée par l'enseignant, en se centrant, par exemple, sur les situations susceptibles d'introduire des concepts stratégiques capables de déstabiliser la représentation.

Modéliser le noyau de la représentation comme un réseau conceptuel permet d'identifier les idées qui participent à la résistance des représentations ainsi que la mise en cause de certains concepts qui mènent à la réorganisation des relations entre les concepts du réseau.

Nous n'oublions pas que la considération d'une représentation commune à une cohorte d'étudiants a l'inconvénient de négliger la diversité des représentations propre à chaque étudiant, effet que nous essayons de mitiger en donnant plus d'informations relatives à la composition du possible noyau en mettant en évidence toutes les propositions formulées par le groupe et, de cette manière, prendre en compte la plupart des logiques cognitives.

Au-delà des apports disciplinaires, il nous semble intéressant d'intégrer la technique des cartes conceptuelles comme activité d'enseignement. En effet, cette technique pousse ceux qui l'utilisent à préciser les relations qu'ils envisagent entre les concepts et permet ainsi de creuser les justifications de celles-ci et les enrichir.

6.4. Perspectives

Du point de vue didactique, des analyses pour affiner la connaissance de la représentation de départ des étudiants peuvent s'avérer intéressantes. Elles peuvent être à la base, pour l'enseignant, de la planification d'activités qui pourraient conduire à des changements fondamentaux dans le noyau et les périphéries. Il serait cependant intéressant d'analyser la manière dont l'enseignant pourrait s'approprier ces informations et les travailler avec les étudiants et les effets que ses activités d'enseignement pourraient produire.

Pour compléter l'étude, un suivi dans le temps s'avère nécessaire car un quadrimestre semble court pour observer un changement radical de la représentation, même si des indicateurs de changement ont clairement pu être observés.

Enfin, l'utilisation des cartes conceptuelles, comme outil de recueil de données auprès des étudiants et les différentes analyses que nous avons menées, en nous inspirant du cadre de référence théorique et des méthodes d'analyse provenant du champ de la recherche en psychologie sociale, nous ont permis d'étudier la représentation commune d'un groupe d'étudiants. Cependant, des études pour confirmer la pertinence des méthodes d'analyse appliquées dans cette recherche s'avèrent nécessaires, ainsi qu'une réflexion plus large sur la pertinence et l'intérêt de faire dialoguer les recherches en psychologie sociale sur les représentations sociales et les recherches sur les représentations didactiques. Nous laissons le débat ouvert tant aux didacticiens qu'aux psychologues sociaux.

María-Eugenia SALAMANCA-ÁVILA
maria.salamanca@student.uclouvain.be

Mariane FRENAY
mariane.frenay@psp.ucl.ac.be

Cécile VANDER BORGH
cecile.vanderborgh@uclouvain.be

Thierry HANCE
thierry.hance@uclouvain.be

BIBLIOGRAPHIE

- ABRIC J.-C. (1976). *Jeux, conflits et représentations sociales*. Thèse de doctorat, université d'Aix-en-Provence.
- ABRIC J.-C. (1987). *Coopération, compétition et représentations sociales*. Cousset : Delval.
- ABRIC J.-C. (1989). L'étude expérimentale des représentations sociales. In D. Jodelet (éd.), *Les représentations sociales*. Paris : Presses universitaires de France, p. 187-203.
- ABRIC J.-C. (1994). *Pratiques sociales et représentations*. Paris : Presses universitaires de France [2^e éd.].
- ABRIC J.-C. (2001). L'approche structurale des représentations sociales : développements récents. *Psychologie et société*, vol. 4, n° 2, p. 81-103.
- ABRIC J.-C. (2003). La recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales. In J.-C. Abris (éd.), *Méthodes d'étude des représentations sociales*, Ramonville-Saint-Agne : Érès, p. 59-80.
- ASTOLFI J.-P., DAROTE E., GINSBURGER-VOGEL Y. & TOUSSAINT J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Paris/Bruxelles : De Boeck.
- AUSUBEL D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York : Grune and Stratton.
- AUSUBEL D. (1968). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- BALLANTYNE R. (2004). Young students' conceptions of the marine environment and their role in the development of aquaria exhibits. *GeoJournal*, n° 60, p. 159-163.
- BEGON M., TOWNSEND C. R. & HARPER J. L. (2006). *Ecology: From Individuals To Ecosystems*, Malden/Oxford/Carlton : Blackwell [4^e éd.].
- BLANDIN P. (2011). Ecology and Biodiversity at the Beginning of the Twenty-first Century: Towards a New Paradigm ? In A. Schwarz & K. Jax, *Ecology Revisited. Reflecting on Concepts, Advancing Science*, Dordrecht : Springer.
- BONARDI C. & ROUSSIAU N. (1999). *Les représentations sociales*. Paris : Dunod.
- BRODY M. (1993). *Student Misconceptions of Ecology: Identification, Analysis and Instructional Design*. Troisième séminaire international sur les idées fausses et les stratégies d'enseignement des sciences et des mathématiques. Ithaca.
- CAÑAS A. J., HILL G., CARFF R., SURI, N. *et al.* (2004). *Cmaptools: A knowledge modeling and sharing environment*. Première conférence internationale sur la cartographie conceptuelle, Pampelune.
- CAÑAS A. J., NOVAK J. D., MILLER N. L., COLLADO C., RODRÍGUEZ M., CONCEPCIÓN M., *et al.* (2006). Confiabilidad de una taxonomía topológica para mapas conceptuales. 2^e *conférence internationale des cartes conceptuelles*, San José (Costa Rica).

- CHI M. T., FARR M. J. & GLASER R. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum.
- D'AVANZO, C. (2003). Application of Research on Learning to College Teaching: Ecological Examples. *BioScience*, vol. 1, n° 10, p. 533-540.
- D'AVANZO C. (2007). *Biology and ecology misconceptions diagnostics: Moving forward ?* Réunion ESA/SE, San José.
- DERBENTSEVA N., SAFAYENI, F. & CAÑAS A. J. (2004). Experiments on the effects of map structure and concept quantification during concept map construction. *1^{re} conférence internationale des cartes conceptuelles, Pampelune*.
- DOISE W., CLEMENCE A. & LORENZI-CIOLDI F. (1992). *Représentations sociales et analyses de données*. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.
- FLAMENT C. (1987). Pratiques et représentations sociales. In J. L. Beauvois, R. V. Joule, J. & M. Monteil (éd.), *Perspectives cognitives et conduites sociales*, Cousset : Delval, vol. 1, p. 143-150.
- FLAMENT C. (1994). Structures dynamiques et transformations des représentations sociales. In J.C. Abric (éd.), *Pratiques sociales et représentations*, Paris : Presses universitaires de France.
- FLAMENT C. (2001). Approche structurale et aspects normatifs des représentations sociales. *Psychologie et société*, vol. 2, n° 4, p. 57-80.
- FRIEDERICH K. (1958). A Definition of Ecology and Some Thoughts About Basic Concepts. *Ecology*, n° 39, p. 154-159.
- GALLEGOS L., JEREZANO M. E. & FLORES F. (1994). Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 31, p. 259-272.
- GARB Y., FALETTI J & FISHER K. (1986). *Systematic representation of knowledge of ecology: Concepts and relationships*. Réunion annuelle (59) de l'association nationale pour la recherche sur l'enseignement des sciences, San Francisco.
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel/Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- GRIFFITHS A. K. & GRANT B. A. (1985). High school students' understanding of food webs: Identification of learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 22, p. 421-36.
- HANCE T. (2012). *Dix voies d'avenir pour neuf milliards d'humains*. Bruxelles : Racine.
- HOGAN K. & FISHERKELLER J. (1996). Representing Students' Thinking about Nutrient Cycling in Ecosystems: Bidimensional Coding of a Complex Topic. *Journal of research in science teaching*, n° 33, p. 941-970.

- IHMC. Institute for Humans and Machine Cognition (2011). *IHMC CmapTools*, Pensacola : Institute for Humans and Machine Cognition.
En ligne : <<http://cmap.ihmc.us/>> (consulté le 10 janvier 2012).
- JAMISON A. (2001). *The making of green knowledge. Environmental politics and cultural transformation*. Cambridge : Cambridge university press.
- JAMISON A. (2011). Écologie et le mouvement de l'environnement. In A. Schwarz & K. Jax, *Ecology Revisited*, Dordrecht : Springer.
- JAX K. (1998). Holocoen and Ecosystem: On the origin and historical consequences of two concepts. *Journal of the History of Biology*, n° 31, p. 113-142.
- JAX K. (2006). The units of ecology. Definitions and application. *The quarterly review of biology*, n° 81, p. 237-258.
- JAX K. (2007). Can we define ecosystems ? On the confusion between definition and description of ecological concepts. *Acta Biotheor*, n° 55, p. 341-355.
- JODELET D. (1984). Réflexions sur la notion de représentation sociale en psychologie sociale. *Communication-Information*, n° 6, p. 15-41.
- JODELE D. (1989). *Folies et représentations sociales*. Paris : Presses universitaires de France.
- LAFLAMME A. (2011). Soutenir l'apprentissage en profondeur et la collaboration avec les cartes conceptuelles. In Université de Montréal (éd.), *Guide de l'étudiant*. En ligne : <http://www.bsp.ulaval.ca/docs/Guide_de_lenseignant.pdf> (consulté le 5 janvier 2013).
- MANN M. & TREAGUST D. F. (1998). A pencil and paper instrument to diagnose students' conceptions of breathing, gas exchange and respiration. *Australian Science Teachers Journal*, n° 44, p. 55-60.
- MIGNE J. (1994). Pédagogie et représentations. *Éducation permanente*, vol. 119, n° 2, p. 11-31.
- MILLER N. L. (2008). *An exploration of computer-mediated skill acquisition in concept mapping by in-service Panamanian public elementary schoolteachers*. Thèse de doctorat, Université ouverte de Catalogne.
- MILLER N. L. & CAÑAS A. J. (2008). A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability. *3^e conférence internationale sur la cartographie conceptuelle*, Tallinn et Helsinki.
- MOLINER P. (2001). *La dynamique des représentations sociales*. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.
- MUNSON B. H. (1994). Ecological misconceptions. *Journal of Environmental Education*, n° 25, p. 30-35.
- NOVAK J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 27, p. 937-1077.

- NOVAK J. D. & CAÑAS A. J. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. Rapport technique n° 2006-01, Pensacola : Institute for Human and Machine Cognition.
- RICKLEFS R. E. & MILLER G. L. (2005). *Écologie*. Bruxelles : De Boeck.
- RIO+20. (2012). *Conférence des Nations Unies sur le développement durable. Engagement des établissements de l'enseignement supérieur à adopter des pratiques durables*. Rio de Janeiro : conférence des Nations Unies sur le développement durable. En ligne : <http://www.uclouvain.be/cps/ucl/doc/acdic/documents/declaration_UCL_RIO20.pdf> (consulté le 15 juin 2012).
- ROUSSIAU N. & BONARDI C. (2000). Dissonance cognitive et étude de la transformation d'une représentation sociale (le cas de la politique). *Anuario de Psicologia*, vol. 31, n° 1, p. 89-114.
- ROUSSIAU N. & BONARDI C. (2001). *Les représentations sociales. État des lieux et perspectives*. Hayen : Pierre Mardaga.
- SALAMANCA-ÁVILA M.-E. & VANDER BORGHT C. (2010). Los mapas conceptuales como instrumento de identificación de la evolución de representaciones del conocimiento en ecología . *4^e conférence internationale sur la cartographie conceptuelle*, Viña del Mar, p. 164-168. En ligne : <<http://cmc.ihmc.us/cmc2010papers/cmc2010-83.pdf>> (consulté le 15 janvier 2013).
- SALAMANCA-AVILA M.-E., VANDER BORGHT C. & FRENAY M. (2012). Análisis del contenido y la estructura de las representaciones a partir de mapas conceptuales. *5^e conférence internationale sur la cartographie conceptuelle*, Valette, p. 9-16. En ligne : <<http://cmc.ihmc.us/cmc2012papers/cmc2012-p57.pdf>> (consulté le 15 janvier 2013).
- SANDER E., JELEMENSKÁ P. & KATTMANN U. (2006). Towards a better understanding of ecology. *Journal of Biological Education*, n° 40, p. 119-123.
- SCHWARZ A. (2011). Dynamics in the Formation of Ecological Knowledge. In A. Schwarz & K. Jax, *Ecology Revisited*, Dordrecht : Springer.
- SCHWARZ A. & JAX K. (2011). Etymology and Original Sources of the Term "Ecology". In A. Schwarz & K. Jax, *Ecology Revisited*. Dordrecht : Springer.
- STAMP N. (2004). Misconceptions about plant-herbivore interactions, especially plant defenses. *Bulletin of the Ecological Society of America*, n° 85, p. 201-205.
- STAMP N., ARMSTRONG M. & BIGER J. (2006). Ecological Misconceptions, Survey III: the challenge of identifying sophisticated understanding. *Bulletin of the Ecological Society of America*, n° 87, p. 168-175.
- SUNDBERG M. D. (2003). Strategies to help students change naive alternative conceptions about evolution and natural selection. *Rapports du Centre national pour l'enseignement scientifique*, vol. 23, n° 2. En ligne : <<http://ncse.com/rncse/23/2/strategies-to-help-students-change-naive-alternative-concept>> (consulté le 25 juin 2012).

- TRICOT C. (2006). *Des connaissances à la carte*. Thèse de doctorat, université de Savoie.
- TROWBRIDGE J. E. & MINTZES J. J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 25, p. 547- 571.
- UCL. Université catholique de Louvain (2011a). *Bachelier en sciences biologiques. Programme d'études 2010-2011*. Louvain-la-Neuve : université catholique de Louvain. En ligne : <<http://www.uclouvain.be/293890.html>> (consulté le 24 mars 2012).
- UCL (Université catholique de Louvain) (2011b). *Descriptif de cours 2011-2012- Ecology [LBIO1251]*. Louvain-la-Neuve : université catholique de Louvain. En ligne : <<http://www.uclouvain.be/cours-2011-lbio1251.html>> (consulté le 14 mars 2012).

ANNEXE

Avant le cours	biodiversité	écosystèmes	environnement	espèces	individus	interaction
biodiversité		vivant dans des/ tout ceci nous donne l'	interaction/ permet le maintien d'un bon	composée/ des	influençant le développement/ l'évolution/ c'est l'ensemble des/ variété des/ composée	et des
écosystèmes	comprend		constitue de/ c'est/ comprend	constitue de		forme/ c'est/ est des
environnement	interaction/ de sa et	ça forme les/ forment un/			constitue de	
espèces	créant une certaine/ représente la	au sein d'un	et leur		constitue de/ plusieurs/ et différents/ compose de	entre lesquelles il y a
individus		au sein d'un	et leur / influence sur l'	entre/ sont regroupés en		entre lesquels il y a
interaction	créent	dans/ au sein d'un	par l'/ entre l' / et l'	entre/ qui existent entre différentes	entre les	

**Tableau récapitulatif des propositions formulées par les étudiants
à propos des concepts du noyau, au temps T3.**