# Exploration de la structure et du contenu de la représentation de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants

**María-E. Salamanca-Ávila, Cécile Vander Borght, Mariane Frenay et Thierry Hance**

Faculté des Sciences et Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation. Université catholique de Louvain (UCL), Belgique. E-mails: mariae_salamanca@hotmail.com, cecile.vanderborght@uclouvain.be, mariane.frenay@psp.ucl.ac.be, thierry.hance@uclouvain.be

**Résumé:** Nous proposons une méthodologie originale qui intègre l'outil "cartes conceptuelles" à des méthodes d'analyse des représentations communes, afin de rendre compte de la structure et du contenu de la représentation des concepts scientifiques en écologie. Cette méthodologie, porte sur une combinaison des cartes conceptuelles comme outil de récolte de données auprès d'étudiants et de quatre analyses qui ont été inspirées par la théorie du noyau central. A partir de la confrontation des résultats de ces analyses, nous proposons deux modèles graphiques permettant de visualiser la représentation 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.

**Mots clés:** représentation, représentation de l'écologie, carte conceptuelle, représentation sociale, conceptions.

**Title:** Exploration of the structure and content of representation in ecology, common to a cohort of students.

**Abstract:** We propose a original methodology that integrate tool "concept maps" to analytical methods of common representations to account for the structure and the content of the representation of scientific concepts in ecology. This methodology involves a combination of concept maps as a tool for gathering data from students and four analyzes inspired by the theory of the central nucleus. To compare the results of the analyzes, we propose two graphical models to visualize the common representation to the group of students: the first model highlights the core and the periphery of this representation, the second one allows to study in depth the structure and content of the nucleus.

**Keywords:** representation, ecology representation, concept maps, social representation, conceptions.

## Introduction

Un cours d'écologie de niveau universitaire donne l'occasion de se retrouver face à de jeunes adultes qui ont grandi dans un monde où l'information relative à l'environnement et à la connaissance scientifique de l'écologie joue un rôle de plus en plus important dans les processus sociaux.

Or, ces jeunes arrivent au cours d'écologie avec des représentations, des croyances et des attentes particulières vis-à-vis de cette matière.

Les travaux en didactique des sciences, en psychologie cognitive et en psychologie sociale convergent vers l'idée que les apprenants abordent les concepts scientifiques avec leurs propres représentations et que celles-ci jouent un rôle déterminant dans l'appropriation des connaissances scientifiques, allant même jusqu'à constituer des obstacles à l'apprentissage (Ausubel, 1978; Carey, 1987; Giordan, 2008; Tiberghien, 2002, entre autres).

En didactique, les représentations ont été étudiées le plus souvent, de manière individuelle et portent sur un concept particulier. Les objectifs de notre recherche s'inscrivent dans une démarche très différente, presque opposée, constituant ainsi un des aspects originaux de l'étude. En effet, notre premier objectif est de réaliser l'analyse de la représentation de manière groupale. Le deuxième est d'aborder les représentations comme des "systèmes hiérarchisés".

Concernant le premier objectif, nous éloignons des recherches classiques qui traitent des représentations individuelles. Nous proposons de partir des représentations individuelles afin de déduire une représentation caractéristique d'un groupe d'étudiants, représentation que nous appellerons "représentation commune".

A propos de notre deuxième objectif, au-delà des études des concepts isolés, ce qui nous semble intéressant, ce sont les relations entre plusieurs concepts qui forment la représentation. Nous considérons que pour comprendre l'appropriation de nouvelles connaissances, il est indispensable d'aborder et d'analyser la représentation comme un "système hiérarchisé", c'est-à-dire comme un ensemble organisé de concepts qui sont en relation entre eux.

En conséquence, il s'avère nécessaire d'identifier le contenu et la structure de la représentation. Nous entendons par contenu les concepts et les relations formulées entre eux et par structure leur organisation hiérarchique. Ceux-ci permettront d'appréhender la cohérence de la représentation et le rôle des concepts dans la structure conceptuelle à laquelle ils appartiennent.

Mais quelles(s) méthode(s) utiliser pour analyser et interpréter les données provenant de cartes conceptuelles réalisées par les étudiants? C'est la question principale à laquelle nous tenterons de répondre dans cet article.

Les études empiriques indiquent que la carte conceptuelle constitue une excellente manière de représenter la connaissance (Novak et Cañas, 2006). Toutefois, malgré ses qualités, la littérature concernant l'étude de la structure des représentations n'inclut pas encore cette technique. Ainsi, il nous a paru intéressant de tester cet outil dans ce cadre et au travers des analyses nous discuterons de la pertinence de leur utilisation.

Notre travail propose d'analyser une représentation des concepts scientifiques en tant que représentation groupale et dans toute sa complexité (contenu et structure), ce qui n'est pas courant dans les

recherches en didactique. Toutefois, dans le cadre des recherches en psychologie sociale il s'agit d'une activité habituelle. En effet, au travers du cadre des "représentations sociales", tant le contenu que la structure de la représentation commune peuvent être abordés, ce qui constitue un avantage en termes d'analyse puisque cette dernière est globale. C'est pourquoi nous proposons une recherche qui tente de contribuer aux études en didactique en produisant une alternative à l'analyse classique des représentations.

Notre recherche comprend dès lors une démarche empirique de deux étapes : la mise au point d'une méthode d'analyse d'une représentation commune et la modélisation graphique de la structure de la représentation.

La première étape porte sur le traitement des données des représentations individuelles, afin de mettre au point une méthode d'analyse en vue de la détermination d'une représentation commune. Nous avons examiné les théories qui étudient l'organisation interne des représentations depuis la perspective des représentations sociales. Nous avons retenu la "théorie structurale du noyau central" développée par Abric (1976, 1987, 1994). Cette théorie stipule que les éléments constitutifs d'une représentation n'ont pas la même valeur, certains sont essentiels (conforment le noyau) et d'autres secondaires (conforment la périphérie).

L'identification des éléments constitutifs de la représentation et de la place qu'ils occupent est possible, moyennant une multiméthodologie. Les résultats comparés de l'application de ces différentes méthodes d'analyse des données permettront d'approcher l'organisation interne des représentations: identifier le noyau et la périphérie.

La deuxième étape empirique comprend la modélisation graphique de la structure de la représentation commune. Pour la réaliser, en suivant les principes de la théorie structurale du noyau central, nous proposons une modélisation qui est réalisée en deux temps : un premier modèle qui donne l'aperçu de tous les composants de la représentation et son organisation (noyau et périphéries), et un deuxième modèle, qui dévoile l'agencement hiérarchique des composants centraux.

Notre article s'articule en quatre parties. La première concerne le cadre théorique. La seconde partie est consacrée à la description des quatre méthodes d'analyse (multiméthodologie) que nous avons utilisées. La troisième partie est consacrée à la discussion. Nous y présentons l'élaboration des modèles de la représentation et du noyau à partir de la synthèse des résultats des analyses. Nous concluons enfin par une brève approche des perspectives que nous espérons avoir contribué à ouvrir.

Cette étude exploratoire, se situe dans un contexte d'études empiriques de représentations d'adultes lors d'un enseignement d'écologie générale.

## Cadre théorique

Nous y donnons un bref aperçu des concepts structurants de notre recherche : les représentations et leur étude, l'étude des représentations en écologie, la carte conceptuelle, les concepts scientifiques et les concepts de l'écologie.

*Le concept de représentation*

Au départ, en sociologie durkheimienne, le terme "représentation" a été retenu pour faire référence, d'après Durkheim, à "une vaste classe de formes mentales (sciences, religions, mythes, espace, temps), d'opinions et de savoirs sans distinction" (cité par Moscovici, 1989, p. 65). Durkheim, envisage les représentations individuelles et collectives: une représentation individuelle est celle qui est propre à chaque individu; les représentations collectives sont celles qui présentent les idées, croyances et valeurs d'un groupe social.

Moscovici redéfinit le concept de représentation collective et fait apparaître le terme de "représentation sociale". Celle-ci désigne "une forme de connaissance, socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social" (Jodelet, 1989, p. 36). Cette réalité commune est également désignée comme "savoir de sens commun", "savoir naïf" ou encore "naturel".

Selon Flament et Rouquette (2003) une représentation sociale "peut être caractérisée comme un ensemble d'éléments cognitifs liés par des relations, ces éléments et ces relations se trouvant attestés au sein d'un groupe déterminé" (p. 13).

La revue de la littérature consacrée à l'étude des représentations en didactique des sciences met en évidence la polysémie et l'hétérogénéité du terme "représentation". En effet, Giordan et de Vecchi (1987) ont relevé vingt-sept synonymes passant de "déjà-là" à "pupils paradigms". Ces diverses définitions et déclinaisons du terme sont proposées sans qu'aucun consensus n'existe, ce qui rend difficile l'exploitation effective de la comparaison entre les diverses études.

Dans notre étude nous avons décidé d'adopter le terme de "représentation commune" à une cohorte d'étudiants et nous nous focalisons sur la représentation de concepts scientifiques en écologie, partagée par ladite cohorte.

Ce choix nous a incités à revoir les options d'analyse des représentations proposées par la littérature. Dans cette perspective, nous avons décidé de nous appuyer sur la théorie structurale du noyau central formulée par Abric (1976, 1987, 1994).

*La théorie du noyau central*

D'après cette théorie, une représentation est composée d'éléments cognitifs qui ne sont pas structurellement équivalents et qui sont liés entre eux par des relations (Flament et Rouquette, 2003). Ces éléments, qui sont interdépendants, conforment un noyau central et des périphéries (Abric, 2001).

Ce modèle structural caractérise le noyau comme l'élément fondamental de la représentation car il structure et fixe la signification. Il est aussi le composant le plus stable de l'ensemble, ce qui lui confère la propriété de résister aux changements. Les éléments périphériques, pour leur part, sont hiérarchisés autour du noyau central. Ils le protègent mais assurent aussi sa possibilité d'évolution (Abric, 1997).

Ainsi, identifier la structure de la représentation commune revient, avant tout, à identifier son noyau central et à envisager les représentations comme des systèmes cognitifs hiérarchiques sur la base de deux dimensions: l'une centrale et l'autre périphérique.

Délimiter ce qui constitue le "cœur" d'une représentation "sera donc essentiel pour identifier comme pour décrire ou comprendre sa dynamique" (Roussiau et Bonardi, 2001, p. 119). Afin d'identifier le noyau et les périphéries d'une représentation, le recours à une méthode unique d'analyse des données est insuffisant. Cela requiert un dispositif multiméthodologique (Apostolidis, 2003), qui consiste à utiliser différentes méthodes d'analyse pour vérifier l'exactitude et la stabilité des interprétations. Cette stratégie apporte aux démarches qualitatives non seulement une indispensable rigueur scientifique, mais aussi une ampleur et une profondeur, essentielles pour garantir la fiabilité des résultats obtenus et permettre de les valider (Abric, 2003b; Apostolidis, 2003).

Les résultats des différents types d'analyses de données confrontés entre eux nous permettront d'identifier la structure du noyau central et des périphéries de la représentation de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants.

Nous avons trouvé dans la théorie du noyau central la possibilité d'analyse souhaitée, alliant rigueur scientifique et analyse générale (différents éléments avec un poids particulier et reliés entre eux de manière hiérarchique). A ce stade nous nous demandons ce qui a été fait dans les recherches des représentations en écologie.

*L'étude des représentations en écologie*

Les recherches portant sur les représentations des apprenants concernant l'écologie sont rares. La plupart d'entre elles, réalisées à la lumière des théories du "changement conceptuel", témoignent de l'intérêt d'identifier les représentations qui n'ont pas un caractère scientifique, c'est-à-dire les "idées erronées". Ces dernières ont fait l'objet de plusieurs compilations, dont celles de Stamp (2007), d'Avanzo, (2007), Brody, M. (1993), entre autres. Ces compilations mettent en évidence le fait que les recherches portent souvent sur des concepts isolés, généralement liés à un cadre d'apprentissage concret (Sander et al., 2006).

Le terme d'"idées erronées", s'il est le plus privilégié, n'est pas le terme unique utilisé pour étudier les représentations non scientifiques en écologie. En effet, celles-ci ont aussi été appelées "conceptions" (Mann et Treagust, 1998), "conceptions alternatives" (Lawson et Thompson, 1988), "conceptions naïves" (Sundberg, 2003), "concepts des étudiants" (Hellden, 1998), "idées des enfants" (Leach et al., 1996), "interprétations des étudiants" (Clough et Wood-Robinson, 1985) et aussi "préconceptions" (Gallegos et al., 1994).

D'autres inquiétudes pédagogiques que celles concentrant les idées erronées ont également motivé les recherches, par exemple, l'exploration de pistes pour planifier l'enseignement (par exemple, Ballantyne, 2004; Gallegos, et al., 1994), le développement de méthodes d'analyse des représentations (par exemple, Brody, 1993) et l'évolution des représentations (par exemple, Leach et al., 1996).

De la recherche en didactique de l'écologie nous retenons la grande variété d'études représentée par la diversité des thématiques étudiées, des méthodes utilisées, des objectifs poursuivis ainsi que des populations ciblées.

La question qui se pose alors consiste à choisir, parmi des nombreuses options, un mode de recueil de données qui permette d'identifier des éléments et les relations qui les unissent.

Nous avons choisi de recueillir nos données en utilisant les cartes conceptuelles, réalisées à partir du logiciel "CmapsTools".

*La carte conceptuelle*

En s'appuyant sur la théorie de l'apprentissage significatif développée par Ausubel (1963, 1978), Novak et son équipe ont mis au point un outil capable de mettre en évidence la structure de la connaissance des étudiants, la carte conceptuelle. Il s'agit d'un diagramme bidimensionnel qui représente une structure cognitive (voir figure 1). Le diagramme comporte trois composants: les concepts, les relations et les connecteurs ou liens (Novak et Cañas, 2006).

Les concepts, sont généralement notés dans des formes géométriques telles que des rectangles arrondis. Ils sont classés (ce qui suppose un travail de sériation et de hiérarchisation), en prenant appui sur des logiques différentes. Par exemple, l'organisation part du terme le plus générique -par rapport à la question de départ- pour aborder ensuite le terme le plus spécifique ou l'agencement des concepts à partir des relations de causalité (cause-conséquence) ou d'inclusion.

Les relations entre les concepts sont indiquées au moyen de lignes. Quand on travaille avec le logiciel CmapsTools, les flèches signalent le sens de la relation, et leur absence indique un sens de lecture selon un ordre hiérarchique (de haut en bas). Par exemple, dans la partie gauche de la carte conceptuelle de la figure 1, on peut lire: "l'écologie est l'étude des interactions entre les individus regroupés en populations ou communautés. Les populations d'une même espèce forment l'ensemble de la biodiversité. Les populations d'un même écosystème échangent des flux d'énergie".

Les connecteurs ou liens sont les mots notés sur les lignes. Il s'agit d'un verbe ou de mots-liens qui définissent la relation entre deux concepts.

Dans une carte, l'unité sémantique est la proposition, définie comme un énoncé significatif composé par deux concepts, ou plus, reliés par des mots connecteurs. Par exemple "l'écologie est l'étude des interactions".

Dans notre recherche nous avons choisi de travailler avec des concepts scientifiques, ce qui mérite une explication du terme.

Le concept scientifique

Un concept scientifique est une représentation mentale qui a été construite ou inventée par les scientifiques afin de représenter les différents champs de la connaissance et il est construit et reconstruit par le sujet qui apprend (Moreira, 2008).

En général, l'apprentissage d'un concept implique la reconnaissance et le discernement des attributs qui le spécifient ainsi que la relation existant

entre ces attributs. La combinaison d'attributs doit pouvoir être nommée par un mot qui est un symbole arbitraire, une étiquette. Ce mot (ou étiquette) permet de regrouper les exemples possédant la même combinaison d'attributs dans la même catégorie (Barth, 1987). Ainsi, le concept est le sens des mots (Fodor, 1999).

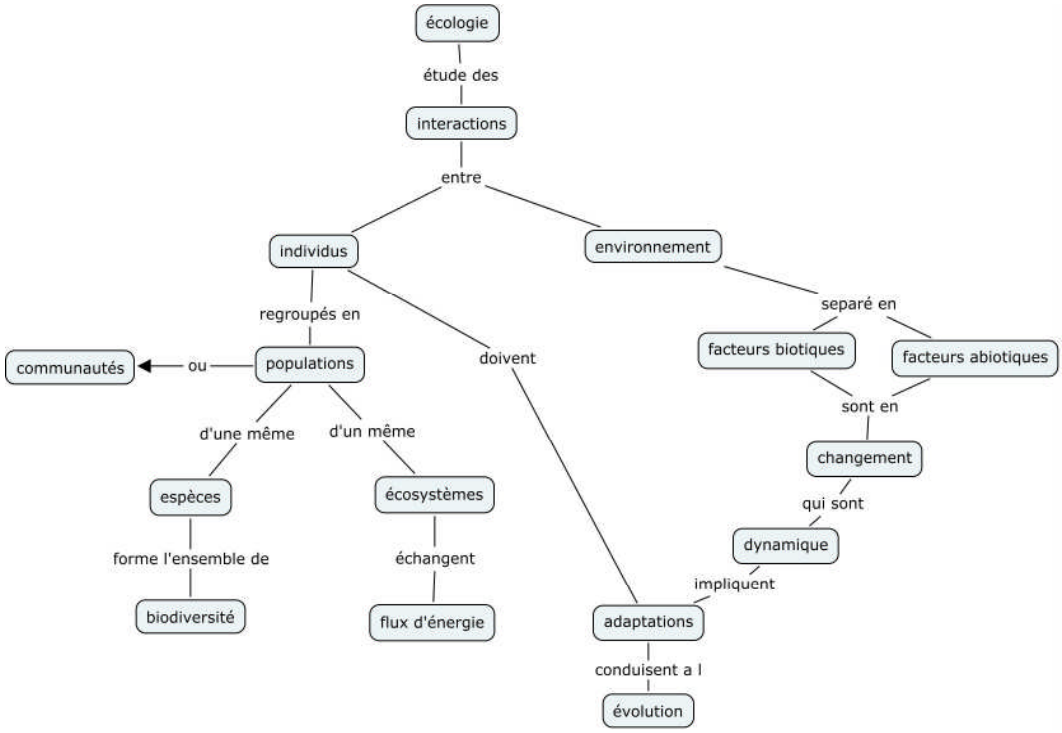


Figure 1. Carte conceptuelle en écologie créée par un de nos étudiants.

Les concepts, selon Ausubel (1978), sont des idées catégoriques représentées par des symboles uniques (les mots) qui peuvent être manipulés et compris avec une grande facilité. Pour l'auteur, l'apprentissage de concepts se réalise de deux manières : par la formation et par l'assimilation des concepts. La formation des concepts a lieu pendant la petite enfance moyennant un processus d'acquisition spontané, inductif, basé sur les expériences empiriques concrètes. L'assimilation des concepts est propre aux enfants plus âgés, adolescents et adultes : l'acquisition des concepts se réalise alors par l'interaction quand les attributs d'un concept sont déjà présents, les concepts sont modifiés et intégrés à la structure cognitive existante de l'apprenant. Ce dernier argument constitue la base de sa théorie de l'apprentissage significatif.

Notre recherche s'intéresse à l'écologie scientifique. Les concepts scientifiques que nous comptons étudier émergent du contenu d'un cours de base dispensé à l'université.

*Les concepts de l'écologie*

Dans le cadre de notre étude, nous ferons référence à l'écologie comme: "l'étude des relations que les organismes entretiennent les uns avec les autres et avec leur environnement", (Ricklefs et Miller, 2005, p. 3).

Au sein de notre université, le cours de "notions de base en écologie" apporte les connaissances générales pour établir les bases scientifiques de l'écologie. Ces bases comprennent les concepts d'environnements physiques et leurs relations avec les organismes. Elles approchent aussi les principales notions liées au concept d'écosystème telles que le flux d'énergie, les cycles des éléments ainsi que la régulation et le fonctionnement des écosystèmes. Une première étude de l'écologie des populations est également prévue afin d'aborder leur structure, leur accroissement, leur régulation, les fluctuations et cycles dans les populations. Finalement le cours fait découvrir les concepts de ressources et de consommateurs qui sont abordés au travers de la théorie de la compétition (UCL, 2011).

## Questions et contexte de la recherche

Nous sommes intéressés par l'identification du contenu et de la structure de la représentation commune des étudiants en utilisant les cartes conceptuelles comme moyen de récolte et d'analyse des représentations. A ce propos nous nous demandons:

1. Comment exploiter les données issues des cartes conceptuelles pour identifier le noyau et les périphéries d'une représentation commune? Sur quels types de données se baser? Quelles analyses appliquer?

2. Comment synthétiser les résultats des analyses pour construire: un modèle graphique de la représentation commune et un modèle de la structure et du contenu du noyau?

Afin de répondre aux questions, nous avons sélectionné une population, nous avons identifié des concepts clés pour la réalisation des cartes conceptuelles et nous avons établi un protocole pour la récolte des données.

*La population*

Elle est constituée de dix-sept des dix-neuf étudiants inscrits au cours d'écologie (année académique 2009-2010) donné en deuxième année de baccalauréat en biologie à l'Université catholique de Louvain (UCL, 2011). Le cours s'articule en 60 heures théoriques et 15 heures pratiques et il a une valeur académique de cinq crédits dans le système européen de transfert et d'accumulation de crédits ECTS (un crédit équivaut à vingt-quatre heures de travail de l'étudiant: cours, travaux pratiques, étude personnelle et examen).

*Identification des concepts clés*

Pour construire une carte conceptuelle il faut d'abord délimiter le sujet (Novak et Cañas, 2006), dans notre cas le contenu du programme du cours d'écologie du cours et plus spécifiquement les concepts clés qui s'appliquent au domaine en étude.

Afin d'identifier les concepts clés, nous avons analysé l'ouvrage de référence du cours (Écologie de Ricklefs et Miller, 2005) et les documents préparés pour les étudiants (le syllabus et les documents PowerPoint). Nous avons également interviewé l'enseignante. Le résultat de la démarche se présente sous la forme d'une liste de 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".

*Récolte des données*

Nous avons convoqué les étudiants avant qu'ils commencent le cours d'écologie. Ils ont réalisé les cartes conceptuelles après une séance d'introduction de 45 minutes. Au cours de cette séance la méthode de réalisation des cartes conceptuelles, le programme informatique CmapsTools et des exemples de cartes liées à la biologie ont été présentés. A ce propos, nous avons pu observer que les étudiants n'ont pas manifesté trop de difficultés avec ce logiciel.

Une demi-heure a été consacrée à la réalisation d'une "carte exercice", ensuite les étudiants ont disposé d'une heure et demie pour élaborer leur carte conceptuelle. Chaque étudiant a été invité à construire une carte pour répondre à la question: "Comment liez-vous entre eux les concepts du cours d'écologie?" Dans cette perspective, les consignes suivantes leur ont été données:

a) Lire la liste des concepts. Choisir les concepts de la liste (minimum 16), et le cas échéant, en ajouter d'autres (sans dépasser la limite maximale de 24 concepts). Notons que nous avons donné, dès le départ, la liste des concepts aux étudiants pour qu'ils se concentrent sur les aspects scientifiques plutôt que sur les actions à mener pour la protection de la nature ou la préservation de l'environnement, sujets qui sont fort liés.

b) Inscrire un concept par bulle. Chaque concept n'apparaissant qu'une seule fois sur la carte.

c) Rédiger des liens entre les concepts.

d) Enregistrer la construction de la carte avec l'option "prise de vues de la Cmap" du programme CmapsTools.

## Exploration du contenu et de la structure des représentations

Inspirées de la théorie du noyau central, quatre types d'analyses ont été mises en œuvre: l'analyse de l'ordre de sélection des concepts, l'analyse de la relation de subordination entre concepts, l'analyse de robustesse et l'analyse d'associations. La première porte sur le processus de construction de la carte et les trois autres étudient les cartes finies (Salamanca-Ávila et Vander Borght, 2010). Dans la suite de ce paragraphe, nous allons présenter les différents types d'analyses: façon de procéder, résultats à partir des données et limites du type d'analyse envisagé.

*Analyse de l'ordre de sélection des concepts*

Cette première analyse découle de l'étude de la méthode "d'association libre" (Abric, 2003a; Vergès, 1992) Elle consiste, "à partir d'un mot inducteur, à demander au sujet de donner tous les mots ou des expressions qui lui viennent à l'esprit" (Abric, 2003a, p. 63). Il s'agit de la sélection spontanée des concepts qui constituent l'univers sémantique de la représentation.

Dans le cas de la construction d'une carte conceptuelle, c'est la question de départ qui présente le mot inducteur. Dans notre étude la question:

Comment liez-vous les concepts en écologie ?, annonce le concept inducteur: "écologie".

Si la construction de la carte a comme point de départ une liste de concepts, ce qu'on peut observer c'est "l'ordre de sélection" des concepts, qui pour nous correspond à l'association libre.

Par exemple, la figure 2 montre que les étudiants ont initié leurs cartes à partir du concept "écologie". Nous pouvons codifier la séquence des concepts grâce à leur enregistrement réalisé avec le logiciel CmapTools.

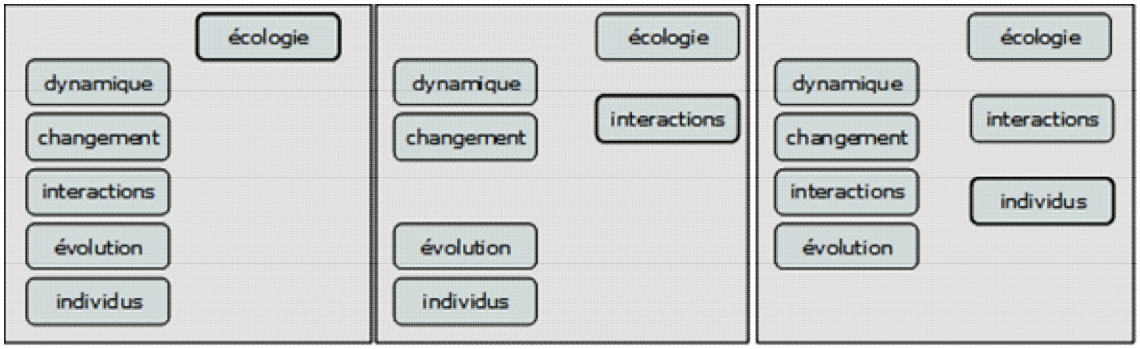


Figure 2. Exemple de l'ordre de sélection des concepts avec le logiciel CmapTools: 1) écologie, 2) interactions, 3) individus.

1) Procédé d'application

a) Afin d'encoder les données, nous avons attribué une valeur numérique aux concepts déplacés ou ajoutés dans la construction de la carte. Les concepts non choisis de la liste, sont considérés comme dernier choix. La dernière valeur numérique leur a été attribuée. Par exemple, dans le tableau 1, on peut lire que l'étudiant (1) a choisi en premier lieu le concept "écologie", puis, "compétition" et ainsi de suite jusqu'au le concept "évolution" en dernier (concept 16). Il n'a pas choisi pour l'élaboration de sa carte les concepts, entre autres: "dynamique" et "facteur abiotique", auxquels nous avons attribué le chiffre 17.

| **Sélection des concepts** | adaptation | biodiversité | changement | communauté | compétition | dynamique | écologie | écosystème | environnement | espèce | évolution | facteur abiotique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Étudiant 1 | 14 | 13 | 12 | 11 | 2 | 17 | 1 | 6 | 5 | 8 | 16 | 17 |

Tableau 1. Exemple d'enregistrement des données de la sélection des concepts pour douce des vingt concepts clés.

b) Une matrice groupale est ensuite construite, sur le modèle du tableau 1, mais reprenant les données des 17 étudiants et les vingt concepts.

c) Cette matrice est soumise à l'analyse du classement hiérarchique (nous avons travaillé avec le logiciel "R". Logiciel libre, spécialisé dans l'analyse statistique et la représentation graphique de données).

d) Le résultat de cette analyse, présenté sous la forme d'un dendrogramme (ou arbre de classification hiérarchique), montre les concepts classés d'après leur ordre de sélection (figure 3).

2) Résultat et interprétation

Du point de vue structural, il est possible de décrire un champ représentationnel (groupe 1) dichotomique: le groupe 3 constituant le possible noyau et le groupe 2 la possible périphérie.

Du point de vue du contenu, nous pouvons dire que chez les étudiants le concept "écologie" est rapidement associé aux concepts: "interaction, écosystème, population, espèce et individus", que nous avons inclus dans le noyau. Le concept "écologie" est également lié aux concepts de "biodiversité et environnement". D'après notre interprétation, pour les étudiants le noyau de la représentation est le suivant: "L'écologie est l'étude des interactions dans l'écosystème, entre les populations, les individus et les espèces. Ces interactions se trouvent à l'origine de la biodiversité dans l'environnement".

Concernant les concepts du deuxième groupe, la périphérie possible, nous trouvons que les sous-groupes ont une correspondance thématique. Ainsi, un groupe est composé par des exemples d'interactions entre les êtres vivants: "compétition mutualisme et prédation". Un autre en relation avec l'énergie: "échange, flux et dynamique". Un troisième est composé par les facteurs de l'environnement "biotique et abiotique". Et un dernier est lié à la théorie de l'évolution: "adaptation, évolution, sélection naturelle, changement, communauté".

3) Limites de la méthode d'analyse

Nous trouvons cette analyse intéressante dans la mesure où elle permet d'explorer la structure de la représentation à partir du processus de construction de la carte. Mais, si l'ordre d'apparition des mots peut être utilisé comme un indice d'accessibilité, il ne doit pas être confondu avec l'indice d'importance. Car il se peut que les mots associés plus facilement ne soient pas les plus importants pour l'individu, mais les plus partagés par le groupe (Silvana de Rosa, 2003).

Une confirmation du résultat s'avère nécessaire. Cette confirmation peut se réaliser en vérifiant si l'ordre de sélection des concepts est en lien avec la hiérarchie conceptuelle établie dans les cartes réalisées par les étudiants.

*Analyse de la subordination des concepts*

L'étude est inspirée de la phase d'analyse de "l'ordre hiérarchique" proposée par Abric (2003a), destinée à qui a comme but de classer le degré d'importance accordé à chaque concept. Selon Abric, ce rang découle de la hiérarchisation effectuée par le sujet lui-même.

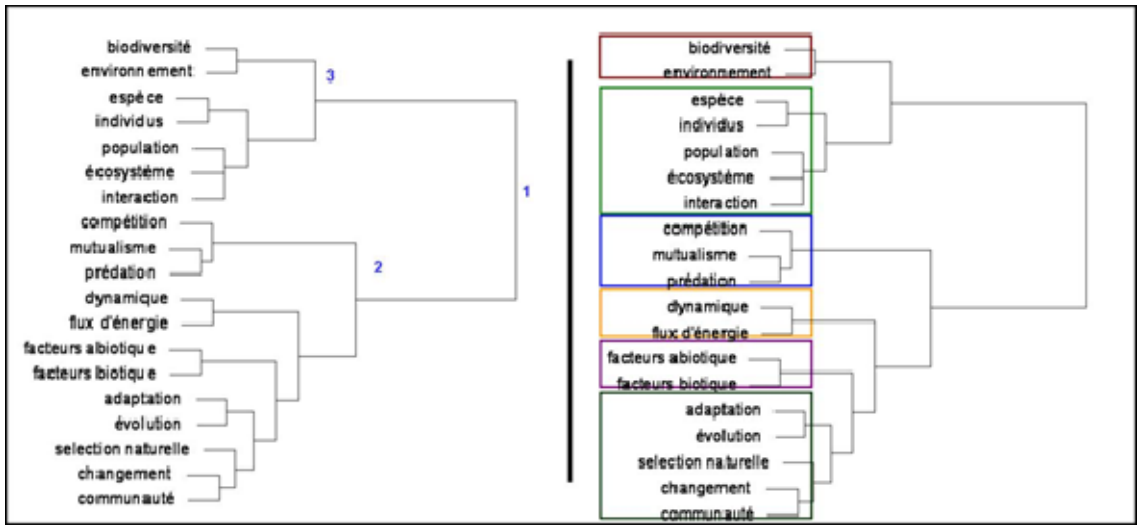


Figure 3. Classification hiérarchique de l'ordre de sélection des concepts (méthode d'agrégation de Ward, distance euclidienne carrée). A gauche, groupes qui forment la structure de l'arborescence. A droite, répartition des classes et des thématiques.

Dans notre étude, les concepts sélectionnés par les étudiants dans un premier temps, doivent être organisés de façon à former une carte conceptuelle, ce qui implique la création d'une hiérarchie. Toutefois, il ne s'agit pas de donner une "importance" au concept, il s'agit d'attribuer des relations de subordination. Ainsi les concepts les plus inclusifs et les plus généraux sont en haut de la carte, et les concepts les plus spécifiques et les moins généraux sont disposés hiérarchiquement en dessous (Novak et Cañas, 2006).

Dans le cas d'une carte, nous interprétons le niveau de hiérarchie du concept comme un niveau de subordination. Sous le nom "d'analyse de la subordination des concepts", nous mettons en relation les variables "niveau de hiérarchie de la carte" et "niveau de hiérarchie du concept".

Par niveau de hiérarchie de la carte nous entendons le nombre de niveaux présents dans la chaîne des concepts, la plus longue comptée à partir du concept principal présent dans le niveau 1. Par exemple: le niveau de hiérarchie de la carte exposée dans la figure 1 est 8 car la chaîne la plus longue est composée des huit concepts: "écologie, interactions, facteurs biotiques, facteurs abiotiques, changement, dynamique, adaptations, et évolution".

Nous définissons le niveau de hiérarchie de chaque concept comme le niveau auquel se trouve le concept "x", il est déterminé à partir de la chaîne la plus longue dérivée du concept racine. Par exemple: le niveau de hiérarchie du concept "interaction" dans la même carte est 2. Les concepts: "facteurs biotiques, facteurs abiotiques, changement et populations", occupent le niveau 4.

1) Procédé d'application

Cette analyse au moyen du "logiciel R", se réalise en quatre étapes:

a) Nous avons noté les valeurs des variables correspondant aux niveaux de hiérarchie de la carte et des concepts. Pour pouvoir utiliser le logiciel R de façon optimale, nous avons décide d'inverser le classement. Ainsi, par exemple, si le niveau maximal est de 8, comme c'est le cas de l'étudiant 1: au concept de niveau 8 est assigné le numéro 1, à celui de niveau 7 le 2, à celui de niveau 6 le 3 et ainsi de suite jusqu'à zéro pour les concepts non sélectionnés (tableau 2).

| **Concept/ Niveau de hiérarchie du concept** | adaptation | biodiversité | changement | communauté | compétition | dynamique | écologie | écosystème | environnement | espèce | évolution | facteurs abiotique | facteurs biotique | flux d'énergie | individus | interaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Étudiant 1 | 7 | 6 | 5 | 5 | | 6 | 1 | 5 | | 5 | 8 | 4 | 4 | 6 | 3 | 2 |
| **Classement inversé** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Étudiant 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 0 | 3 | 8 | 4 | 0 | 4 | 1 | 5 | 5 | 3 | 6 | 7 |

Tableau 2. Enregistrement des données des niveaux de hiérarchie des concepts, pour seize des vingt concepts "clés".

b) Nous avons ensuite calculé l'indice de subordination de chaque concept en réalisant la relation: niveau de hiérarchie du concept / niveau de hiérarchie de la carte.

Puisque l'indice de subordination du concept écologie est 1, nous éliminons ce concept afin de faciliter l'observation de la formation des groupes (voir tableau 3).

c) Nous avons enfin réalisé une matrice du groupe à l'aide de données provenant de chaque carte (tableau 3)

| **Indice de subordination du concept** | adaptation | biodiversité | changement | communauté | compétition | dynamique | écosystème | environnement | espèce | évolution | facteur abiotique | facteur biotique | flux d'énergie | individus |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Étudiant 1 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,1 | 0 | 0 | 0,3 | 0,6 |
| Étudiant 2 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0,7 | 0,6 | 0 | 0,9 | 0 | 0,1 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 1 |

Tableau 3. Exemple de l'enregistrement des indices de subordination des concepts, pour quatorze des vingt concepts clés.

d) Finalement, les données ont été classifiées de manière hiérarchique (figure 4).

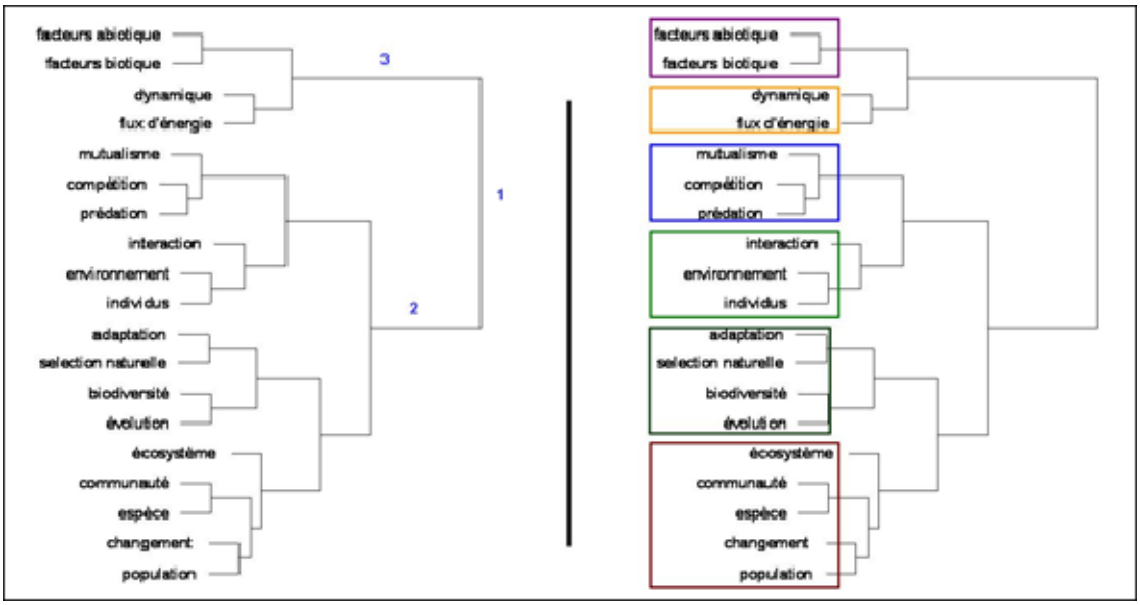


Figure 4. Dendrogramme de la subordination des concepts (méthode d'agrégation de Ward, distance euclidienne au carré). A gauche, groupes qui forment la structure de l'arborescence. A droite, répartition des classes et des thématiques.

2) Résultat et interprétation

Du point de vue structural, le champ représentationnel (groupe 1) divise les concepts en deux groupes, ceux qui constituent le noyau possible (groupe 2), et ceux de la possible périphérie (groupe 3).

Les concepts du noyau possible semblent exprimer que "l'écologie est l'étude des interactions dans l'environnement entre les individus présents dans un écosystème dans lequel se produisent des changements à plusieurs niveaux (des espèces, des communautés, des populations). Ces changements, moteurs de la sélection naturelle, conduisent à des adaptations et génèrent l'évolution et la biodiversité".

La possible périphérie, c'est-à-dire les concepts du groupe 3, est composée par deux sous-groupes de concepts: le premier exprime une relation d'échange d'énergie (flux d'énergie et dynamique), le deuxième est composé par les facteurs de l'environnement (biotique et abiotique).

3) Limites de la méthode d'analyse

Selon la littérature, les dendrogrammes limitent les possibilités d'interprétation des données (Lebart et al. 2006). Il est donc préférable de valider l'information grâce à d'autres analyses.

*Analyse de robustesse*

Dans l'analyse "d'évocations hiérarchisées", Abric (2003a), croise deux variables qui permettent un repérage du statut des éléments de la représentation: "la fréquence d'apparition du concept dans un groupe" et leur moyenne "d'importance hiérarchique".

Sous le nom "d'analyse de robustesse", nous adaptons l'analyse d'évocations hiérarchisées aux cartes conceptuelles. Dans ce cas, la fréquence d'apparition du concept dans un groupe fait référence au nombre

d'étudiants qui ont cité le concept. Nous la faisons correspondre l'importance hiérarchique à l'indice de subordination du concept calculé dans l'analyse antérieure.

1) Procédé d'application

a) Nous avons calculé les deux variables et nous les avons encodées dans une matrice groupale. Ensuite nous avons calculé leurs moyennes.

b) Nous avons réalisé un graphique bidimensionnel de coordonnées cartésiennes: les données de la fréquence d'apparition du concept correspondent à l'axe des abscisses (X) et celles de la moyenne d'indice de subordination du concept, à celui des ordonnées (Y).

c) Nous avons tracé les droites correspondant aux valeurs de la moyenne de fréquence d'apparition du concept et de son importance hiérarchique.

d) Ainsi, nous avons un graphique dans lequel s'organisent les concepts en quadrants déterminés par les moyennes (figure 5).

2) Résultat et interprétation

Afin d'interpréter le graphique, il convient de suivre les instructions d'Abric (2003a): la case 1, regroupe les éléments les plus fréquents et les plus importants et correspond à la zone du noyau central. Les cases 2 et 4 contiennent les éléments périphériques, ceux qui sont peu présents et de moindre importance dans la représentation. Ainsi, la case 2 correspond à la première périphérie et la case 4 à la seconde périphérie. La case 3 contient la zone d'éléments contrastés, constituée par des éléments peu présents et peu importants dans le champ des représentations. Ces éléments peuvent être considérés comme compléments de la première périphérie ou peuvent révéler l'existence d'un sous-groupe minoritaire qui a une représentation différente.

Du point de vue structural, les concepts présents dans la case 1, zone du noyau, sont ceux qui ont été les plus cités par les étudiants et qui sont placés dans les premiers niveaux hiérarchiques des cartes conceptuelles. La case 2, première périphérie, contient les concepts les plus cités par les étudiants mais à des niveaux hiérarchiques inférieurs aux précédents. La case 4, deuxième périphérie, comprend les concepts peu sélectionnés par les étudiants et classés dans de niveaux de hiérarchie éloignés du noyau.

Du point de vue du contenu, cette analyse semble indiquer que, pour les étudiants, le noyau de la représentation de l'écologie est: "l'écologie est l'étude des interactions dans l'écosystème entre les individus et leur environnement. Les interactions entre les espèces peuvent conduire à l'évolution et à la biodiversité".

3) Limites de la méthode d'analyse

Bien que cette analyse soit un des tests les plus confirmés dans l'étude des représentations sociales (Flament et Rouquette, 2003), elle présente l'inconvénient du choix des axes horizontal et vertical qui délimitent les quatre zones (Bouhon, 2009).

Il est encore possible explorer d'autres corrélations afin de discerner la structure de la représentation en examinant par exemple les relations entre les concepts.

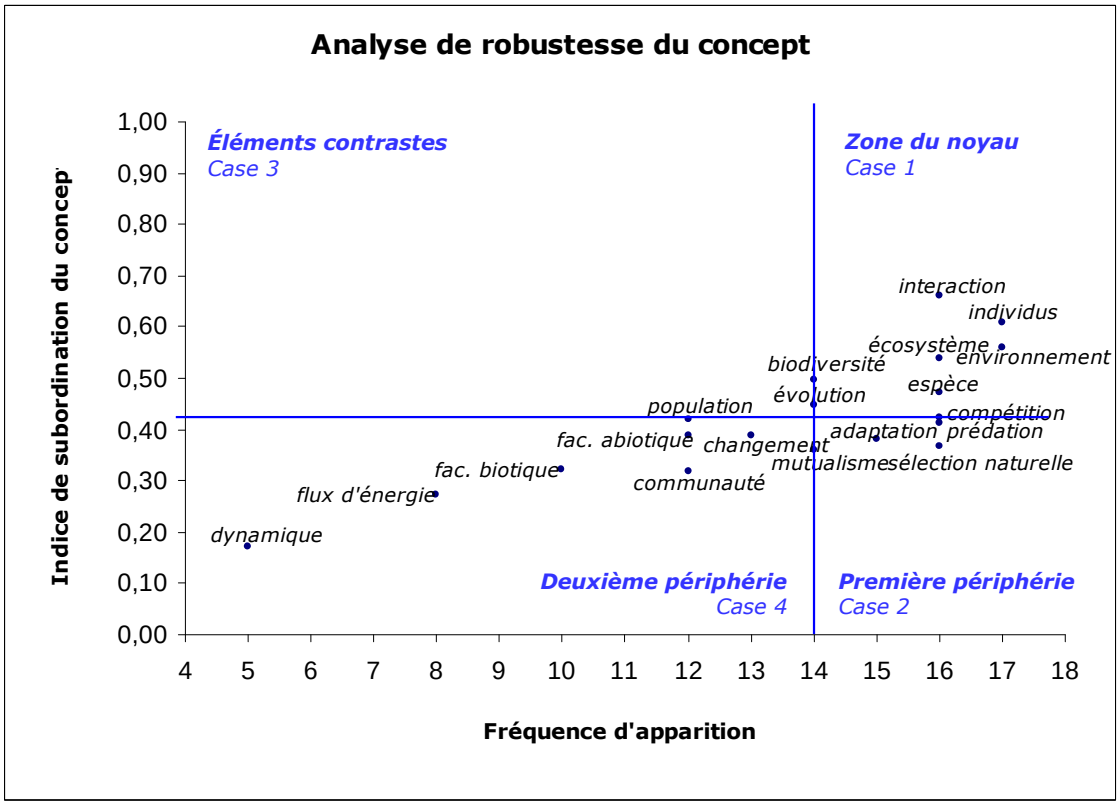


Figure 5. Résultat de l'analyse de robustesse.

*Analyse d'association*

Cette analyse, est le résultat d'une combinaison entre le test "d'Olmstead et Tukey" et l'analyse "d'évocations hiérarchiques" d'Abric (2003a).

Le test d'Olmstead et Tukey, analyse non paramétrique, a pour objectif de déterminer la présence d'une corrélation entre deux variables (Sokal et Rohlf, 1995). Dans notre étude, il s'agit de la corrélation entre "la fréquence d'association de chacun des concepts" et leur "nombre total de relations". Le test permet de visualiser la fréquence des éléments de la représentation et facilite la classification dans quatre groupes.

Quant à l'analyse d'évocations hiérarchiques nous allons retenir la classification des quatre groupes d'éléments qui constituent la représentation: zone du noyau, éléments de contraste et périphéries.

Il faut retenir également qu'il s'agit des variables groupales, donc le nombre total de relations d'un concept est défini comme la somme des relations établies par le groupe d'étudiants pour ce concept (voir tableau 4).

Le tableau 4 donne un exemple de l'enregistrement des données dans une matrice groupale pour le concept "adaptation". Celui-ci a été mis en relation: par 2 étudiants avec le concept "biodiversité", par 1 étudiant avec le concept "changement", par 1 étudiant avec le concept "environnement", par 3 étudiants avec le concept "espèce", par 3 étudiants avec le concept "évolution", par 1 étudiant avec le concept "individu" et par 5 étudiants avec le concept "sélection naturelle". Au total, les 17 étudiants, ont mis le concept "adaptation" 16 fois en relation avec d'autres concepts.

| **Analyse d'association** | adaptations | biodiversité | changement | communautés | compétition | dynamique | écosystèmes | environnement | espèces | évolution | individus | sélection naturelle | **Total des relations** | **Fréquence d'association** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| adaptation | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | 16 | 7 |

Tableau 4. Exemple de l'enregistrement des données dans une matrice groupale, pour douce des vingt concepts clés.

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. Par exemple, dans le tableau 1, les 17 étudiants ont mis en relation le concept "adaptation" avec 7 concepts différents: "biodiversité, changement, environnement, espèce, évolution, individus et sélection naturelle".

1) Procédé d'application

La méthode utilisée en didactique des sciences obéit à un protocole appliqué aux cartes conceptuelles. Selon González-Yoval et al. (2004), la procédure misse en œuvre est la suivante:

a) Nous avons d'abord réalisé une matrice d'association pour chaque carte conceptuelle. La matrice présente les relations qu'un étudiant a établies pour chaque concept. Dans notre étude, à chaque paire de concepts associés nous avons attribué une valeur numérique de 1.

b) A partir de ces matrices individuelles, nous avons conçu une matrice groupale (somme des matrices individuelles).

c) Une fois les résultats du groupe consignés, nous avons calculé la fréquence des relations et leur nombre total. Ensuite, nous avons élaboré un graphique bidimensionnel des données cartésiennes. Les données sur la fréquence des relations correspondent à l'axe des abscisses (X) et le nombre total des relations à l'axe des ordonnées (Y).

d) Parallèlement à l'axe des abscisses, nous avons tracé une ligne à hauteur de la valeur de la médiane de la fréquence d'association des concepts. Parallèlement à l'axe des ordonnées, nous avons tracé la ligne qui projette la valeur de la médiane totale des relations. Le résultat se présente sous la forme d'un graphique où les concepts s'organisent en quadrants déterminés par les médianes (figure 6).

2) Résultat et interprétation

Selon le test d'Olmstead et Tukey, les quadrants sont définis de la façon suivante: le groupe de concepts "dominants" contient ceux dont la fréquence d'association est la plus élevée et dont le nombre de relations est le plus élevé (établies par les étudiants). Le quadrant de concepts "constants" contient ceux qui possèdent une fréquence élevée d'association et un faible nombre de relations. Le quadrant de concepts "rares" contient ceux qui présentent la fréquence minimale d'association et le plus petit nombre de relations et le quadrant de concepts "occasionnels" contient ceux

qui présentent une basse fréquence d'association et un nombre élevé de relations (González-Yoval et al. 2004).

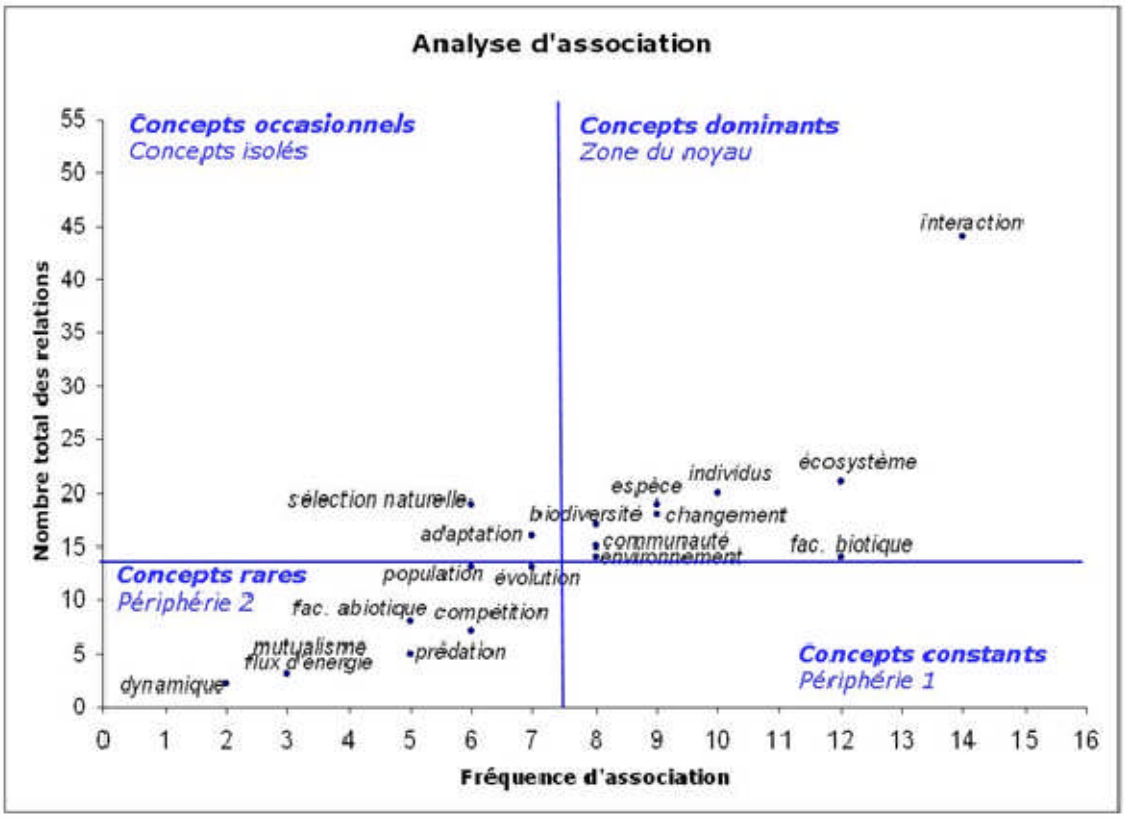


Figure 6. Résultat de l'analyse d'association.

En adaptant ce schéma au langage des représentations, il est possible d'établir une correspondance. Les concepts présents dans le quadrant "dominants" correspondraient à ceux de la zone du possible noyau. Ceux des quadrants "constants" et "rares" aux zones des périphéries possibles: 1 et 2. Enfin, ceux du quadrant "occasionnels" peuvent être des concepts exceptionnels ou isolés.

D'après cette analyse, au niveau de contenu, dans le possible noyau de la représentation, le concept écologie est expliqué essentiellement par le terme "d'interaction". Nous interprétons le noyau de la représentation comme: "L'écologie est l'étude de l'interaction entre les écosystèmes, les individus et les espèces. Les espèces suivent des changements, qui se trouvent à l'origine de la biodiversité dans l'environnement".

Dans la périphérie 2, se retrouvent des exemples de relations "compétition, prédation, mutualisme"; des concepts liés à l'échange d'énergie: "flux d'énergie et dynamique". On trouve également les concepts "population et évolution". Dans le quadrant occasionnel, nous considérons les concepts "sélection naturelle et adaptation" nous les considérerons comme faisant partie du noyau.

3) Limites de la méthode d'analyse

De la même façon que dans la méthode précédente, cette analyse peut offrir une vue de la représentation, mais comme les autres, sa validité dépend de la confrontation avec les résultats d'autres analyses.

**Synthèse des résultats et discussion**

Nous venons de présenter quatre méthodes d'analyse. Leur application repose sur les données issues des cartes conceptuelles: la sélection des concepts la hiérarchie de la carte, le niveau hiérarchique de chaque concept, les relations entre les concepts, la fréquence d'apparition des concepts dans un groupe, etc.

Les analyses sont indépendantes les unes des autres, chacune apporte une hypothèse explicative concernant la structure et le contenu de la représentation. Certains résultats sont semblables d'une analyse à l'autre. Par exemple, on peut dire que, pour les étudiants, l'écologie est, avant tout, l'étude des interactions dans l'écosystème. Il s'agit des interactions entre les êtres vivants qui composent l'écosystème (les individus, les espèces et les populations) et leur environnement. Les étudiants attribuent l'évolution et la biodiversité, soit aux interactions, soit aux changements qui ont lieu à différents niveaux (espèces, populations, communautés).

Pour synthétiser les résultats, nous avons imaginé deux modèles graphiques afin d'exprimer la structure et le contenu de la représentation et du noyau.

*Modèle de la représentation*

La synthèse des résultats des quatre analyses se présente sous la forme d'un tableau à double entrée dans lequel sont enregistrés, pour chaque analyse, les résultats des classements (noyau, périphérie 1, périphérie 2) pour chacun des concepts (tableau 2).

| **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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

Tableau 5. Synthèse des résultats de chacune des quatre analyses. Légende: le chiffre 1 indique que l'information provient du résultat de l'analyse de sélection des concepts; le 2, de l'analyse de l'indice de la subordination des concepts; le 3, de l'analyse de robustesse et le 4, de l'analyse d'association.

Afin de réaliser le modèle graphique de la représentation, nous avons pris en compte le nombre de fois que le concept a été classé dans le noyau ou les périphéries afin de lui donner une place sur le graphique (Figure 7).

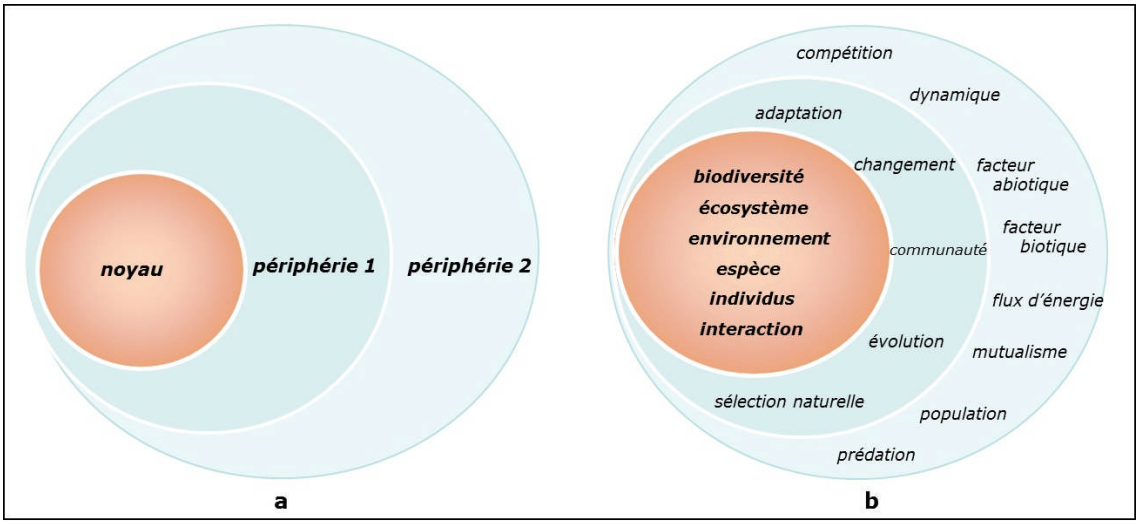


Figure 7. Modèle graphique de la structure de la représentation. a) Structure générale, b) Structure de la représentation globale de l'écologie.

Ainsi, par exemple, les concepts: "environnement, individus", ont été classés par les quatre analyses dans le noyau, d'où une place au centre du graphique. Le concept "adaptation" a été classé par trois analyses dans la périphérie 1 et une fois dans la périphérie 2; nous lui attribuons donc une place dans la première périphérie. Le concept "dynamique" ayant été classé par les trois analyses dans la deuxième périphérie, est placé dans cette zone.

Le graphique de la représentation indique au lecteur la distribution des concepts clés. Pour l'enseignant, les concepts "adaptation, biodiversité, environnement, dynamique, et interaction" doivent constituer le noyau de la représentation. Il doit donc imaginer, dans sa stratégie pédagogique, un moyen de faire entrer les concepts "dynamique et adaptation" dans le noyau en ne perdant pas de vue le fait que ces deux concepts ont des statuts différents aux yeux des étudiants: "dynamique" apparaissant comme le moins important pour les étudiants.

Le modèle hypothétique de représentation permet d'avoir une idée de la composition structurale possible de la représentation. Il ne nous apporte pas d'information sur la hiérarchie conceptuelle et les liens entre les concepts. C'est pourquoi nous proposons un deuxième modèle représentant la structure du noyau. Il s'agit d'une carte conceptuelle qui porte sur les concepts du noyau et qui illustre tant la hiérarchie que les liens entre les concepts.

*Modèle du noyau*

Les concepts présents dans le noyau étant déterminés, nous construisons une carte conceptuelle dans laquelle sont enregistrés les concepts et les relations établies par le groupe d'étudiants (figure 8).

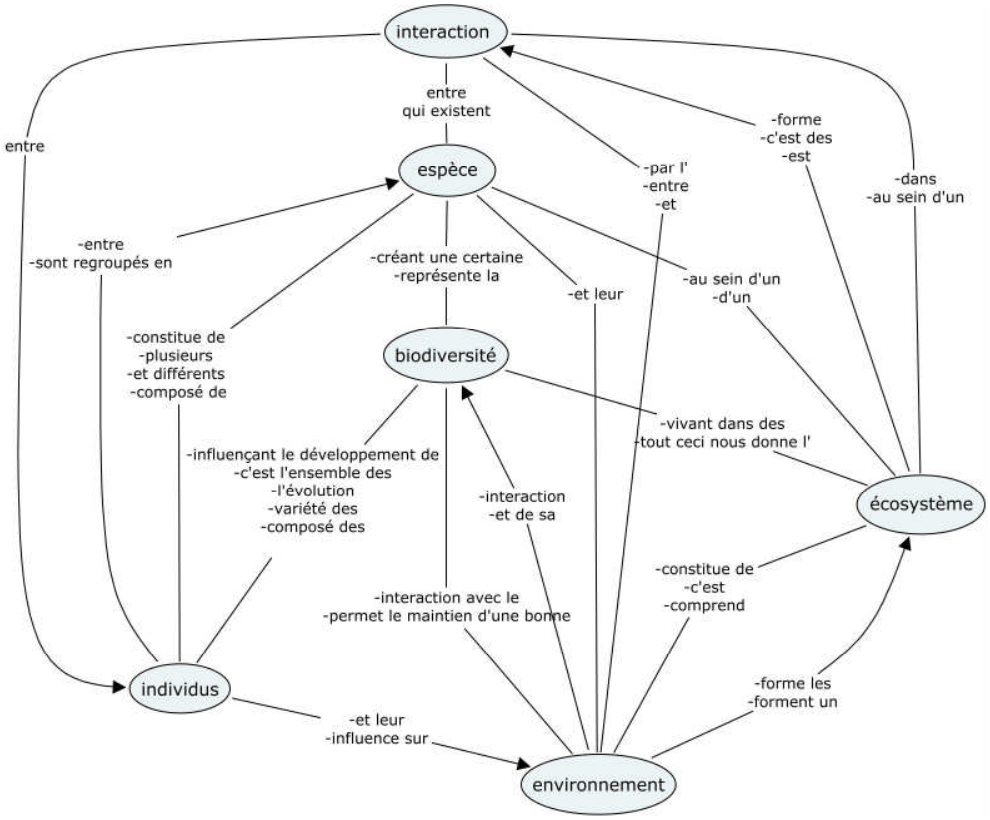


Figure 8. Modèle de la structure du noyau de la représentation qui reprend les liens qui ont été rédigés par les étudiants.

Le modèle permet de préciser les relations entre les concepts. Ainsi, en lisant la carte (de haut en bas, de gauche à droite, en tenant en compte du concept de départ), on peut dire que pour les 17 étudiants qui allaient suivre le cours d'écologie, l'écologie était:

a) L'étude des interactions existant entre les individus, entre les espèces et l'environnement. Elles ont lieu au sein d'un écosystème. Les interactions sont [déterminées] par l'environnement.

b) Les espèces sont constituées par plusieurs individus. Elles créent (ou représentent) la biodiversité au sein d'un écosystème.

c) La biodiversité: influence le développement des individus. Elle vit dans des écosystèmes. Se définie comme: c'est l'ensemble des individus/ est l'évolution des individus et est composée par: une variété d'individus ou par des individus.

d) L'écosystème: est constitué d'environnement/ est l'environnement/ comprend l'environnement.

e) Les individus sont regroupés en espèces. Ils ont une influence sur leur environnement.

f) L'environnement forme les écosystèmes. Il est en interaction avec la biodiversité.

L'information rapportée par le modèle permet d'affiner la notion de la structure et du contenu du noyau de la représentation. Elle permet également d'apprécier comment les étudiants expliquent les concepts. Ainsi,

la carte conceptuelle du noyau met en évidence les notions qui peuvent constituer des obstacles à l'apprentissage, par exemple: "l'écosystème est l'environnement", "la biodiversité permet le maintien d'un bon environnement", ou encore "la biodiversité est une variété d'individus".

## Conclusions et perspectives

Afin d'identifier la représentation de l'écologie commune à une cohorte d'étudiants il fallait choisir un outil de recueil des données et une méthode d'analyse.

Cet article présentait la méthodologie que nous avons utilisée. Nous avons soumis les données issues des cartes conceptuelles à quatre analyses. Les résultats de ces analyses, confrontés les uns aux autres, nous ont amenées à construire deux modèles graphiques: l'un permettant de visualiser le noyau central et les périphéries de la représentation commune et l'autre, une carte conceptuelle précisant le contenu et la structure du noyau central.

*Originalité de la recherche*

Couramment, en didactique des sciences, l'étude des représentations des étudiants est abordée de façon individuelle. Nous proposons de les analyser en tant que "représentation commune" à un groupe d'étudiants.

Pour une telle analyse, nous avons réalisé une combinaison innovante entre les cartes conceptuelles - comme outil de récolte de données- et une méthodologie d'analyse inspirée de la théorie structurale du noyau central. Cette démarche permet de distinguer, au travers de modèles graphiques, tant la configuration structurale du noyau et des périphéries que le contenu du noyau central de ladite représentation commune.

*Implication pour l'enseignement des sciences et perspectives*

L'identification de la structure et du contenu de la représentation commune des étudiants peut favoriser la compréhension du traitement de l'information des étudiants concernant leur structure représentationnelle de base et l'intégration des nouvelles connaissances.

En effet, une telle analyse, constitue une source d'informations importante pour l'enseignant. Elle peut être à la base de la planification d'activités qui aident les étudiants à modifier leurs représentations en générant des changements fondamentaux dans le noyau et les périphéries.

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. Nous tempérons cet effet en donnant plus d'informations sur la composition du possible noyau en mettant en évidence toutes les propositions formulées par le groupe. De cette manière nous prenons en compte la plupart des logiques cognitives.

Des études pour confirmer la pertinence des méthodes d'analyse appliquées dans cette recherche s'avèrent nécessaires, ainsi qu'une réflexion plus large sur le bien-fondé de faire dialoguer les recherches sur les représentations sociales et celles sur les représentations didactiques. Nous laissons le débat ouvert aux didacticiens et aux psychologues sociaux.

**Références bibliographiques**

Abric, J.C. (1976). *Jeux, conflits et représentations sociales.* Thèse de Doctorat d'Etat non publié, Université d'Aix en Provence.

Abric, J.C. (1987). *Coopération, compétition et représentations sociales*. Cousset: Delval.

Abric, J.C. (1994). Les représentations sociales: aspects théoriques. En J.C. Abric (Eds.), *Pratiques sociales et représentations*. (pp. 11-36). Paris: Presses Universitaires de France.

Abric, J.C. (1997). *Pratiques sociales et représentations* (2ème éd.). Paris: PUF.

Abric, J.C. (2001). L'approche structurale des représentations sociales : développements récents. *Psychologie et société*, 4(2), 81-103.

Abric, J.C. (2003a). La recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales. En J.-C. Abric (Eds.), *Méthodes d'étude des représentations sociales* (pp. 59-80). Ramonville Saint-Agne: Érès.

Abric, J.C. (2003b). *Méthodes d'étude des représentations sociales*. Ramonville Saint-Agne: Érès.

Apostolidis, T. (2003). Représentations sociales et triangulation: enjeux théorico-méthodologiques. En J.-C. Abric (Eds.), *Méthodes d'étude des représentations sociales* (pp. 13-35). Ramonville Saint-Agne: Érès.

Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New-York : Grune and Stratton.

Ausubel, D. (1978). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

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.

Barth, B.-M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction, méthode pour une meilleure réussite de l'école*. Paris: Retz.

Bouhon, M. (2009). *Les représentations sociales des enseignants d'histoire relatives à leur discipline et son enseignement*. Thèse de Doctorat non publié, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.

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, NY.

Carey, S. (1987). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT.

Clough, E., et Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19(2), 125-130.

D'Avanzo, C. (2007). Biology and ecology misconceptions diagnostics : Moving forward ?. Réunion ESA/SER. San José, California.

Flament, C. et Rouquette, M.L. (2003). *Anatomie des idées ordinaires. Comment étudier les représentations sociales*. Paris: Armand Colin.

Fodor, J.A. (1999). *Conceptos. Donde la ciencia cognitiva se equivocó*. Esapaña: Gedisa.

Gallegos, L., Jerezano, M.E. et Flores, F. (1994). Precoceptions and relations used by children in the construction of food chains. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 31, p. 259-272.

Giordan, A. (2008). Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage...!. *Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences*. En: www.ldes.unige.ch/publi/rech/concep/concep.htm.

Giordan, A. et de Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.

González-Yoval, P., Hermosillo, S., Chinchilla, E., García-del-Valle, L.G et Verduzco, C. (2004). *Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales*. Article présenté à la première Conférence Internationale des Cartes Conceptuelles. Pamplona, España.

Hellden, G. (1998). *A Longitudinal Study of Students' Conceptualization of Ecological Processes*. Article présenté à l'assemblée annuelle de l'Association Nationale pour la Recherche en Enseignement des Sciences. Sant Diego.

Jodelet, D. (1989). *Les représentations sociales*. Paris: Georges Balandier.

Lawson, A., et Thompson, L. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 733-746.

Leach, J., Driver, R., Scott, P. et Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34

Lebart, L., Morineau, A. et Piron, M. (2006). *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris: Dunod.

Mann, M. et Treagust, D.F. (1998). A Pencil and paper instrumment to diagnose students' conceptions of breathing, gas exchange and respiration. *Australian Science Teachers Journal*, n° 44, p. 55-60.

Moreira, M.A. (2008). Conceptos en la educación científica ignorados y subestimados. *Revista Qurriculum,* 21, 9-29.

Moscovici, S. (1989). Des représentations collectives aux représentations sociales: éléments pour une histoire. En Jodelet (Eds.), *Les représentations sociales* (pp. 62-86). Paris.

Novak, J.D. et Cañas A. J. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them* (Rapport Technique). Florida: Institute for Human and Machine Cognition.

Ricklefs, R.E. et Miller, G.L. (2005). *Écologie* (M. Baguette et al., Traduction 1 éd.). Bruxelles: De Boeck Université.

Roussiau, N. et Bonardi, C. (2001). *Les représentations sociales. Etat des lieux et perspectives*. Hayen: Pierre Mardaga.

Sander, E., Jelemenská, P., et Kattmann, U. (2006). Towards a better understanding of ecology. Journal of Biological Education, 40(3), 119-123.

Salamanca-Ávila, M.E. et Vander Borght, C. (2010). *Los mapas conceptuales como instrumento de identificación de la evolución de representaciones del conocimiento en ecología*. Article présenté à la Conférence Internationale des Cartes Conceptuelles. Viña del Mar, Chile.

Silvana de Rosa, A. (2003). Le "réseau d'associations". En J.-C. Abric (Eds.), *Méthodes d'étude des représentations sociales*. (pp. 81-117). Ramonville Saint-Agne: Érès.

Sokal, R.R. et Rohlf, F.J. (1995). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research* (3ème éd.). New York: W.H. Freeman.

Stamp, N. (2007). *Ecological Misconceptions*. Binghamton University. En: http://ecomisconceptions.binghamton.edu/contactus.htm

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*, volume 23, n°2.

Tiberghien, A. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique. A. Tiberghien. En: www.lri.fr/~antoine/Papers/Tiberghien_01.pdf

UCL. (2011). Université catholique de Louvain. Descriptif de cours 2011-2012. Ecology [LBIO1251]. En http://www.uclouvain.be/cours-2011-lbio1251.html

Vergès, P. (1992). L'évocation de l'argent: une méthode pour la définition du noyau central d'une représentation. *Bulletin de psychologie*, 45, 405, 203-209.