



Les trames conceptuelles, outils de formation en didactique de la biologie

Marie SAUVAGEOT

Centre IUFM de Dijon
51 rue Charles Dumont
21000 Dijon, France.

Résumé

Les premières trames conceptuelles furent élaborées à l'INRP au cours de différentes recherches en didactique des sciences expérimentales. L'écriture de ces trames est actuellement utilisée en formation initiale et continue, pour aider les enseignants à préparer leurs séquences de biologie ou de géologie. Cet article définit et donne des exemples de trames conceptuelles élaborées en fonction d'objectifs différents. Il fait aussi le point des difficultés rencontrées, lors de la construction des trames.

Mots clés : trame conceptuelle, niveau de formulation, formation, didactique de la biologie, structuration.

Abstract

The first conceptual frameworks have been developed at the INRP during different research projects about didactics of experimental sciences. Drawing these conceptual frameworks is to-day used for initial and continuing training in order to help teachers to prepare their biology and geology teaching sequences. This article will define and give examples of conceptual frameworks built up according to different goals ; then it will summarise still unresolved problems.

Key words : conceptual framework, level of formulation, formation, didactics of biology, structuration.

Resumen

Las primeras tramas conceptuales fueron elaboradas en el INRP durante diferentes investigaciones en didáctica de ciencias experimentales. Estas tramas son usadas en formación inicial y continua para ayudar a los enseñantes en la preparación de secuencias de biología y de geología. Este artículo presenta una definición y da ejemplos de tramas conceptuales elaboradas con diferentes objetivos. Describemos además las dificultades encontradas durante la construcción de estas tramas.

Palabras claves : trama conceptual, nivel de formulación, formación, didáctica de la biología, estructuración.

Compte-tenu du libellé très succinct des programmes consignés dans les Instructions officielles, des didacticiens ont ressenti la nécessité d'analyser de manière approfondie la matière à enseigner. Prenons par exemple cette phrase extraite du programme de l'école primaire du 15 mai 1985 : *"Les végétaux chlorophylliens ont besoin d'eau pour vivre. Ils ont aussi besoin d'autres aliments (sels minéraux...)"* Que désignent les points de suspension ? Devra-t-on parler du dioxyde de carbone, de l'air ? Que devient le besoin de lumière ? Quel critère utiliser pour définir un aliment, un besoin, etc. ? En se posant de telles questions, les enseignants prennent conscience que les contenus d'enseignement ne sont pas donnés, mais doivent être reconstruits, les différents manuels présentant chacun leur interprétation.

Un autre exemple, pris en 6^e (première année de collège) pose d'autres questions. Le programme stipule : *"La fermentation : définition. Un exemple d'application pratique : la fermentation alcoolique"*. Les compléments ajoutent : *"L'étude de la fermentation alcoolique sera l'occasion de montrer que certains êtres vivants sont susceptibles de vivre en l'absence d'oxygène. On montrera l'intérêt pratique du phénomène"*. Quelle définition du concept de fermentation et de respiration doit-on viser ? Quelles sont les notions constitutives de ce concept ? Quelles seront les notions à faire construire par des élèves de 10-11 ans ? Quelles notions sont abordées avant et après ce niveau d'enseignement ?

Pour répondre à ce type de questions, des formateurs ont proposé à leurs stagiaires, depuis une dizaine d'années, de construire des trames conceptuelles, inventées et perfectionnées au cours de recherches successives à l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique). C'est au cours d'une recherche qui se proposait d'analyser les conditions de construction de savoirs scientifiques dans l'enseignement que les premières trames conceptuelles furent construites, en 1983. On trouve une première définition formulée par A. Giordan (1987, p. 93) : *"Ces trames ont pour fonction d'analyser la matière enseignée en mettant en relations internes et externes chacun des concepts ; les relations internes sont celles qui lient les notions constitutives de concepts à elles-mêmes, les relations externes celles qui lient un concept à ceux qui lui sont limitrophes."*

Une autre recherche (Aster, 1985) a étendu ce travail aux concepts d'écosystème et d'énergie. Trois grands types de trames ont été définis et leur fonction a été précisée. On peut distinguer :

- des trames d'analyse de la matière, dites de savoir savant, trames établies avant l'élaboration d'une séquence, et cherchant à préciser le savoir et sa structure,
- des trames prévisionnelles d'analyse de la matière à enseigner à un niveau donné d'enseignement, en vue de préparer une progression pédagogique,
- des trames *a posteriori* reprenant les notions abordées et les démarches suivies pendant une séquence, trames-bilans pour l'enseignant qui analyse le travail réalisé avec les élèves, ou trames-bilans à faire produire en classe, pour aider les élèves à structurer le savoir.

Cette notion de trame conceptuelle fut reprise au cours de la recherche sur l'élaboration de documents de ressources en didactique des sciences. Le *Guide du formateur en didactique des sciences* (Astolfi et al., à paraître) résume ce travail ; il répertorie différents concepts didactiques et des dispositifs de formation, afin d'aider les formateurs. Les trames conceptuelles y sont présentées comme des modélisations graphiques qui permettent de figurer les réseaux conceptuels. "*Ce sont des outils pour visualiser les concepts, l'interactivité et la hiérarchie des notions constitutives.*"

En participant à ces différents travaux, des formateurs MAFPEN (Mission Académique à la Formation des Personnels de l'Éducation Nationale) et IUFM (Institut Universitaire de Formation des Maîtres) ont acquis la formation nécessaire à l'élaboration de modules de formation répondant aux problèmes posés en enseignement de didactique des sciences. Les trames conceptuelles sont des outils dont la construction est susceptible d'aider les enseignants dans la préparation de leurs cours, à propos de tous les concepts de biologie et de géologie figurant dans les programmes. Faire le point sur le savoir savant, traduire le programme en notions à enseigner, articuler ces notions entre elles, définir leurs limites à un niveau d'enseignement donné et prendre conscience des choix des manuels, c'est-à-dire préciser le savoir à enseigner, concerne tous les enseignants, avant de construire leurs séquences d'enseignement, quel que soit le modèle pédagogique choisi.

Qu'est-ce qu'une trame conceptuelle ? Qu'est-ce qui la distingue d'une carte conceptuelle ? À quoi sert-elle ? Qui la construit ? Quand ? Quelles sont les difficultés rencontrées pour l'élaborer ? Quelles sont ses limites ? Existe-t-il plusieurs types de trames ? Ce court article propose des éléments de réponses.

QU'EST-CE QU'UNE TRAME CONCEPTUELLE ?

Empruntons à un récent rapport de recherche la réponse à cette question, rédigée par J.-P. Astolfi (1989). Elle a pour objectif de caractériser les trames et de les distinguer des cartes conceptuelles.

*“1 - C'est une série d'**énoncés complets**, c'est-à-dire formulés sous forme de phrases, chaque énoncé devant pouvoir être lu de manière indépendante. En quelque sorte, le contrepoint des points de programme exprimés par de simples mots ou expressions laconiques.*

*2 - Il s'agit d'**énoncés opératoires**, c'est-à-dire reliés à des problèmes scientifiques auxquels ils sont une réponse, et non d'énoncés “déclaratifs”, à la façon des définitions des dictionnaires.*

*3 - Ces énoncés sont **hiérarchisés entre eux**, chacun en englobant d'autres plus élémentaires, et l'ensemble se présentant comme un réseau orienté.*

*4 - Cette hiérarchisation vise d'abord à décrire les **implications logiques** entre les contenus des énoncés, et non leur succession chronologique dans une progression d'enseignement.”*

Ces quatre critères annoncent toutes les difficultés rencontrées au cours de la construction de trames, les deux plus importantes étant l'écriture des phrases et la clarification de la nature des liens souvent codés par différents types de flèches. Ce dernier point, sans aucun doute le plus difficile à traiter, nécessitera encore de nombreux essais.

À QUOI SERT UNE TRAME CONCEPTUELLE ?

*“Clarifier la matière à enseigner,
prévoir de façon raisonnée une progression pédagogique,
concevoir des moments de structuration”*

sont les trois objectifs assignés par J.-P. Astolfi (1989) à une trame conceptuelle. Comment utiliser cela en formation ?

“Clarifier la matière à enseigner”, première réponse toujours donnée, nous renvoie à l'identification des concepts biologiques et géologiques présents dans les programmes et à leur définition. Définir un concept a fait l'objet de nombreux travaux. Sans prétendre en faire le point, nous proposerons comme point de départ la définition de G. Canguilhem (1955, pp. 68-69) : *“Nous sommes vraiment ici en présence d'un concept, puisque nous en trouvons la définition [...] En résumé, concernant le réflexe, nous trouvons chez Willis, la chose, le mot et la notion. La chose, sous la forme d'une observation originale, un réflexe cutané du système cérébro-spinal, le réflexe de grattage ; le mot, devenu classique quoique impropre, comme adjectif et comme substantif ; la notion, c'est-à-dire la possibilité d'un jugement sous la forme initiale d'un discernement ou d'une classification, sous la forme éventuelle d'un principe d'interprétation de l'expérience.”*

C'est dans ce courant d'idées que nous emprunterons à G. Rumelhard (1986) les critères définissant un concept scientifique. Pour le cerner, nous jugeons nécessaires les cinq critères suivants :

- une dénomination,
- une définition capable de remplir une fonction opératoire. Par exemple, il peut opérer par division dans un ensemble apparemment homogène ; ainsi le concept d'isostérie permet de distinguer des corps selon les compositions et de les rapprocher selon leurs propriétés fonctionnelles, comme la borazine et le benzène,
- une prise de position épistémologique,
- une extension et une compréhension, c'est-à-dire un domaine et des limites de validité,
- des relations avec d'autres concepts.

Définir un concept exige des choix épistémologiques. Or *"la biologie n'est pas une science unifiée*, affirme F. Jacob (1970, pp. 14-15). *Aux extrémités de l'éventail, on distingue deux grandes tendances, deux attitudes qui finissent par s'opposer radicalement. La première de ces attitudes peut être qualifiée d'intégriste ou d'évolutionniste. [...] À l'autre pôle de la biologie se manifeste l'attitude opposée qu'on peut appeler tomiste ou réductionniste."*

On peut dire qu'actuellement la tendance est assez fortement tomiste, et que la biologie *"voit dans les performances de l'organisme l'expression de ses réactions chimiques"*.

Dans une situation de formation initiale et continue, l'explicitation ne peut avoir lieu, les enseignants se trouvent placés devant les choix théoriques faits par les concepteurs de programmes. "Clarifier la matière à enseigner" peut donc se traduire par écrire le nom et la définition du concept, identifier les concepts en réseau, rédiger des énoncés qui préciseront le contenu et les limites du concept, situer spatialement ces différents énoncés, c'est-à-dire trouver implicitement, ou mieux, explicitement, les liens qui les relient. La trame ainsi rédigée couvrira une surface importante, si elle essaie d'écrire de cette façon les différentes notions constitutives du concept.

Prenons l'exemple des trames du concept de digestion que j'ai construites dans le cadre de ma thèse, à l'INRP. Après consultation de publications de chercheurs, j'ai proposé un contenu aux cinq critères définis précédemment. Le mot *digestion* existait bien avant le concept, puisqu'il date du XIII^e siècle et le concept de 1752, voire de 1833 avec la découverte des diastases. La définition donnée actuellement par les biochimistes concerne la catalyse enzymatique. Pour construire cette définition, il est nécessaire de clarifier les notions de transformations physiques et de transformations chimiques dues aux enzymes. Ce concept est lié aux concepts d'alimentation, d'absorption, d'assimilation et d'énergie, d'excrétion et de régulation. La figure 1 présente une des écritures possibles d'une trame conceptuelle d'analyse de la matière concernant le concept de digestion.

Ce type de trame exige que ses concepteurs soient des spécialistes de l'enseignement de la discipline, pour le cas présent des enseignants de biologie-géologie de collège ou de lycée. C'est un exercice jugé difficile, car il faut

tout d'abord faire le point sur les notions constitutives du concept. La mémoire n'étant pas toujours suffisante et la rédaction de phrases difficile, les stagiaires consultent des documents dont le statut n'est pas tout à fait le même, du point de vue de la transposition didactique : cours universitaire, précis de biologie, manuels de lycée et collège ou articles de vulgarisation parus dans *Pour la Science* ou *La Recherche*. L'écriture de la définition du concept amène les stagiaires à consulter *l'Encyclopedia Universalis*, par exemple. Certains écarts constatés entre différentes sources peuvent amener les étudiants à poursuivre la recherche. Ainsi, l'écriture de la trame concernant la communication animale a été motivée par la mise en évidence d'une discordance qui a posé un problème : peut-on parler de communication entre la seiche et le substrat sur lequel elle se trouve, comme le font certains manuels (Godet & Ferguson, 1987), ou faut-il un échange de stimulus qui modifie le comportement de deux êtres en présence (Montagner, 1975) ?

Une fois les notions assimilées, il faut rédiger des phrases, aussi fidèles que possible à la pensée des chercheurs, et qui recueillent l'assentiment de l'équipe, puis disposer sur une feuille, autrement que linéairement, ces étiquettes portant les phrases encadrées. Relier ces notions par des flèches symbolisant un lien particulier n'est pas le plus facile à faire, si on essaie d'explicitier la nature du lien.

Cet exercice d'écriture renvoie à nos lacunes, nos imprécisions, voire nos erreurs. La gestation d'une trame conceptuelle de ce type nécessite au moins deux à trois jours de travail de recherche et d'écriture en équipe, mais au dire de tous les collègues qui l'ont tenté, c'est un travail très intéressant intellectuellement, et très efficace, avant même d'envisager un enseignement quelconque. C'est une toile de fond qui apporte une sécurité confortable à l'enseignant, car cet outil lui permet de préciser son savoir et de toujours situer ce qu'il va faire ou ce qu'il a fait, par rapport à la construction du concept envisagé. La plus grosse difficulté rencontrée par les collègues est d'oublier, pendant ce travail, la classe, le cours, les élèves. Il leur est difficile de se centrer uniquement sur le savoir pour élaborer un outil de professeur, sans relier ce savoir à la pédagogie.

Certains enseignants, le plus souvent faute de formation initiale dans la discipline, réclament des trames déjà élaborées. Beaucoup ont été construites au cours des stages MAFPEN, mais peu ont fait l'objet de publications, en dehors de celles produites par l'INRP et présentes dans les rapports de recherche, ou dans *Aster* (1985, 1986). Il faut noter que l'appropriation directe de ces trames est difficile, mais qu'une réécriture personnelle, facilitée par les rédactions précédentes, résout le problème. En stage, cette réécriture suit une lecture et une discussion en groupe à propos de trames déjà écrites. Elle consiste alors à modifier des mots, des phrases, des liens entre les notions, voire même la structure de la trame, si le groupe est en désaccord avec une rédaction précédente.

Si ces trames, dites parfois "de savoir savant", ne sont pas rédigées par tous, il en est d'autres, auxquelles chaque professeur est confronté : ce sont les trames conceptuelles dites de niveau, qui ne vont concerner que les notions à enseigner à un niveau d'enseignement fixé. Elles permettront d'atteindre le second objectif assigné aux trames conceptuelles par J.-P. Astolfi.

“Prévoir de façon raisonnée une progression pédagogique”

Si nous reprenons l'exemple du concept de digestion, étudié en 1991, ce concept était abordé à quatre niveaux différents : au CM2 (dernière année de l'enseignement primaire), en 6^e et 3^e (première et quatrième année de collège), et au lycée en classe de 1^{re} S. Cette situation amène à envisager le problème de la construction verticale du concept, du primaire au lycée. Comment se fait cette construction ? Se sert-on d'un zoom de plus en plus puissant, ou entre-t-on dans le concept par différentes portes ? C'est pour essayer de répondre à ces questions que j'ai écrit une trame par niveau d'enseignement, proposant une définition, les notions à faire construire et les liens entre ces notions. C'est le programme officiel qui est le point de départ de ce travail.

Examinons celui de la classe de 3^e, dernière année du collège : *“La digestion : étude expérimentale d'une digestion ; rôle des enzymes digestives ; étapes de la transformation chimique des aliments ; l'absorption intestinale et la circulation des nutriments.”*

On comprendra qu'ici la digestion est vue comme une simplification moléculaire. La lecture des programmes m'a conduit, avec une part d'interprétation, à proposer les définitions suivantes :

- en CM2, la digestion est la modification de l'état des aliments dans le tube digestif (couleur, odeur, consistance, taille),
- en 6^e, la digestion est une solubilisation des aliments tout au long du tube digestif,
- en 3^e, la digestion est une simplification moléculaire,
- en 1^{re} S, la digestion est une catalyse enzymatique qui hydrolyse les grosses molécules.

L'enseignement primaire aborde le concept au niveau macroscopique, niveau abordable par des enfants de dix ans. Il peut être mis en relation avec des activités possibles à l'école primaire, comme la dissection d'un lapin, d'une poule ou d'un poisson, permettant aux élèves de suivre les transformations de l'herbe mangée jusqu'aux crottes rejetées. Il tient compte du fait qu'aucune connaissance chimique n'est prévue par les programmes. Chaque définition, bien qu'incomplète, ne doit pas faire obstacle au niveau suivant, et peut même le préparer. La solubilisation des aliments, prévue l'année d'après, expliquera la disparition apparente du tube digestif d'une grande partie de la nourriture liquéfiée, et permettra de relier le concept d'alimentation à celui de croissance.

Pour construire chacune de ces définitions, certaines notions devront être établies et reliées. Ce sera l'objectif des trames conceptuelles de niveau (voir figure 2). Ces trames, beaucoup plus réduites en surface que les précédentes, vont préciser, avant la préparation du cours, et quel que soit le modèle pédagogique choisi, le contenu de la séquence.

De plus, elles semblent être des outils tout à fait indispensables avant de rechercher les représentations des élèves, puisqu'elles précisent les notions qui feront l'objet des apprentissages ; elles permettent de centrer la recherche des conceptions, et d'éviter des recueils un peu trop approximatifs et difficilement utilisables ensuite dans l'élaboration de la séquence.

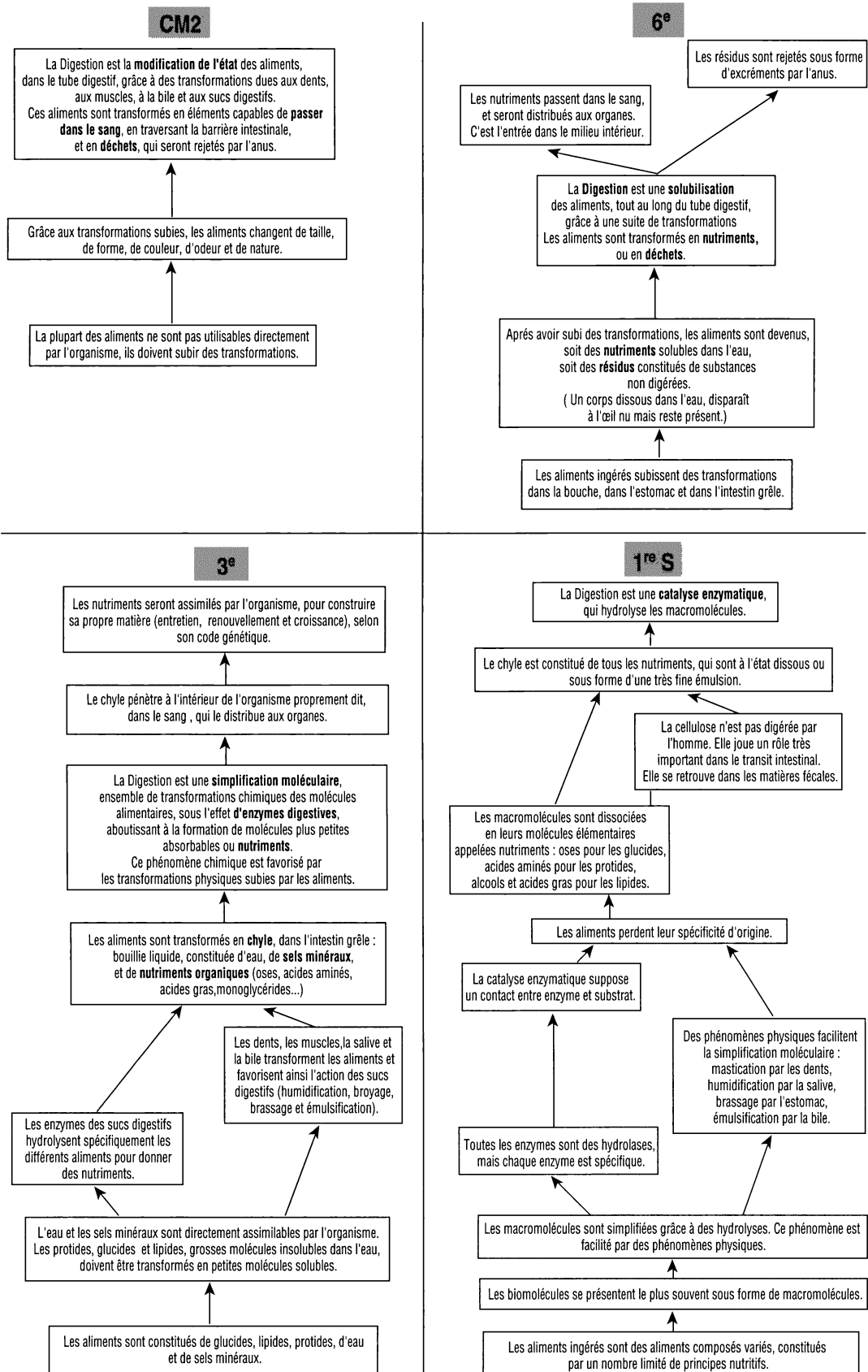


Figure 2 : Trames conceptuelles de niveaux CM2, 6^e, 3^e, et 1^{re} S, relatives à la digestion

Des trames de ce type ont été construites au cours d'un stage MAF-PEN, en novembre 1993. Ce stage, intitulé "Construction verticale d'un concept", réunissait des professeurs d'école, de collège et de lycée. Ces collègues ont élaboré des trames conceptuelles de niveau concernant la nutrition des plantes vertes, concept que l'on aborde sept fois au cours du cursus scolaire. Il nous a semblé intéressant d'écrire des niveaux de formulation du concept aux différents cycles de l'école primaire, au collège et au lycée, puis d'élaborer des trames conceptuelles regroupant les notions à construire à chaque niveau d'enseignement.

On pourra trouver d'autres trames, concernant la communication nerveuse, la communication animale ou la sédimentation, dans une publication du CRDP et de la MAFPEN de Dijon (1994), présentant les résultats des travaux de trois groupes "Innovation-Recherche". Ces groupes d'enseignants de collège et de lycée, ayant suivi des stages de didactique de la biologie, ont construit des séquences centrées sur un obstacle choisi par eux. Pour ce faire, ils ont utilisé les outils proposés pendant les stages de didactique, en particulier le recueil de représentations et les trames conceptuelles.

"Concevoir des moments de structuration", troisième objectif des trames conceptuelles, a été envisagé au cours de la recherche "Procédures d'apprentissage", par le groupe animé par A. Vérin et J.-P. Astolfi (Aster, 1985) ; il est sans doute, à ma connaissance, le moins travaillé actuellement. L'idée de "trames-bilans" était pourtant intéressante, comme le rapport de recherche le précise : *"ce dernier cas de figure présente un caractère assez largement reconstruit avec les élèves et vise à un effort de synthèse de l'acquis..."*

Ces trames-bilans permettent de retracer le cheminement collectif d'une classe, et des mises en relation possibles, par les élèves, entre les différentes notions rencontrées au cours de l'apprentissage. D'autres trames-bilans seront peut-être élaborées au cours de la recherche INRP actuelle ayant permis de construire des séquences, en biologie et en physique-chimie, centrées sur un obstacle, et de réunir de nombreuses traces des séquences expérimentées, vidéos, enregistrements au magnétophone, brouillons et cahiers d'élèves, évaluations...

Il apparaît donc qu'il existe plusieurs types de trames correspondant à des fonctions différentes, et à des situations diverses d'élaboration. Les trames dites de savoir savant sont plutôt établies par des didacticiens et des enseignants associés à une recherche. Elles sont cependant vécues comme un défi relevé par certains stagiaires au cours de stages MAFPEN. Les trames dites de niveau apparaissent vite comme indispensables à tout enseignant qui les découvre. La construction de ces trames est moins insécurisante que les précédentes, car les programmes et les manuels semblent offrir beaucoup de ressources. Le troisième type de trame est encore peu utilisé en classe, peut-être parce que le moment de structuration des apprentissages est celui qui est le plus escamoté dans notre enseignement, comme le montre la recherche INRP portant sur l'articulation 3^e/2^{de}, c'est-à-dire entre la dernière année de collège et la première année de lycée (Colomb, 1993). Quant aux trames-bilans établies par des enseignants qui analysent une séquence effectuée, elles nécessitent un cadre de recherche et la récolte d'un corpus de documents permettant ce travail.

EN CONCLUSION

Ce type d'outil s'avère précieux pour la formation en didactique des enseignants de biologie-géologie, tant pour les aider à préparer leurs cours, se remémorer et clarifier leurs connaissances, que pour gérer la progression pédagogique, pendant la séquence, l'année ou le cursus.

Pendant beaucoup de difficultés restent à surmonter, pour faciliter l'élaboration des trames conceptuelles. Il faut apporter des réponses aux questions suivantes.

Où chercher le savoir savant, c'est-à-dire la définition d'un concept, les notions qui le constituent et le réseau dans lequel il s'insère ?

Il s'avère que le travail varie beaucoup d'un concept à l'autre. Lors de l'élaboration de la trame concernant l'immunologie, ce sont des articles de chercheurs, des thèses et des cours actuels d'université qui ont été consultés, vu l'évolution très rapide des découvertes dans ce domaine et la peur qu'ont les enseignants de ne pas être au courant des dernières découvertes. La même attitude a été constatée en géologie à propos de la tectonique des plaques. Pour les concepts qui semblent plus établis, l'actualité brûlante est moins recherchée.

Où chercher le savoir à enseigner ?

Théoriquement il est précisé dans les programmes et les compléments, mais bien souvent ces renseignements sont insuffisants et il peut être utile de consulter les rapports de jurys de concours, les publications des CRDP (Centre Régional de Documentation Pédagogique) et les conseils donnés par l'inspection. Il faut noter que les manuels interprètent les programmes, certains les dépassant largement, d'autres pouvant rester en-deçà.

Comment écrire les énoncés, collectivement ?

Passer d'un mot à une phrase acceptée par tous les collègues, telle est la tâche qui demande beaucoup de discussions, de consultations de publications et d'avis de plusieurs personnes. Elle exige une très bonne connaissance de la matière et de la langue à la fois, le même mot pouvant recouvrir des idées différentes selon les auteurs, ou la même notion être exprimée à l'aide de mots différents.

Comment débiter le travail ?

Part-on de la définition, posée en haut de la page, en essayant de trouver les notions indispensables à cette formulation, et ouvre-t-on un éventail à chaque notion, pour préciser son contenu ?

Pose-t-on, sur la feuille, toutes les phrases, écrites chacune sur une vignette indépendante, et en partant de l'une d'elle, par tâtonnement et à l'aide de réajustements entraînés par la confrontation entre pairs, élabore-t-on une construction logique ?

Commence-t-on par noter le réseau de concepts et par préciser les limites de chacun ?

Décide-t-on d'abord de hiérarchiser les notions ?

Chaque groupe adopte une stratégie propre, et il n'est pas de voie royale.

Comment situer spatialement les différentes notions et préciser les liens qui les unissent ?

C'est sans doute là que les enseignants rencontrent le plus de difficultés, car il s'agit de situer les notions les unes par rapport aux autres, donc de proposer une logique de savoir, en précisant le type de lien qui unit ces différentes phrases. Est-ce un lien d'implication, d'alternance, d'explicitation, d'appartenance... ?

Les ciseaux et la colle sont les alliés les plus précieux de toutes les tentatives pour situer les phrases sur la feuille de papier. Les premiers essais placent intuitivement les notions les unes par rapport aux autres, et la discussion sur la nature du lien entraîne souvent de nombreux déplacements pour tester différentes solutions de proximité. On peut noter que la signification des flèches, utilisées dans les schémas de synthèse qui terminent les cours de biologie, pose le même type de problème. C'est actuellement le sujet de recherche d'une équipe de biologistes de l'IUFM de Bourgogne, enseignant de la maternelle à l'université. La structuration du savoir présenté dans les trames conceptuelles prévisionnelles n'implique pas une chronologie pédagogique. Le savoir ainsi décortiqué permet différentes entrées, pédagogiquement parlant, et plusieurs cheminements possibles.

BIBLIOGRAPHIE

ASTER (Équipe de recherche) (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Paris, INRP.

ASTER N° 2 (1986). *Éclairages sur l'énergie*. Paris, INRP.

ASTER N° 3 (1986). *Explorons l'écosystème*. Paris, INRP.

ASTOLFI J.-P. & DEVELAY M. (1989). *La didactique des sciences*. Que sais je ? n° 2448. Paris, PUF.

ASTOLFI J.-P., DAROT É., GINSBURGER-VOGEL Y. & TOUSSAINT J. (à paraître). *Guide du formateur en didactique des sciences*. Bruxelles, De Boeck.

CANGUILHEM G. (1955). *La formation du concept de réflexe au XVII^e et au XVIII^e siècles*. Paris, Vrin.

COLOMB J. (dir.) (1993). *Les enseignements en Troisième et Seconde : ruptures et continuités*. Paris, INRP.

GIORDAN A. (coord) (1987). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, 2^e édition. Berne, Peter Lang.

GODET G. & FERGUSON J. (1987). *Sciences et techniques biologiques 5^e*. Istra. Paris, Éditions Casteilla.

JACOB F. (1970). *La logique du vivant*. Paris, Gallimard.

MAFPEN de Dijon (1994). *Biologie-Géologie : séquences centrées sur un obstacle*. CRDP de Bourgogne.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1985). *Compléments aux programmes et instructions du 15 mai 1985*. Paris, Ministère de l'Éducation nationale, Direction des écoles.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (Réimpression 1991). *Sciences et techniques biologiques et géologiques. Classes des collèges, 6^e, 5^e, 4^e, 3^e*. Paris, Ministère de l'Éducation nationale, Direction des lycées et collèges.

MONTAGNER H. (1975). *Éléments de biologie du comportement*. CRDP de Besançon.

RUMELHARD G. (1983). *Isomère, isostère*. Document interne. Paris, INRP.

RUMELHARD G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne, Peter Lang.

SAUVAGEOT-SKIBINE M. (1991). *Problèmes posés par l'enseignement des concepts d'alimentation et de nutrition au collège. Obstacles à la construction du concept de digestion au collège*. Thèse, Université Paris VII.