

# ÉLABORATION DE MODELES CONCEPTUELS ADAPTÉS À L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL : UNE APPLICATION EN AGROTECHNIQUE

Louis-Philippe Leclerc  
Jacques Besançon  
Isabelle Nizet

*Dans le contexte de l'enseignement professionnel, la construction par les élèves de diagrammes incluant les concepts et principes scientifiques relatifs aux techniques peut contribuer à générer chez eux des modèles mentaux fonctionnels en regard des tâches de leur profession. Cette étude fait état des conditions et du mode d'élaboration de modèles conceptuels qui peuvent servir de référence à l'enseignant pour guider les élèves dans la construction de diagrammes techno-scientifiques en agrotechnique au secondaire. Le contenu est d'abord analysé au niveau requis pour son enseignement. Son organisation générale est ensuite mise en forme sur une carte conceptuelle qui relie les unités de façon hiérarchique ; sa dynamique est finalement structurée sous forme de modèles conceptuels (diagrammes-experts) qui reflètent les processus sous-jacents aux tâches professionnelles. La mise en opération de cette démarche dans un domaine de l'agrotechnique a conduit à l'élaboration d'une série intégrée de diagrammes-experts dont le potentiel pédagogique est discuté.*

un programme  
de formation  
largement  
théorique...

Des études (Labonté, 1987 ; Ministère de l'Éducation du Québec, 1989 a) tendent à démontrer que les apprentissages réalisés par les élèves en formation professionnelle au secondaire ne leur permettent pas d'exercer efficacement les compétences requises dans leur domaine professionnel. Un certain nombre de facteurs peut contribuer à circonscrire le problème. Ils sont plus particulièrement relatifs à la nature des contenus à enseigner, à la qualité des apprentissages faits par les élèves et au type de formation offert. Trois questions ont motivé notre démarche de recherche : le niveau de complexité des contenus des programmes de formation et leur nature sont-ils susceptibles de provoquer des difficultés d'apprentissage chez les élèves de l'enseignement professionnel ? À quelles conditions une formation professionnelle garantit-elle le développement des compétences et permet-elle l'adaptation des élèves aux transformations de leur milieu de travail ? Les apprentissages de ces élèves peuvent-ils être favorisés par certaines démarches pédagogiques ?

Dans le contexte de l'enseignement professionnel, les contenus didactiques, bien que principalement orientés vers la pratique, font souvent référence à une assise scientifique complexe ; toutefois, l'apprentissage des contenus scientifiques reliés aux tâches professionnelles pose problème. En

... pour des  
élèves préférant  
des contenus  
pratiques

effet, les élèves de l'enseignement professionnel semblent préférer les contenus pratiques aux contenus théoriques et choisissent souvent la formation professionnelle dans le but d'éviter les matières scientifiques qui font partie du cursus académique conventionnel de l'enseignement général (Hardy et Côté, 1986). Des observations effectuées en milieu éducatif auprès d'élèves et d'enseignants du secondaire professionnel, nous ont également permis de constater que les contenus scientifiques sont souvent perçus par les élèves comme étrangers à leur formation parce que leur pertinence n'est jamais explicitée ; par conséquent, ces derniers font peu d'efforts pour les maîtriser. Il en résulte des apprentissages incomplets et inadéquats pour faire face aux exigences du marché du travail. Le manque de motivation face aux contenus de nature scientifique nous paraît donc être un facteur important dans les difficultés d'apprentissage rencontrées par les élèves. Nous croyons en outre que la manière dont ces contenus sont traités au sein de la formation détermine à la fois la qualité des apprentissages faits par les élèves et la capacité ultérieure des élèves à transférer les connaissances acquises pendant leur formation à leur contexte professionnel. Dans cette perspective, notre réflexion a particulièrement été axée sur l'intégration de notions scientifiques à la formation professionnelle et plus particulièrement sur la nature de ces éléments.

### **1. L'INTÉGRATION DES SCIENCES AUX TECHNIQUES : UN ENJEU POUR DES APPRENTISSAGES SIGNIFICATIFS**

concepts  
intégrateurs :  
facilitation du  
transfert...

Selon Wholansky et Duvall (1975), une formation basée sur des concepts intégrateurs, c'est-à-dire des concepts qui servent à expliquer un événement ou un phénomène donné, peut être en mesure de permettre le transfert des connaissances à des situations nouvelles issues des changements technologiques. Du fait que les concepts et principes scientifiques servent habituellement d'assise aux nouvelles technologies et que, dans la plupart des cas, seul un petit nombre de ces éléments est mis à contribution dans le développement des innovations techniques, l'intégration de ces seuls concepts et principes à la structure conceptuelle des individus nous a semblé pouvoir constituer un moyen plausible de permettre le transfert des apprentissages faits durant la formation au marché du travail. Ainsi, nous postulons qu'il est pertinent d'intégrer des notions scientifiques aux techniques pour permettre l'adaptation des futurs travailleurs aux changements technologiques. Notre recherche a donc visé principalement le développement d'une approche didactique qui joint les concepts et principes scientifiques relatifs à la technologie d'un domaine professionnel aux contenus techniques abordés pendant la forma-

... et de  
l'adaptation aux  
changements  
technologiques

tion ; celle-ci ayant pour objectif l'acquisition des compétences de ce domaine et ce, tout en renforçant la motivation des élèves face aux contenus de nature scientifique.

## 2. EXPLORATION DE MODELES D'INTÉGRATION DES CONNAISSANCES

une description  
de la structure  
cognitive  
s'inspirant de la  
théorie des  
schémas...

D'un point de vue conceptuel, notre approche s'inspire de deux théories des sciences cognitives : la théorie des schémas (Ausubel, 1968) et la théorie des modèles mentaux (Norman, 1983). Le concept de **schéma** semble pertinent pour caractériser la nature des connaissances acquises par un individu ; en effet, ils sont définis comme les blocs constitutifs de la structure cognitive (Rumelhart et Ortony, 1977 ; Rumelhart, 1980). Les schémas peuvent être considérés comme des matrices de connaissances d'un certain niveau de généralité qui peuvent être activées en mémoire quand un individu se trouve dans une situation donnée ; en fonction du niveau de familiarité de l'individu avec cette situation, ils peuvent contribuer soit à la reconnaissance de celle-ci soit à l'acquisition de nouvelles connaissances particulières à cette situation par l'intégration de ces dernières aux schémas mentaux existants. Les schémas peuvent ainsi servir à décrire l'articulation et le développement de la structure cognitive au cours d'expériences variées (Rumelhart et Norman, 1978). Cette définition du concept de schéma permet alors d'envisager à la fois l'organisation des contenus visés par la formation et leur processus d'acquisition par l'apprenant.

... une  
explication de la  
transformation  
de cette  
structure par la  
théorie des  
modèles  
mentaux

La notion de modèle mental semble toutefois correspondre davantage à l'aspect pragmatique de l'utilisation et de la transformation de la connaissance. En effet, lorsqu'un individu se trouve en interaction avec une nouvelle instance d'un concept ou d'un événement donné, il élabore, à partir des éléments qu'il perçoit, un modèle mental de ce concept ou de cet événement. Bien qu'il soit une représentation individuelle et particularisée de la réalité (Norman, 1983), ce modèle mental est toutefois fonctionnel pour qui l'élabore car il lui permet de comprendre cette réalité et d'interagir avec celle-ci. De plus, l'information contenue dans ce modèle mental peut être emmagasinée sous forme de schémas dans la mémoire à long terme de l'individu pour être ensuite réactivée dans des situations perçues comme analogues. Les modèles mentaux, qu'ils soient issus des schémas existants ou de connaissances nouvelles, s'enrichissent au contact d'environnements particuliers et permettent à l'individu d'intégrer de nouvelles connaissances à sa structure cognitive. Il existe toutefois deux facteurs qui peuvent limiter cette évolution : l'absence de confrontation à de nouvelles instances et l'incapacité de traiter et d'intégrer de nouvelles informations aux schémas existants. Notre rôle en

tant que pédagogue est par conséquent de privilégier le rapport entre l'apprenant et les situations qui stimuleront l'élaboration de modèles mentaux qui répondent aux exigences et aux conditions de sa future profession. Il existe vraisemblablement deux façons de recréer ces conditions. L'idéal serait de placer l'individu dans des situations professionnelles réelles ; toutefois, les limites du contexte scolaire nous obligent à utiliser d'autres mesures et le **modèle conceptuel** nous a paru constituer un moyen efficace d'intervention auprès des élèves.

les modèles  
conceptuels  
stimulent  
l'élaboration de  
modèles  
mentaux  
fonctionnels

Un modèle conceptuel peut être considéré comme un principe organisateur d'apprentissage (« advanced organizer » ; Ausubel, 1968) qui montre comment fonctionnent et s'articulent les éléments d'un ensemble. Selon Mayer (1989), l'utilisation d'un modèle conceptuel a pour principal objectif d'aider l'apprenant à développer un modèle mental d'une situation lorsque celle-ci n'est pas directement accessible. Un modèle conceptuel présente, sous forme de mots et/ou de diagrammes, les principaux concepts d'un ensemble et les relations de cause à effet qui existent entre eux ; il permet également de prédire et d'expliquer le fonctionnement de l'objet étudié. Cette dernière considération justifie d'autant plus l'intégration des concepts et principes scientifiques. Présenté comme un « modèle expert de la connaissance », un modèle conceptuel doit cependant être l'objet d'un apprentissage significatif de la part de l'apprenant. Les informations présentées doivent être accessibles à celui-ci tant par la forme que par le vocabulaire utilisé et, en outre, s'articuler autour d'une explication cohérente. Selon Larkin et Simon (1987), un **diagramme** peut servir de modèle conceptuel car il respecte plusieurs de ces considérations : il est une représentation schématique d'une situation ou d'un problème donné et il met l'accent sur le contenu conceptuel essentiel. Sa nature graphique permet une présentation dynamique de la connaissance ; un diagramme expose de façon structurée l'information relative aux éléments essentiels d'un contenu, permettant ainsi à l'apprenant de mieux situer ces éléments les uns par rapport aux autres ; cela favorise une structuration de l'information utile à l'encodage et à l'emmagasinage dans la mémoire à long terme. À l'intérieur d'un diagramme, les expressions présentées correspondent de manière biunivoque aux composantes réelles de la situation étudiée et chaque expression du diagramme sous-tend implicitement toute l'information relative à cette dernière ; il devient alors possible pour l'apprenant de comprendre les relations qui existent entre les différentes expressions présentées et de se construire un modèle mental fonctionnel de la situation représentée.

diagrammes :  
modèles  
conceptuels  
adaptés aux  
apprenants en  
formation  
professionnelle

### **3. REPÉRAGE DES CONTENUS SCIENTIFIQUES ET DES HABILITÉS COGNITIVES SOUS-JACENTS AUX TÂCHES PROFESSIONNELLES**

d'abord une analyse des contenus à enseigner...

Le repérage des contenus scientifiques et des habiletés cognitives sous-jacents aux tâches constituent une difficulté majeure au processus d'élaboration de modèles conceptuels efficaces en enseignement professionnel. Comme il revient aux experts du contenu d'élaborer des modèles conceptuels susceptibles de permettre l'émergence de modèles mentaux fonctionnels chez les élèves, une connaissance détaillée de la structure et de la dynamique des contenus à représenter leur est nécessaire. L'étude de la discipline à enseigner est par conséquent à la base de l'élaboration de modèles conceptuels efficaces. Dans les pages qui suivent, nous relaterons les différentes étapes de l'élaboration de modèles conceptuels particuliers aux contenus de la protection des cultures dans la ferme laitière, une composante essentielle du programme de formation agricole au secondaire.

Les cultures végétales sont à la base de la production laitière. Le plus souvent, l'agriculteur produit les fourrages et les grains nécessaires pour nourrir son bétail ; il doit ainsi pouvoir intervenir lorsque ses récoltes sont menacées par la présence de ravageurs. La protection des cultures est l'ensemble des opérations qui consistent à contrôler et à éradiquer la présence de ces ravageurs dans les cultures. Elle comporte de nombreuses tâches de nature procédurale comme par exemple l'identification des ravageurs, la préparation des bouillies ou encore le réglage du pulvérisateur. Mais la réalisation de ces tâches nécessite la compréhension de processus complexes faisant intervenir plusieurs concepts et principes scientifiques ; citons entre autres la gestion des conditions de croissance des plantes.

pour les intégrer aux modèles conceptuels

La première étape de nos travaux fut de réaliser une étude approfondie des tâches relatives à la protection des cultures par l'intermédiaire de l'analyse des contenus et des objectifs du cours « Protection des cultures » (Ministère de l'Éducation du Québec, 1989-b) du Diplôme d'études professionnelles en formation agricole. Pour identifier les différents éléments de connaissances à intégrer aux modèles conceptuels, deux analyses furent entreprises. La première analyse visait à préciser les contenus et les types d'habiletés cognitives relatifs à ces derniers. La deuxième analyse, justifiée par la nécessité d'intégrer les concepts et principes scientifiques essentiels à la formation, visait à identifier les concepts et principes biologiques sous-jacents à ces contenus.

Pour réaliser la première analyse, nous avons utilisé la technique du groupe nominal qui consiste à demander à des experts d'un domaine donné de déterminer les éléments essentiels à la formation des futurs travailleurs de ce

puis une  
validation par  
des experts...

domaine. Cette technique surtout utilisée pour la détermination du curriculum des programmes de formation (Delbecq et al., 1975), a servi, dans le cadre de notre recherche, à identifier les principaux éléments de contenu et à déterminer les types d'habiletés cognitives à développer à l'intérieur du processus d'apprentissage. Cette étape a été rendue nécessaire à cause du peu de détails fournis à l'intérieur du programme d'études à propos des contenus. Dans le cadre de nos travaux, l'application de cette technique a consisté à réunir en atelier sept experts en protection des cultures provenant de différents champs professionnels (1). Mis en présence de chacun des objectifs du cours, les experts ont d'abord été invités à identifier les éléments de contenu (concepts, principes, propositions, heuristiques, etc.) qu'ils estimaient essentiels à l'atteinte de ces objectifs ; il est important de mentionner que les objectifs d'apprentissage définis à l'intérieur du programme d'études sont déterminants pour caractériser les contenus et les habiletés cognitives à développer au sein de la formation. Dans un deuxième temps, afin d'obtenir un consensus sur les contenus à retenir, chaque participant a été invité à présenter, pour approbation par le groupe, les éléments qu'il avait identifiés. Un à un, les 80 objectifs du cours furent soumis à l'analyse du groupe. Cette analyse a permis d'identifier l'ensemble des contenus essentiels en fonction des objectifs. Parallèlement, elle a permis d'identifier la résolution de problème comme l'habileté cognitive la plus susceptible de provoquer des apprentissages significatifs des contenus de ce cours.

... et une  
identification des  
concepts et  
principes  
scientifiques

La deuxième analyse avait pour but de déterminer les concepts et principes biologiques essentiels à l'atteinte des objectifs du cours « Protection des cultures », la biologie étant la science la plus mise à contribution en protection des cultures. Mentionnons qu'à l'intérieur des programmes de formation professionnelle, les objectifs sont une transposition pédagogique des tâches particulières à une profession donnée. Cette analyse nous est apparue nécessaire car le programme d'études ne spécifiait pas les éléments biologiques essentiels à la bonne compréhension des contenus. À l'aide de la méthode élaborée par Gagnon et al. (1989), qui consiste à relever les concepts et principes scientifiques relatifs à un contenu à partir d'un critère de spécificité issu des visées pédagogiques d'un objectif d'apprentissage donné, un biologiste et un didacticien se sont appliqués à identifier, toujours à partir des objectifs du cours « Protection des cultures », les concepts et principes biologiques essentiels à l'atteinte de ces mêmes objectifs ; cette opération a également permis de spécifier le niveau d'approfondissement (niveau concret et/ou niveau formel) des différents concepts et principes biologiques au sein de la forma-

---

(1) Professeurs d'université, professeurs du secondaire, agronomes et étudiant à la maîtrise en biologie

... essentiels à l'atteinte des objectifs de formation

tion. La détermination de ce niveau d'approfondissement est fondamentale dans notre approche car elle la distingue d'une approche qui se voudrait plus scientifique ou théorique ; en effet, les éléments scientifiques obtenus de l'analyse ne peuvent en aucun cas être séparés du contexte particulier pour lequel ils ont été identifiés. La connaissance de ce niveau d'approfondissement permet ainsi de mieux expliciter la pertinence des concepts et principes scientifiques à l'intérieur d'un contenu technique donné.

#### 4. ORGANISATION ET STRUCTURATION DU CONTENU

la structuration des contenus conduit à la construction d'une carte conceptuelle

La première étape de l'élaboration des modèles conceptuels a été de structurer les contenus selon leur relation conceptuelle. Une carte conceptuelle du contenu du cours « Protection des cultures » (voir la figure 1) a été construite à partir des principaux concepts identifiés au cours des analyses décrites plus haut. La carte conceptuelle (« Concept map » selon Novak et al., 1983) a comme principal intérêt de fournir à l'expert du contenu une représentation hiérarchisée des contenus qui met en évidence leurs relations conceptuelles. Le concept de niveau de contenu de Newell (1981) a servi à établir la structure de cette carte. Les niveaux sont définis en fonction d'une hiérarchie ; ils se distinguent par leur niveau de généralité. Ainsi, un niveau donné de la carte conceptuelle englobe tous les éléments qui lui sont inférieurs ; ce dernier critère a permis l'organisation générale du contenu. Bien qu'utile pour la compréhension globale du contenu du cours, cette représentation ne constitue pas un modèle conceptuel ; par conséquent, elle ne peut être présentée directement à l'apprenant. Elle permet néanmoins aux experts de déterminer l'ordre dans lequel les différents concepts devraient être abordés afin d'en faciliter la compréhension au sein d'un contenu donné.

représentant les principaux concepts et leurs relations hiérarchiques

Dans le cadre du cours sur la protection des cultures, trois éléments sont considérés. On retrouve ainsi au niveau supérieur de la carte, et à un même niveau de généralité, ces éléments, soit les cultures végétales, les ennemis des cultures et les moyens de lutte. Les concepts plus spécifiques se situent aux niveaux inférieurs. Plusieurs concepts biologiques paraissent également sur cette carte : les concepts de champignon, bactérie, virus, résistance génétique en microbiologie ; les concepts de plante, graminée, légumineuse, annuelle, bisannuelle, vivace en botanique ; enfin les concepts de parasite et de compétiteur en écologie. Pour fins de lisibilité, la structure complète n'est pas ici présentée ; par exemple, les variétés des plantes cultivées et la nature des pesticides sont également des éléments de ce contenu.

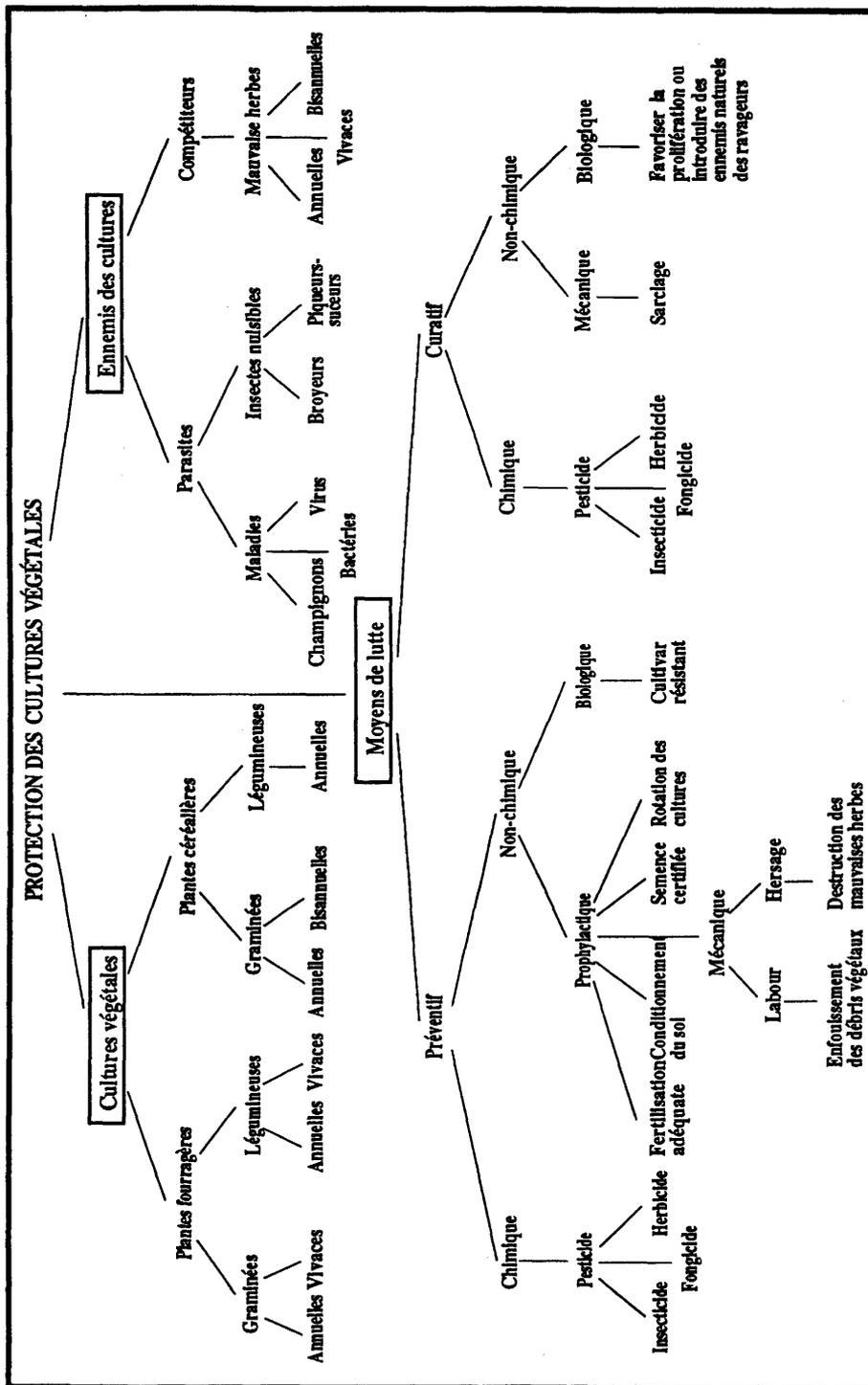


Figure 1 - Carte conceptuelle du contenu relatif à la protection des cultures

une modélisation  
des processus  
sous-jacents aux  
tâches...

L'élaboration de modèles conceptuels ne peut se baser uniquement sur les concepts et leurs relations mutuelles. En effet, l'exécution des procédures relatives à une profession donnée dépend de la compréhension de processus sous-jacents. Par conséquent, des modèles conceptuels efficaces devraient mettre en évidence ces processus ; rappelons que ces modèles conceptuels doivent permettre à l'individu d'élaborer des modèles mentaux fonctionnels en regard de situations pouvant constituer des problèmes particuliers à l'intérieur de son champ professionnel. L'élaboration d'un modèle conceptuel adapté dépend donc étroitement de la conception des tâches à maîtriser.

... qui  
correspond à la  
gestion des  
moyens de lutte  
contre les  
ravageurs

Parmi les tâches de l'agriculteur, la protection des cultures traite plus spécifiquement de la gestion des moyens de lutte utilisés pour combattre les ravageurs (insectes nuisibles, maladies et mauvaises herbes) qui nuisent au développement des plantes et en diminuent le rendement. Cette gestion implique l'utilisation de ressources appropriées au contrôle des ravageurs. Depuis plusieurs dizaines d'années, l'application de pesticides a été le moyen de lutte privilégié par bon nombre d'agriculteurs. Cependant, les problèmes environnementaux provoqués par cette pratique et sa rentabilité économique discutables à long terme doivent actuellement être considérés et on estime de plus en plus que cette utilisation doit être réservée à des situations extrêmes. La **lutte intégrée** correspond à un emploi plus rationnel des pesticides en privilégiant l'usage de moyens de lutte préventifs ; l'utilisation des pesticides n'étant recommandée que dans les cas d'échec de la prévention.

Dans la prévention, la santé des cultures est le premier élément à considérer car une plante saine est moins sensible aux attaques des ravageurs. Le respect des besoins vitaux de la plante est donc le critère déterminant de la gestion d'une culture. Cette gestion est accomplie principalement par le maintien des conditions optimales de la qualité du sol de laquelle dépend la santé des plantes. Une culture peut être étudiée comme un ensemble de processus par lesquels sont influencées les interventions en protection des cultures. Nous croyons que la dynamique de ces processus peut efficacement être abordée à travers le modèle de système. Nous avons tracé un parallèle entre les composantes du système, tel que représenté dans la figure 2, et la dynamique d'une culture.

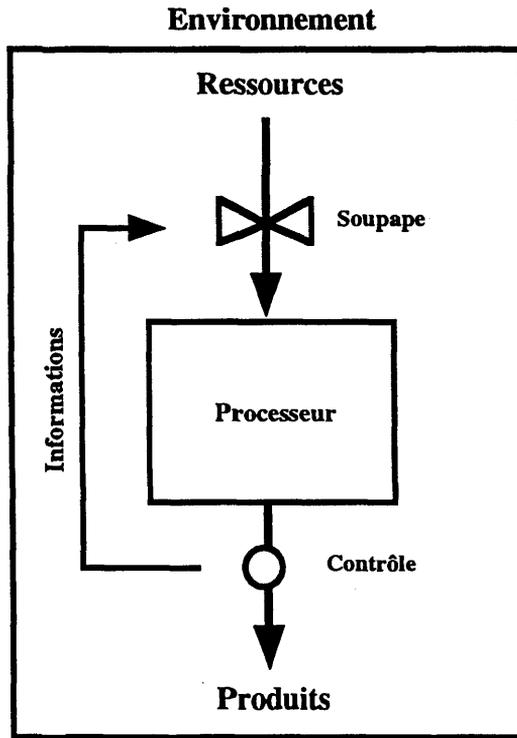


Figure 2 - Diagramme d'un système (de Rosnay, 1975)

chaque culture  
est envisagée sous  
forme d'un système  
transformationnel  
appelé  
phytosystème

À l'instar d'un système, une culture peut être analysée en fonction de ses trois composantes principales : ses ressources, son processeur et ses produits. Ainsi, pour se développer une plante doit obtenir certains éléments de son milieu de croissance, ce sont les ressources ; elle les assimile et les transforme au fil de son développement, elle en est le processeur ; enfin, ses différentes parties (feuilles, tiges, fleurs, fruits), résultat du développement, peuvent être récoltées et servir à d'autres fins, comme nourrir le bétail, ce sont les produits. Pour que puisse être optimisée sa productivité, une culture doit en outre comporter des éléments de régulation. Ce sont la règle des champs (soupape) et le contrôle du rendement (contrôleur). Ce dernier permet d'évaluer la performance du processeur (plante) et ces informations sont utilisées dans la règle des champs, ainsi l'agriculteur peut mieux gérer la disponibilité des ressources selon les exigences de la culture. Cette boucle de rétroaction est au cœur même du processus de système car elle permet la régulation de son fonctionnement soit, dans le cas présent, le développement des plantes de la culture. L'environnement a également un impact majeur sur le fonctionnement du système ; dans le cas d'une culture,

l'environnement (éléments climatiques, nature de l'air, qualité du sol, etc.) impose plusieurs conditions et constitue souvent le facteur déterminant de sa productivité.

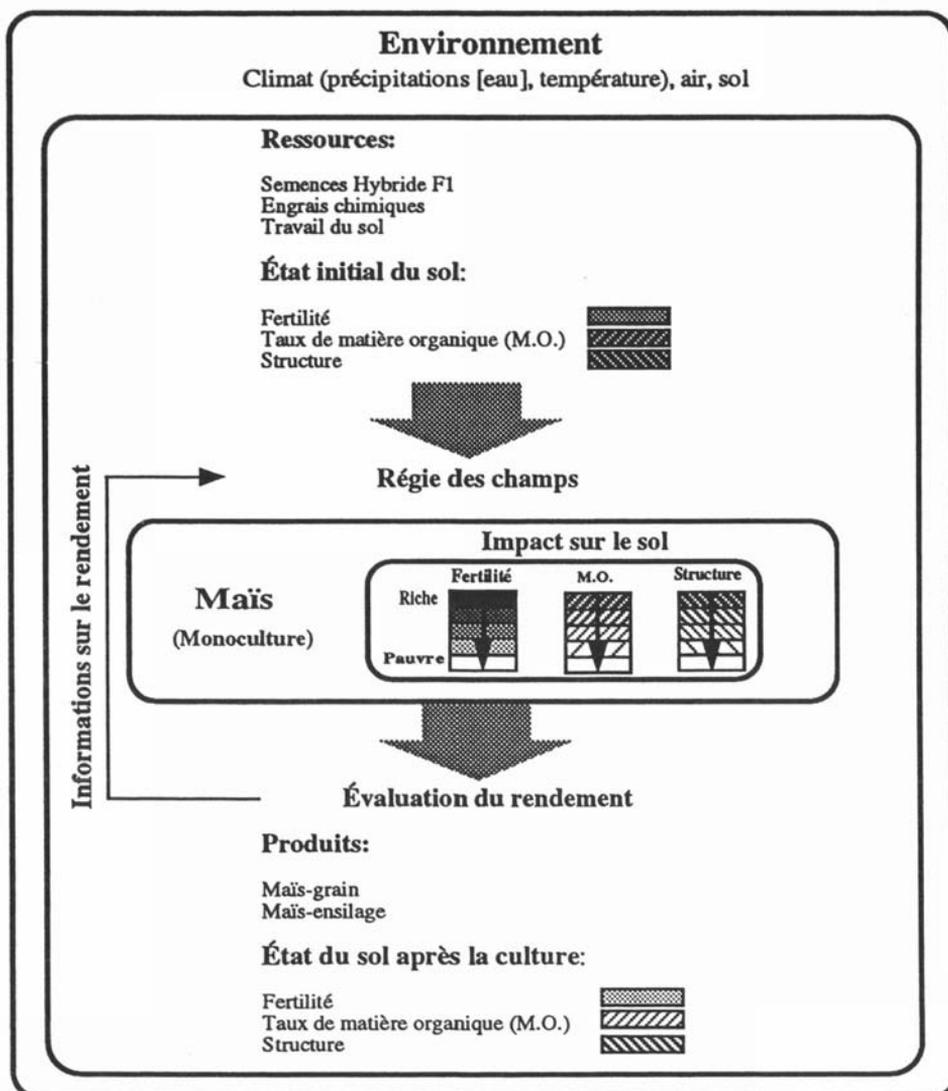
Dans une culture, des changements d'états s'opèrent au fil des stades de développement des plantes qui la composent, c'est pourquoi nous pouvons décrire une culture comme un **système transformationnel**. Selon Von Wright (1967), un système transformationnel est défini comme un système qui subit une suite d'événements complexes qui entraînent des changements d'états ; il se caractérise par des modifications du cours naturel des choses, c'est-à-dire des modifications de la tendance naturelle qu'ont des états successifs d'un système à subsister (conservation d'états), ou à changer (événement : stade de développement, apparition de ravageurs).

On le voit, le modèle systémique permet de considérer plusieurs aspects présents à l'intérieur du processus d'une culture tout en la situant dans le contexte qui interagit avec elle. Nous avons opté pour ce modèle car il permet à un individu de considérer à la fois les différentes composantes des cultures et leurs fonctions respectives au sein de celles-ci. L'intégration des caractéristiques des processus inhérents à la culture aux actes techniques fournit ainsi un cadre pour l'accomplissement des tâches professionnelles en agrotechnique. Dans la section suivante, nous présenterons comment nous avons intégré le modèle du système transformationnel aux tâches relatives à la lutte intégrée.

Dans le cadre du cours sur la protection des cultures, l'accent est surtout mis sur les ressources nécessaires au bon développement de la plante, son fonctionnement ayant été considéré dans un autre cours. C'est pourquoi les processus de photosynthèse, de respiration et de synthèse des gras et protéines ne sont pas présentés à l'intérieur de notre modèle. Cela est également conforme aux résultats de l'analyse conceptuelle qui nous ont indiqué que l'étude du fonctionnement intrinsèque de la plante n'est pas pertinent à ce niveau de formation.

L'unité de base de notre modèle conceptuel se situe donc au niveau de la culture. Nous avons appelé « phytosystème » le modèle conceptuel qui vise à représenter le fonctionnement d'une culture. Celui-ci intègre les concepts et les processus d'une culture selon la dynamique du système. La figure 3 présente le diagramme du modèle conceptuel de la culture du maïs. On y retrouve au premier plan l'environnement (climat : ensoleillement, température, pluviosité, etc) dans lequel se situe la culture, les ressources (semences hybrides F1, engrais chimiques, travail du sol) et l'état initial du sol obtenu à partir des analyses de sol ; au centre, est présentée la culture comme élément transformateur et ses effets sur les principales composantes du sol (fertilité, structure et taux de matière organique) ; en bas, les produits de la culture (maïs-grain ou maïs-ensilage) et l'état final du sol.

diagramme du  
phytosystème  
Maïs : modèle  
conceptuel  
expert de la  
culture du maïs



**Figure 3 - Diagramme du phytosystème Maïs**

Dans ce diagramme, nous insistons sur l'état du sol et ses transformations car sur une ferme, l'espace cultivable est limité et, souvent, les besoins nutritionnels des animaux doivent être comblés par les produits des cultures. Plusieurs types de cultures végétales se succèdent ainsi sur une même parcelle et l'état du sol laissé par une culture donnée détermine les conditions de développement de la culture suivante. Par conséquent, la nécessité d'obtenir un bon ren-

dement de chacune des cultures oblige l'agriculteur à les choisir en fonction de la qualité initiale du sol et de leurs effets sur celui-ci.

## **5. ARRIMAGE DES CONTENUS AUX TACHES À L'INTÉRIEUR DE MODELES CONCEPTUELS**

le processus de rotation des cultures...

... peut représenter un modèle intégrateur de moyens préventifs en lutte intégrée

Les modèles conceptuels utilisés pour la formation professionnelle doivent intégrer les processus aux procédures impliquées dans les tâches qui définissent les compétences des élèves en fin de formation. En ce qui nous concerne, ces tâches relèvent de la lutte intégrée et elles nécessitent la compréhension de processus complexes. Un modèle conceptuel doit être élaboré à partir du niveau le plus complexe des compétences envisagées. Dans notre domaine, le processus de rotation des cultures sous-tend la plupart des tâches relatives à la lutte intégrée. La rotation des cultures est le processus par lequel une même parcelle de sol est assignée à plusieurs types de culture variant en fonction de périodes temporelles déterminées. Elle nécessite que soit considérés non seulement l'impact d'une seule culture sur l'état du sol mais également l'impact de la séquence des cultures sur cette même parcelle. Elle est également le premier moyen de lutte préventif à être utilisé en lutte intégrée. Ainsi, parce qu'il met en relation toutes les cultures produites sur une ferme laitière, ce processus nous semble pouvoir servir de modèle intégrateur des connaissances relatives aux différents phytosystèmes. Afin de bien comprendre le processus de la rotation des cultures, l'individu doit d'abord intégrer les connaissances particulières à chaque phytosystème puis, en les faisant se succéder dans un ordre particulier sur une même parcelle, il doit en évaluer les effets sur l'état du sol : une rotation des cultures efficace permet de préserver l'état du sol. Un programme de rotation des cultures sera jugé adéquat s'il permet de répondre de façon satisfaisante aux exigences fondamentales des différentes cultures, empêchant l'apparition de problèmes de santé des plantes, ce qui peut permettre de prévenir une invasion de ravageurs. La compréhension du processus de transformation du milieu et des besoins fondamentaux des plantes est essentielle à la bonne gestion des cultures. Cet aspect est d'autant plus important qu'il permet de réduire significativement les problèmes de phytoprotection. Toutefois, malgré une bonne gestion des ressources une infestation de ravageurs pourra forcer l'agriculteur à intervenir rapidement ; c'est pourquoi les méthodes curatives, parmi lesquelles se trouve l'utilisation des pesticides, doivent elles aussi être enseignées. La connaissance des besoins particuliers de chaque culture et des problèmes de ravageurs qui lui sont associés est à la base de la protection des cultures. Le modèle conceptuel du phytosystème se complexifie en fonction de ces considérations.

les relations  
mutuelles des  
ravageurs sont  
introduites dans  
le modèle  
conceptuel de  
rotation des  
cultures...

Les différents types de ravageurs potentiels pour la culture sont maintenant intégrés au diagramme du phytosystème ce qui nous a permis d'introduire les concepts biologiques de parasitisme et de compétition. Ces derniers, nouveaux pour les élèves, sont des concepts et principes biologiques présents à l'intérieur du cours de protection des cultures tout comme les concepts d'insecte nuisible, de champignon, de bactérie et de virus. Un exemple est illustré en figure 4 par le diagramme du phytosystème Mals agressé par la pyrale. Le diagramme présente les connaissances essentielles relatives aux processus biologiques qui caractérisent la présence des ravageurs des cultures (cycle évolutif, stade de développement), à partir du type de relation que ceux-ci entretiennent avec la plante cultivée. D'autres diagrammes plus complexes montrent également les types de relation que les ravageurs entretiennent entre eux (une mauvaise herbe peut être l'hôte d'un insecte nuisible par exemple). Ces informations sont fondamentales en lutte intégrée car elles permettent de déterminer la pertinence et le type d'intervention à utiliser. Chaque phytosystème possède un ensemble défini de ravageurs qui lui sont habituellement spécifiques ; toutefois, parmi ces ravageurs, ceux qui se développent dans le sol peuvent causer des dommages récurrents à une culture donnée lorsqu'une parcelle est attribuée à celle-ci plusieurs années de suite. Par conséquent, la présence des ravageurs doit être envisagée dans une perspective qui tient compte du processus de la rotation des cultures.

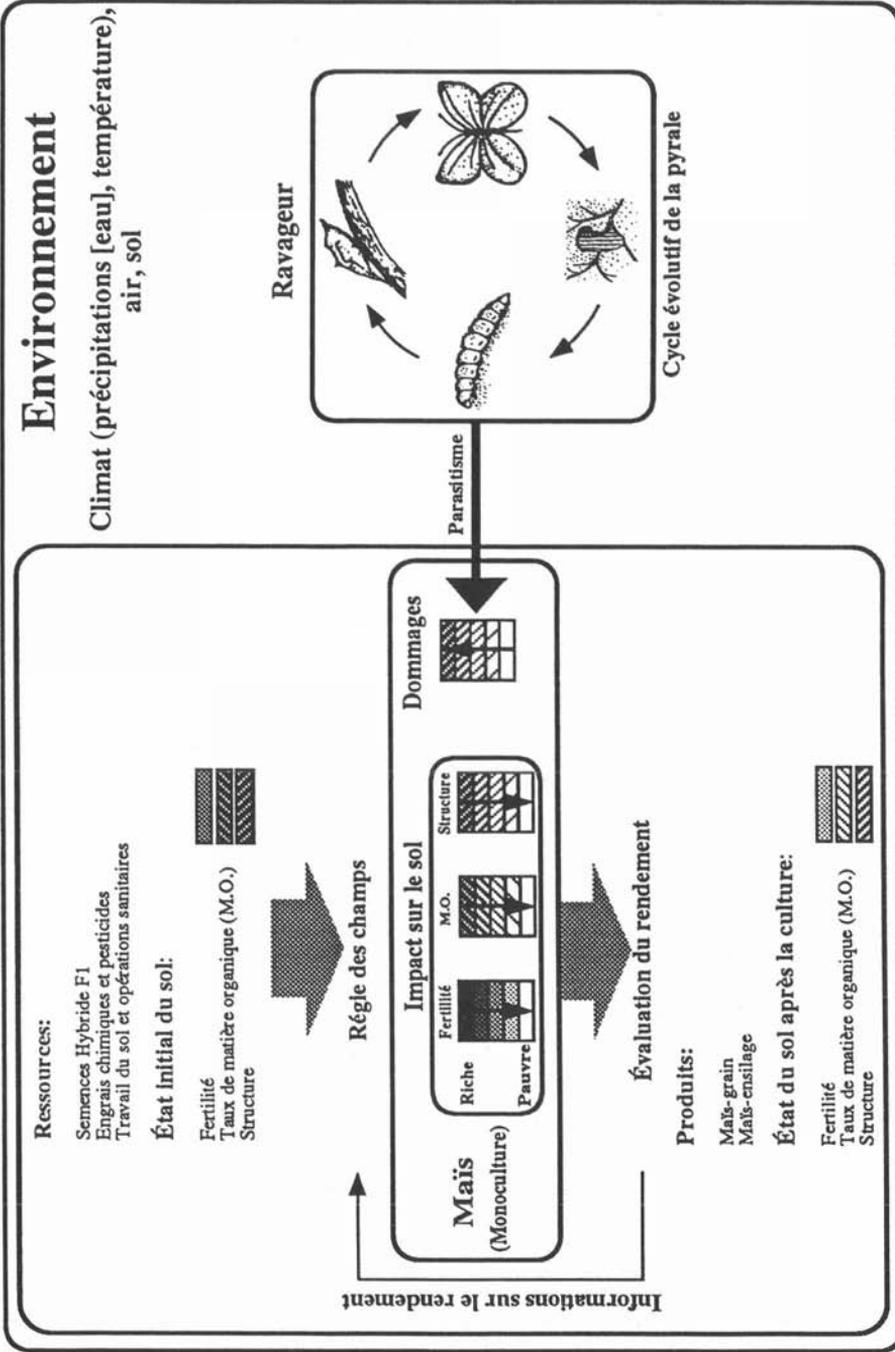


Figure 4 - Diagramme du phytosystème Maïs en présence d'un ravageur spécifique, la pyrale du maïs

Un diagramme de même nature a été élaboré pour chaque culture impliquée sur une ferme laitière (prairies, pâturages, maïs, céréales à paille, graminées et légumineuses annuelles) afin de mettre en évidence, à travers son impact sur le sol, les avantages et les inconvénients de chaque culture.

... pour atteindre le niveau le plus complexe de description du processus

... relatif aux tâches de protection des cultures

Un dernier diagramme présente les phytosystèmes et leurs ravageurs à l'intérieur d'un programme idéal de rotation des cultures (voir la figure 5). Ce diagramme constitue le modèle conceptuel du processus qui est à la base de la lutte intégrée. Il englobe d'ailleurs tous les autres diagrammes. Le niveau de complexité du modèle conceptuel final constitue le degré le plus élevé de compétence à acquérir par l'apprenant. Cependant, cette acquisition ne peut se faire que de façon progressive ; l'individu confronté, au travers d'activités pédagogiques prévues à cette fin, à des modèles conceptuels de complexité croissante devrait pouvoir intégrer graduellement à sa structure cognitive les schémas nécessaires à l'élaboration d'un modèle mental fonctionnel en situation professionnelle pour appréhender les problèmes de phyto-protection à leur niveau le plus complexe. En fin de formation, l'individu possédant ce schéma devrait être en mesure de résoudre la plupart des problèmes de phytoprotection pouvant être rencontrés sur une ferme laitière.

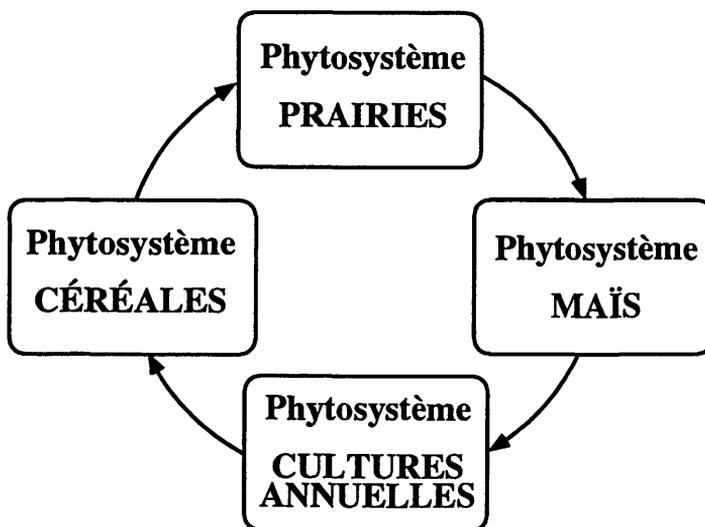


Figure 5 - Diagramme d'un exemple de rotation des cultures

## **6. POTENTIEL PÉDAGOGIQUE DES MODELES CONCEPTUELS ET APPRENTISSAGES SIGNIFICATIFS DE TACHES PROFESSIONNELLES**

Dans le contexte de l'enseignement professionnel, les apprentissages de type procédural font souvent appel à des processus complexes faisant intervenir un ensemble de concepts et principes scientifiques dont la compréhension est nécessaire pour des apprentissages significatifs. Leur pertinence doit cependant être clairement formulée pour l'apprenant. Les modèles conceptuels peuvent faciliter l'intégration de ces connaissances en rendant ces éléments explicites. Confronté aux composantes d'un modèle conceptuel, l'individu s'élabore un modèle mental fonctionnel ; cependant, la justesse de celui-ci est tributaire de l'acquisition de l'ensemble des connaissances et des schémas sous-jacents au modèle conceptuel. Le modèle conceptuel élaboré par les experts a donné lieu à la conception de diagrammes intégrant ces diverses connaissances de manière progressive et structurée.

Toutefois, les modèles conceptuels ne peuvent en eux-mêmes permettre des apprentissages significatifs. Pour atteindre ce but, nous pensons qu'ils doivent être introduits dans la formation de façon progressive par le biais des composantes dont sont constitués les diagrammes. La force de ces diagrammes réside principalement dans la manière dont ils présentent le contenu et dans la possibilité qu'ils offrent à l'apprenant de mémoriser celui-ci de façon structurée. La construction de diagrammes de complexité croissante peut permettre à l'apprenant de repérer, d'assimiler et de structurer les différentes composantes d'un modèle conceptuel. Soumise à la progression des élèves à travers le contenu, l'élaboration des diagrammes doit être intégrée à des activités d'apprentissage spécifiques orientées par une dynamique pédagogique particulière. L'approche didactique que nous préconisons est fondée sur une « complexification » progressive du contenu et nos choix pédagogiques respectent cette articulation afin d'exploiter pleinement le potentiel pédagogique des diagrammes techno-scientifiques. Les démarches pédagogiques utilisées doivent viser l'intégration des connaissances pour permettre l'acquisition des schémas nécessaires à l'élaboration de modèles mentaux fonctionnels. Ainsi, nous croyons que les élèves doivent pouvoir d'abord évoquer leurs propres conceptions des contenus et confronter ces représentations à celles des modèles conceptuels proposés. Progressivement élaborés, les diagrammes pourront leur servir de guide à l'intégration d'une connaissance structurée et facilement accessible dans des situations de résolution de problème relatives aux tâches de leur profession. Ce type d'approche didactique, basée sur la confrontation des apprenants à des modèles conceptuels, devrait favoriser l'autonomie de la gestion cognitive de la

une  
complexification  
progressive du  
contenu...

... des  
diagrammes  
construits par les  
élèves...

... devrait  
conduire à  
l'élaboration de  
modèles  
mentaux  
fonctionnels

connaissance. Nous croyons que l'enjeu fondamental en enseignement professionnel est de faire cheminer les apprenants vers le degré d'expertise requis pour l'accomplissement des tâches par une intégration progressive de différentes compétences à la formation. La compréhension des processus sous-jacents à l'exécution des tâches professionnelles par confrontation à des modèles conceptuels représentant ces processus nous paraît être la pierre angulaire du développement d'une expertise de ce type.

Louis-Philippe LECLERC,  
chercheur associé,  
département de didactique

Jacques BESANÇON,  
directeur du projet,  
département de didactique

Isabelle NIZET  
auxiliaire de recherche,  
département de technologie de l'enseignement,

Université Laval (Québec)

### Remerciements :

*Les auteurs remercient la contribution des autres membres de l'équipe du projet : MM. Robert Brien, professeur au département de technologie de l'enseignement ; Henri-Paul Therrien, professeur au département de phytologie ; Claude Legault, étudiant à la maîtrise au département de biologie et Maurice Dumont, enseignant à l'école de Ste-Croix de Lotbinière. Cette recherche a été subventionnée par le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Gouvernement du Québec, dans le cadre du programme Recherche Développement pour les Formateurs, projet N° 89-LA : S-02.*

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUSUBEL, D.P. *Educational psychology : a cognitive view*. New York : Holt, Rhinehart and Winston, 1968.

DELBECQ, A.L., VANDEVEN, A.H. & GUSTAFSON, D.H. *Group techniques for program planning. A guide to nominal group and delphi process*. Glenview, Illinois : Scott, Foresman & Company, 1975, 174 p.

DE ROSNAY, J. *Le macroscope*, Paris, Éditions du Seuil, 1975, 305 p.

GAGNON, R., BESANÇON, J., JEAN, P. GAGNÉ, R. & LECLERC, L.-P. Analyse d'un programme d'Électromécanique en ses concepts et principes physiques : méthode et application. *International review of education*, vol 35, no 3, 1989, pp. 305-327.

HARDY, M. & COTÉ, P. Appropriation du savoir scolaire des fils et des filles d'ouvriers, d'agriculteurs et d'artisans, *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 12, no 3, 1986, pp. 345-360.

LABONTÉ, T. *L'acquisition des concepts scientifiques sous-jacents à la formation technologique dans l'enseignement professionnel au secondaire*. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaire, 1987.

LARKIN, J. H. & SIMON, H. A. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 1987, pp. 65-99.

MAYER, R.E. Models for understanding. *Review of Educational Research*, vol. 59, no. 1, 1989, pp.43-64.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION DU QUÉBEC. *Agrotechnique : Orientations pour le développement du secteur*. Document de consultation no. 2. La formation professionnelle au secondaire, Gouvernement du Québec, 1989-a.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION DU QUÉBEC. *Programmes réaménagés par cours : secteur agrotechnique (supplément)*, Québec : Gouvernement du Québec, Direction générale des programmes, Direction de la formation professionnelle, 1989-b.

NEWELL, A. The knowledge level. *AI Magazine*, n° 2, 1981, pp. 1-20.

NORMAN, D.A. Some Observations on Mental models. in GENTNER, D. & STEVENS, A. L. (ed.). *Mental Models*. Ville : Bolt Beranek and Newman Inc, 1983.

NOVAK, J. D., GOWIN, D. B. & JOHANSEN, G. T. The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, vol. 80, no. 3, 1983, pp. 193-198.

RUMELHART, D.E. Schemata : The building blocks of cognition. in SPIRO, R.J., B.C. BRUCE, & W. F. BREWER (Eds.). *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1980, pp. 33-58.

RUMELHART, D.E. & NORMAN, D.A. Accretion, tuning and restructuring : Three modes of learning. in J.W. COTTON & R.L. KLATZKY (Eds.), *Semantic factors in cognition*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates, 1978.

RUMELHART, D.E. & ORTONY, A. The representation of knowledge in memory. in R.C. ANDERSON, R.J. SPIRO & W.E. MONTAGUE (Eds). *Schooling and the acquisition of knowledge*. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 1977.

VON WRIGHT, G. H. The logic of action : a sketch. in N. RESCHER (Ed.), *The logic of decision and action*. Pittsburg, University of Pittsburg, 1967.

WHOLANSKY, W.D. & DUVALL, J.B. Curriculum Relevance for Industrial Arts. *Journal of Industrial Teacher Education*, vol. 12, n° 4, 1975, p. 63.