

# IMAGES BIOLOGIQUES ET ACTIVITÉ DE DIAGNOSTIC D'ÉLEVAGE

Alain Gay  
Jean Gréa  
Philippe Sabatier

*La théorisation des aspects objectifs de la forme est un enjeu central de tout apprentissage de la biologie. Cependant, une forme biologique ne correspond pas à une clôture, ni à un renfermement sur soi, mais plutôt à un mouvement au sein duquel deux termes (l'être et son milieu) sont en permanence distingués et reliés. Dans ce fait, un recours pédagogique à des images numériques suppose la satisfaction de plusieurs conditions relatives à la situation didactique : (a) une articulation entre l'image et le texte qui l'accompagne, en vue d'aider à l'interprétation des signes observés ; (b) un soutien au recueil des signes, dans le cadre d'une activité de résolution de problèmes ; (c) un usage de l'outil informatique "face au cas", favorisant une activité dialogique. Les résultats présentés dans cet article sont tirés d'une étude réalisée dans le domaine de la pathologie animale. Un hypermédia, consulté à l'issue d'une visite d'élevage réelle, permet à l'apprenant de préciser les descripteurs pertinents du trouble pathologique (observation → description), puis de mettre en relation la forme pathologique identifiée avec les explications sous-jacentes (description → interprétation, et interprétation → action).*

le diagnostic  
d'élevage  
est une activité  
qui met en jeu  
des images sur le  
fond (concepts  
biologiques) et  
sur la forme  
(communication)

Le diagnostic médical peut être compris comme un acte langagier par lequel un praticien conclut son investigation (Garnier et Delamare 1985). Une **forme biologique** particulière, autrement dit une maladie, est ainsi attribuée à des organismes vivants, à partir des symptômes et indices que ceux-ci présentent. Dans le cadre des maladies d'élevage que nous étudions, la difficulté n'est pas tant liée à l'identification de la maladie, qu'à la compréhension des mécanismes qui en sont à l'origine. Ces mécanismes, complexes, font intervenir un nombre important de paramètres biologiques et environnementaux (variation de température, pression microbienne, etc.). Les variations et les interactions de ces paramètres dépassent parfois les capacités d'adaptation des animaux, ce qui conduit à des états pathologiques (Sabatier *et al.* 1994). Une telle approche par les circonstances (approche dite **écopathologique**) abandonne la recherche d'une causalité formelle au profit d'une explication multifactorielle, basée sur des observations systématisées. De fait, le diagnostic échappe au monopole des vétérinaires, pour devenir l'affaire de tous les professionnels impliqués dans l'élevage. Dès lors, une construction **collaborative** de diagnostics d'élevage est nécessaire, qui implique que les acteurs concernés aient acquis d'une part

une certaine compréhension des phénomènes biologiques mis en jeu, et d'autre part une capacité à échanger leurs points de vue sur des concepts tant pratiques que théoriques. L'image biologique intervient à ces deux niveaux, en tant qu'accès privilégié à des savoirs spécifiques, et comme médium d'un dialogue sur ces savoirs.

Pour tirer parti des possibilités offertes par l'image, nous avons conçu un outil hypermédia destiné à l'apprentissage de la santé animale, à travers la construction collaborative, sur le terrain, de diagnostics d'élevage. Cet outil s'inscrit dans une tendance récente, qui veut que les applications proposées « visent l'adaptation à des contenus et à des contextes réels d'utilisation », et soient par conséquent aptes à « appliquer et développer l'expérience européenne de recherche en didactique » (Dufresne 1993, p. 245). Parmi les outils offerts par la technologie actuelle, les logiciels hypermédiats offrent la possibilité de tisser toutes sortes de liens entre des concepts d'origines diverses, et permettent une manipulation puissante et aisée d'images. Ils apparaissent de ce fait comme des outils de communication particulièrement propices à la mise en œuvre d'une problématique de collaboration et de formation, sous la forme d'une aide à la résolution collective de problèmes.

un hypermédia  
pour  
l'apprentissage  
de la santé  
animale

Ainsi, le travail que nous présentons ici est tiré d'une recherche en didactique des disciplines scientifiques, dont la particularité est d'être centrée sur des activités professionnelles (Gay 1995). Si ces activités ne posent habituellement aucun problème particulier aux professionnels concernés, certaines situations résistent aux pratiques quotidiennes. Une remise en cause de ces pratiques est alors nécessaire, qui passe par un inévitable détour théorique. C'est alors que ces situations deviennent potentiellement riches en possibilités d'apprentissage. L'enjeu n'est plus alors d'accroître son expérience, mais d'accéder à un niveau supérieur de compréhension des phénomènes considérés.

une étude  
didactique  
centrée sur  
des activités  
professionnelles

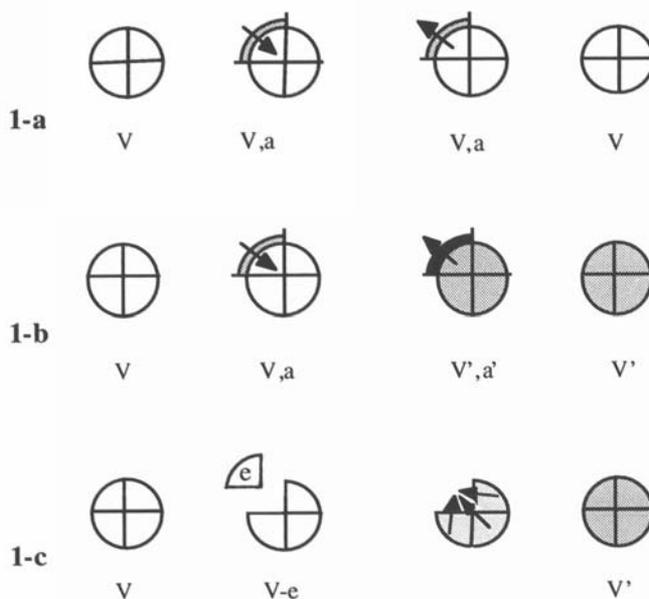
Notre propos est construit selon le principe des poupées russes. Au cœur de notre étude figurent les **savoirs biologiques**. Cette première approche, à caractère épistémologique, nous permettra d'en exposer quelques caractéristiques, essentielles du point de vue de notre sujet de recherche (paragraphe 1). Puis nous étudierons les spécificités d'une **activité de résolution coopérative de problème** mettant en jeu de tels savoirs : le diagnostic d'élevage (paragraphe 2). À un troisième niveau, nous verrons comment des **apprentissages** peuvent s'opérer au cours de cette activité (paragraphe 3). Enfin, nous montrerons comment un **hypermédia**, conçu sur la base de ces réflexions, peut influencer sur l'activité des utilisateurs, afin de favoriser ces apprentissages (paragraphe 4). À chacun de ces niveaux, nous porterons une attention particulière au **rôle spécifique de l'image**.

## 1. IMAGES ET SAVOIRS BIOLOGIQUES

### 1.1. Formes biologiques : du vivant au vécu

Il n'est pas possible de réduire la définition d'un être biologique à l'analyse de la frontière topologique qui le distingue de son milieu. Une telle frontière est franchie en permanence par des échanges de matière et d'énergie (fig. 1-a). Pour Bertalanffy, l'être biologique peut être vu comme *« un ordre hiérarchisé de systèmes ouverts dont la permanence est assurée par le truchement du mouvement d'échange des composants réalisés en vertu des conditions du système »* (Bertalanffy 1961, p. 173). Il devient alors un ensemble de parties soumis à un déterminisme susceptible de rejeter dans l'environnement les ajouts (fig. 1-b), et de régénérer les parties manquantes (fig. 1-c).

la frontière topologique ne suffit pas à décrire l'identité d'un objet biologique



**Figure 1.**

- 1-a.** Échange (a) entre un objet biologique (V) et son milieu  
**1-b.** Ajout (a) et élimination (a') relatif à un objet biologique, passant d'un état initial (V) à un état final (V')  
**1-c.** Lésion (e) et régénération d'un objet biologique

un être vivant tient compte de son milieu pour mieux s'en distinguer

Mais si l'être vivant était à chaque instant son propre déterminisme, il serait immuable, et insensible à son environnement, échappant alors aux processus de développement, de reproduction ou de maladie. Un individu tient compte du milieu extérieur pour établir sa cohérence interne, mais il en

tient compte précisément pour s'en distinguer. La relation / séparation entre l'individu et son milieu s'appuie à la fois sur une action interne (s'adapter) et sur une action externe (adapter son milieu). La constitution d'un milieu extérieur, et corrélativement de l'être biologique lui-même, relève d'un "comportement cognitif" par lequel « l'être vivant "connaît" son milieu extérieur ( et se "connaît" face à celui-ci), "connaît" donc par là-même la réalité physique » (Pichot 1991).

la reconnaissance des formes biologiques n'est possible qu'à travers un vécu

Cette connaissance biologique est au cœur de l'expérience de la maladie. La maladie prend, selon les individus, des formes variées, et se détermine moins par rapport à des normes que, selon la formule de Canguilhem, « par référence de l'individu à lui-même dans des situations identiques, successives ou variées » (Canguilhem 1966). En ce sens, il est impossible, pour objectiver la maladie, d'annuler la part (non mesurable ou non communicable) de l'expérience vécue par le malade. La maladie apparaît, dans ce contexte, comme un trouble du fonctionnement de l'organisme affectant son existence globale vis-à-vis du monde environnant. L'individu malade voit se réduire sa capacité à affronter le risque, l'aléa et, de ce fait, son environnement se rétrécit.

## 1.2. Images et discoursivité en biologie

seule une théorie préexistante permet une observation méthodique

L'homme développe une connaissance biologique dans le mouvement même par lequel il se constitue en tant que sujet et transforme son environnement. Il substitue alors à son environnement structuré par des lois physico-chimiques, un milieu extérieur structuré par des lois de comportement et par une connaissance commune plus ou moins discursive. Seule une théorie préexistante organisant la phénoménologie observée permet de structurer un comportement méthodique. Au-delà de la reproductibilité d'un phénomène, c'est le recours à une théorie qui permet de qualifier la cohérence d'un instrument exploratoire. La théorie peut être explicite et mathématisée, mais elle peut aussi être implicite et langagière. En effet comme le rappelle Thom :

« Une théorie fondée sur le langage, avec la taxinomie des phénomènes qu'elle comporte implicitement, offre déjà une base assez large à l'expérimentation dans toutes les sciences où l'on ne s'élève guère au-dessus du phénomène. » (Thom 1990, p. 628).

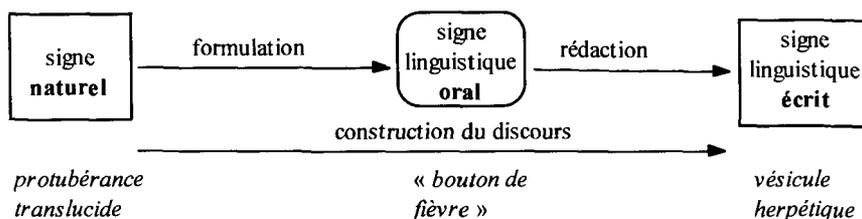
Souvent proche de l'expérience sensible, le savoir biologique ne peut que difficilement s'éloigner d'une logique langagière qui emprunte au vocabulaire commun. Dans la démarche scientifique, cette discoursivité des connaissances tend à évoluer d'un langage naturel vers un langage symbolique, tout en conservant l'indépendance des signes à l'égard des signifiés. Ces symbolismes spécifiques permettent ainsi de réduire, comme dans le cas de la physique, toute réalité vécue à des schémas abstraits (fig. 2).



**Figure 2. La discoursivité en physique**

les savoirs biologiques reposent sur un usage contrôlé de la langue naturelle

Or justement, la spécificité de la biologie est de ne pas nier le vécu dans sa recherche d'objectivation des phénomènes. Les différentes fonctions de la communication comme les aspects illocutoires de la parole sont à prendre en compte, soit dans un méta-langage, soit par un usage contrôlé de la langue naturelle (fig. 3).

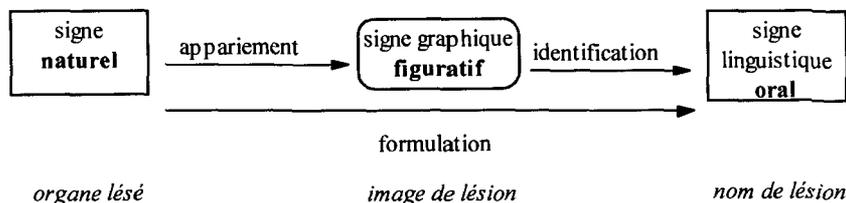


**Figure 3. La discoursivité en biologie**

le code iconique est un code faible

La substitution, en biologie, d'une iconographie à la langue écrite peut apparaître au premier abord comme cohérent avec le progrès général de la discoursivité dans l'expression scientifique. Mais, à la différence des codes symboliques (notamment ceux des langages graphiques scientifiques), le code iconique n'est que faiblement structuré (Eco 1972). En règle générale, un signe iconique peut perdre son sens s'il est isolé de son contexte : reconnaitrions-nous un lobe sans l'oreille qui le surmonte ? Seuls les énoncés iconiques, images porteuses d'informations contextuelles, fournissent un code donnant du sens aux éléments (les signes) qui les composent.

Cependant, si l'image ne peut faire office de langage symbolique, elle facilite, à travers des mécanismes d'appariement, l'identification des signes naturels, contribuant ainsi à la formulation orale, puis éventuellement écrite, des informations perceptives (fig. 4).



**Figure 4. Le signe figuratif comme aide à la formulation**

l'image permet  
un accès  
privilegié  
aux savoirs  
biologiques

Les savoirs biologiques ont pour objet l'étude des êtres vivants dont les formes, non mathématisables, sont appréhendées à travers la construction raisonnée d'un discours. En ce qu'il facilite cette construction, le signe iconique peut être considéré comme un moyen privilégié d'accès à ces savoirs.

Nous allons voir maintenant comment ces savoirs biologiques sont mis à contribution au sein d'une activité de résolution collective de problème : le diagnostic d'élevage.

## 2. IMAGES ET DIAGNOSTICS D'ÉLEVAGE

### 2.1. Catégorisation biologique et diagnostic

la mise en  
évidence  
des symptômes  
dépend  
de l'expérience  
de l'observateur

L'observation des symptômes, à travers un examen pratique, ne peut se faire correctement sans la maîtrise de concepts théoriques sur les troubles pathologiques. La mise en évidence des phénomènes significatifs tient beaucoup à l'expérience de l'utilisateur, et dans une certaine mesure, les symptômes peuvent être considérés comme autant de réponses que l'organisme donne aux questions de l'observateur.

*« Dans la pratique, nous procédons généralement de la façon suivante : à partir des faits acquis analytiquement, nous concevons une image de la totalité qui nous incite à nous poser d'autres questions et à poursuivre nos recherches, parce que nous trouvons toujours un désaccord entre cette image et les connaissances acquises par expérience. À partir de ces nouvelles connaissances, nous rectifions l'image de la totalité et ainsi de suite. Ainsi, par une progression dialectique, nos connaissances expérimentales nous permettent d'arriver à une appréciation toujours plus précise du caractère essentiel, à l'égard de l'organisme, des faits établis. » (Goldstein, 1934, p. 351).*

Le diagnostic n'est pas une activité de déduction, simple identification de phénomènes particuliers à des catégories nosologiques. Si le point de départ d'un diagnostic est une certaine façon de voir les choses, de les décrire, le point d'arrivée n'est pas tant un approfondissement, une façon de les interpréter, qu'un déplacement global dans la façon de les voir, de les décrire, de les interpréter. Il faut qu'une "signification" à l'égard de ce qui se passe dans l'organisme soit établie : quels sont les phénomènes qui ont une importance biologique ? Et quels sont ceux qui n'en ont pas ? Mais cette mise en évidence n'est pas fortuite, elle dépend de la façon dont l'observation peut, pour ainsi dire, se déployer sous le contrôle du langage. La langue naturelle est au cœur de la démarche, et elle seule paraît pouvoir préserver le caractère signifiant des phénomènes biologiques. Le recours à un symbolisme figuratif, loin de constituer une fin en soi, doit au contraire être considéré comme une étape

l'observation  
du vivant doit se  
déployer sous  
le contrôle  
du langage

facilitant l'expression langagière des connaissances : le passage à une langue orale, puis à une langue écrite.

## 2.2. Pathologie animale et environnement

Les maladies des animaux d'élevage, comme les maladies humaines, ont pu un temps être étudiées à partir de l'observation d'un nombre réduit de symptômes mettant en cause des dysfonctionnements biologiques isolables. Le diagnostic étiologique des maladies infectieuses reposait dans ce cadre sur l'identification des agents qui permettaient d'expliquer et de réduire toutes les formes pathologiques. Mais l'action thérapeutique peut difficilement être réduite à l'anéantissement d'un agent intermédiaire véhiculant une action pathogène. Celle-ci, initialement surprise, peut en effet réapparaître en empruntant un autre canal, voire en anéantissant en retour l'agent perturbateur injecté par l'expérimentateur : cela se voit dans l'apparition de la résistance aux pesticides et aux antibiotiques. Il paraît ainsi difficile de dissocier l'étude des maladies des processus biologiques sous-jacents. L'identification relève désormais d'une prise en compte d'un ensemble de symptômes divers, qui varient selon les circonstances de leur manifestation.

*L'écopathologie*, étude des états pathologiques du système d'élevage dans ses relations avec le milieu, s'efforce de prendre en compte l'ensemble le plus vaste possible de facteurs explicatifs des états sanitaires constatés. Cette approche élargit la conception épidémiologique traditionnelle qui privilégiait la notion de maladie accompagnée de son "cortège de facteurs favorisants". • *Dans le contexte de l'élevage intensif, où tout est prévu pour obtenir les meilleurs résultats, une approche par les circonstances (de circum, autour, et de stare, se tenir) s'avère plus séduisante car elle offre la possibilité d'une action rapide par une modification d'un environnement relativement standardisé.* • (Gagnière et al. 1991). La méthode de diagnostic utilisée conduit à la mise en évidence de facteurs de risque de telle ou telle affection, le risque étant la probabilité que survienne, à un moment donné, un événement ; et le facteur de risque, toute variable statistiquement liée à l'évènement étudié. Les troubles de santé sont devenus des unités abstraites, opératoires, qui sont définies non par un ensemble de propriétés intrinsèques, mais par un réseau relationnel de symptômes et d'indices.

## 2.3. Construction collaborative de diagnostic d'élevage

L'approche écopathologique de la gestion sanitaire des troupeaux repose sur un relevé systématique de paramètres environnementaux, dont on cherchera à maintenir la valeur en deçà de certains seuils : la variation de température ne devra pas excéder tant de degrés, la ration alimentaire ne

l'identification des agents pathogènes ne suffit pas à l'étude des maladies

l'écopathologie étudie les traits pathologiques des systèmes d'élevage dans leur relation avec le milieu

les compétences des vétérinaires, des éleveurs et des techniciens sont nécessaires au diagnostic d'élevage

de nouvelles pratiques professionnelles nécessitent la réintroduction de savoirs théoriques

la coopération interprofessionnelle demande une méthodologie et un langage communs

devra pas comporter plus de tant de kilogrammes de concentrés la veille du vêlage, etc. Ainsi, les compétences des multiples intervenants sur l'élevage sont mises à contribution : celles du vétérinaire bien sûr, mais également celles de l'éleveur, maître d'œuvre des pratiques retenues, et celles des techniciens spécialisés (bâtiment, alimentation, taille des onglons, etc.). Les maladies d'élevage, nous l'avons vu, sont aisément identifiables. C'est leur éradication qui pose problème, car elle repose sur une capacité à comprendre les mécanismes biologiques sous-jacents et à traduire cette compréhension par la correction des pratiques d'élevage. Ce qui implique que les professionnels concernés puissent parvenir à articuler des savoirs pratiques, utilisés quotidiennement, à des connaissances théoriques, peu maîtrisées car trop souvent déconnectées de la réalité quotidienne.

La réintroduction de savoirs théoriques au sein de pratiques professionnelles vise à raisonner non plus en terme de procédures (e.g., calcul d'une ration journalière de farine), mais en terme de concept (e.g., niveau d'alimentation optimal). Ce changement de perspective permet de passer d'une **connaissance externe**, instrumentale et prisonnière d'un dispositif technique, à une **connaissance interne**, innovatrice, opérant à partir de l'activité de symbolisation (Zarifian 1990). Par exemple, la compréhension du fonctionnement des mécanismes de digestion-assimilation permet de réfléchir sur des modes de distribution des aliments qui soient adaptés aussi bien aux contraintes des bâtiments d'élevage qu'au bien-être et au rendement des animaux.

Nous avons vu au paragraphe 1 en quoi l'utilisation des images favorisait l'accès aux savoirs théoriques, en terme de "contenus". Dans une perspective de coopération, ce renforcement des capacités individuelles doit également être accompagné par un renforcement des "moyens" de communication. Habituellement, les professionnels évoqués ci-dessus ne se croisent que rarement dans les élevages et n'échangent alors que des propos d'ordre pratique. Pour construire en commun un diagnostic, il leur faut aller plus loin et s'engager, chacun à leur manière, dans un dialogue sur les concepts mis en jeu. Pour cela, deux conditions doivent être réunies :

- d'une part, il faut une méthodologie commune d'investigation, pertinente pour chacun des partenaires ; l'écopathologie, à travers l'identification et la maîtrise de facteurs de risque, offre ce cadre méthodologique ;
- d'autre part, il faut surmonter les difficultés liées à l'emploi d'un langage spécifique, dont les termes, parfois trop techniques, ou au contraire trop polysémiques, sont source d'incompréhensions, voire de malentendus ; l'utilisation raisonnée d'images peut alors significativement contribuer à l'élaboration d'un discours compréhensible par tous.

### 3. IMAGES ET APPRENTISSAGE

#### 3.1. Situations de résolution de problèmes

l'activité de  
l'apprenant est  
au centre de tout  
apprentissage

Pour aborder la question de l'acquisition de connaissances relatives au diagnostic d'élevage, nous sommes conduits à nous placer, à la suite de Piaget et Vygotsky, dans une perspective constructiviste des mécanismes de l'apprentissage, centrée sur l'activité de l'apprenant. Cette activité doit permettre à celui-ci de changer de conceptions, mais également de comportements face au monde des phénomènes (méthodologie). Dans ce cadre, les savoirs mis en jeu ne sont réellement acquis que s'ils sont maîtrisés de façon autonome, sur un plan pratique (perception, gestuelle), symbolique (schématisation des phénomènes) et théorique (estimation des grandeurs, choix des principes et des lois).

*« C'est au travers de leur "mise en scène" dans des cas particuliers que concepts et principes ont une chance de devenir opérationnels, de ne plus être seulement des définitions ou des relations symboliques. C'est en ce sens que les activités de résolution de problèmes peuvent être un des moyens privilégiés de l'apprentissage conceptuel. »*  
(Dumas-Carré et al. 1989, p. 139).

une résolution  
de problème  
dont la solution  
est à "inventer"

Le diagnostic des maladies d'élevage vise à résoudre un problème dont on ne peut pas donner de solution *a priori*. Les solutions sont à inventer, au sein d'une démarche spéculative qui rejette les procédures au profit des conjectures (Langlois et al. 1995). Chaque cas est différent, même si la méthodologie qui organise l'investigation est prédéterminée. Ceci rompt avec les situations de résolution de problème dans l'enseignement, caractérisées par l'existence de solutions déjà connues, et par le fait que les apprenants sont supposés redécouvrir les procédures qui y mènent. Ici, il n'est pas suffisant de comprendre l'énoncé, il doit être relié aux phénomènes eux-mêmes. L'hypothèse diagnostique doit être construite, ce qui nécessite l'obtention de données fournies par l'observation, la mobilisation de références théoriques et la confrontation de ces informations avec une expérience personnelle de la maladie.

le modèle  
d'action pour  
l'apprenant  
est celui  
du chercheur

L'apprentissage d'une méthodologie de diagnostic ne peut donc s'envisager que **face au cas**, dans des situations "réelles" (i.e., non artificielles). Ces situations présentent des caractéristiques intermédiaires entre les situations purement didactiques, et les situations a-didactiques définies par Brousseau. Des apprentissages y sont visés, mais indirectement, l'activité principale étant la prise de décision. De même, si l'on peut parler d'une forte dévolution (il n'y a pas d'enseignant), le milieu ne permet pas une validation formelle des solutions apportées au problème (complexité et inertie du système d'élevage). Le modèle d'action, pour l'apprenant, ne saurait être celui de l'expert, mais plutôt celui du chercheur. L'apprentissage du diagnostic nécessite que

l'apprenant engage une démarche méthodologique d'investigation, qui articule des savoirs pratiques (manipulation, observation) et des concepts théoriques (fonctionnement biologique des êtres). Cette intégration des savoirs est le fruit de l'activité de résolution de problème. Elle prépare l'apprenant à affronter des situations plus complexes ou/et plus inattendues.

### 3.2. Lecture d'une image et articulation au langage

la lecture  
des images  
demande  
une expérience...

En soi, la lecture d'une image, comme celle d'une forme naturelle, est libre (1). Elle n'impose pas d'ordre, ni « *de marques d'énonciations qui manifestent les opérations de référence à exécuter* » (Jacquinot 1988, p. 605). Cependant pour que la lecture d'une image scientifique ne soit pas arbitraire, il existe un code de lecture essentiellement basé sur des conventions. « *Il y a une relation entre l'unité pertinente du système graphique et l'unité pertinente d'un système sémique qui dépend du codage préalable d'une expérience perceptive.* » (Eco 1972, p. 181). Comme le remarque si joliment Bruno Latour : « *ce n'est pas à l'œil nu que l'on voit [le] monde, mais à l'œil **habillé*** » (Latour 1985, p. 19).

mais elle reste  
subjective...

Nous avons assisté à une démonstration d'autopsies se déroulant sous un chapiteau à rayures rouges et blanches. Que penser alors des propos d'un clinicien qui expliquait : « *on peut identifier cette lésion grâce à cette coloration bordeaux* ». Si l'observation avait été faite dans une étable sombre, ou au contraire dans une salle d'autopsie vitrée, orientée au nord, la caractérisation n'aurait-elle pas changé ? La difficulté s'accroît encore lorsque la couleur doit être estimée sur un support artificiel (photo, écran...), car on ne saurait à coup sûr déterminer les transformations qu'elle subit alors. Or, cette subjectivité s'applique aux autres caractéristiques de l'image : taille et forme des éléments, luminosité, contrastes, etc. On peut citer en exemple l'absorption d'unités figurales par le fond de l'image, ou encore les phénomènes de Lyer-Muller, à savoir la mauvaise vision des longueurs ou des parallélismes due à la présence de lignes auxiliaires (Wackenheim 1987).

et doit être  
articulée aux  
autres formes de  
communication

Pour éviter les ambiguïtés, il importe que ce code soit systématiquement explicite : « *la mécanique elle-même de la perception [...] peut être considérée comme un fait de communication, comme un processus qui s'engendre seulement quand, par rapport à un apprentissage, on a conféré une signification à des stimuli déterminés et pas à d'autres* » (Eco 1972, p. 175). Comme l'écrit ou la parole, l'image est un "acte" de communication, vecteur d'une intention envers un locuteur (au sens d'Austin et Searle). Elle doit être articulée aux autres formes de communication pour pouvoir être détachée de son contexte. Le cas des connaissances anatomiques est à cet égard significatif. En anatomie, le

(1) À l'exception notable des mandalas tantriques, des codex aztèques, et dans une moindre mesure, des vitraux de nos cathédrales.

un outil  
hypermédia pour  
passer du signe  
naturel au  
langage, via  
un symbolisme  
figuratif

progrès de la discursivité passe d'abord par l'expression dans un langage graphique lié à la pratique chirurgicale (la planche). Mais l'enjeu est, dans un deuxième temps, la conceptualisation dans un langage naturel (le commentaire).

Du fait de la situation particulière de la biologie, nous avons vu que le recours à un symbolisme figuratif, loin de constituer une fin en soi, devait au contraire être considéré comme une étape facilitant l'expression langagière des connaissances : le passage à une langue orale, puis à une langue écrite. Nous allons maintenant analyser dans quelles conditions un environnement informatique hypermédia peut permettre une conceptualisation des connaissances en mobilisant des formes d'expression multiples, à la fois graphiques et symboliques. Partant d'une application relative aux problèmes locomoteurs de la vache, nous étudierons les fonctions idéographiques qui permettent d'atteindre une expression symbolique conforme aux exigences d'une démarche scientifique.

#### 4. LES IMAGES DANS L'HYPERMÉDIA MAMBO-VL

MAMBO-VL :  
Multimédia  
d'Aide à la  
Maîtrise des  
Boiteries des  
Vaches Laitières

*MAMBO-VL* est un logiciel hypermédia portant sur les problèmes de boiterie des vaches laitières (troisième pathologie en terme d'incidence économique, après les mammites et l'infécondité). C'est un outil d'aide au diagnostic, permettant la description de l'état pathologique d'un système biologique (le troupeau) dans un environnement donné (l'élevage). Cette approche collective par le troupeau n'est pas exclusive d'une approche individuelle par les animaux, mais inversement, elle ne peut pas s'y réduire. Le diagnostic d'un défaut dans le système d'élevage (ici les boiteries) permet une analyse des relations multifactorielles qui constituent la structure du troupeau. Cependant, ces relations ne mettent pas en cause uniquement des facteurs biologiques. Les déterminants physico-chimiques, mais aussi socio-économiques, sont essentiels. Ainsi, si l'usage du logiciel est pertinent dans des situations d'enseignement, il n'est pas limité à l'apprentissage d'une discipline biologique donnée. Il doit être envisagé dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire des systèmes biologiques.

Par les contenus techniques de sa base documentaire, cet outil est également un outil professionnel (Gay et Sabatier 1994) qui intègre notamment des savoirs liés aux métiers d'éleveur, de pédicure bovin ou de vétérinaire. Issue d'une confrontation de ces savoirs professionnels (2), une

(2) Le projet MAMBO, initié par l'Unité BioInformatique de l'École Vétérinaire de Lyon, est le fruit d'une collaboration au sein d'un réseau constitué d'organismes d'enseignement et de recherche, et de professionnels attachés à l'amélioration de la santé des troupeaux. Il associe le Centre d'Écopathologie Animale, des vétérinaires-prati-

un hypermédia  
pour  
l'enseignement  
qui soit aussi un  
outil professionnel

approche **écopathologique** des élevages est mise en œuvre. Des seuils, établis statistiquement, permettent par des mesures simples (hauteur d'une marche, kilos de pailles par vache et par jour, etc.) d'identifier la présence éventuelle de facteurs de risques, facteurs qui sont ensuite resitués dans un contexte général. Chaque catégorie de facteurs (longueur des onglons, hygiène, confort et alimentation) est également abordée en termes de conseils de prévention.

#### **4.1. Modularité et principes de navigation**

*MAMBO-VL* comprend quatre modules, pouvant être consultés indépendamment, ou simultanément.

- ***Le livre de l'éleveur***

des questions et  
des conseils sur  
les pratiques  
de l'éleveur

Pour chaque catégorie de facteurs de risque, le livre de l'éleveur propose une introduction, une série de questions et une conclusion en forme de conseils. Des schémas viennent parfois expliciter les questions sur la présence éventuelle de facteurs de risques, auxquelles on répond par Vrai ou Faux. Ce parcours, très "guidé" au regard des autres livres, se termine par un récapitulatif, que l'on peut imprimer, et qui peut également enrichir une base de données statistiques. Le livre de l'éleveur joue un rôle central dans la consultation de *MAMBO-VL*. Grâce aux seuils de détection des facteurs de risque qu'il présente, il suscite de vives discussions entre les utilisateurs, que se soit sur un plan pratique ou sur un plan théorique.

- ***Le livre du vétérinaire***

Loin d'être une encyclopédie médicale, ce livre est une sorte de synthèse des connaissances les plus opérationnelles concernant les principales maladies du pied. Il a été conçu avec beaucoup de rigueur quant au vocabulaire et aux catégories de description utilisées (définition, importance, étiologie et lésions).

- ***Le livre des techniciens***

Ce livre n'a pas encore été réalisé, mais son contenu devra couvrir les différentes techniques concernées par la maîtrise des boiteries : le parage (taille des onglons), l'alimentation (calcul des rations) et les bâtiments (normes à respecter).

---

ciens et des pédicures bovins. Une partie importante de la base documentaire est directement tirée du *Manuel de prévention des boiteries* édité par le Centre d'Écopathologie Animale.

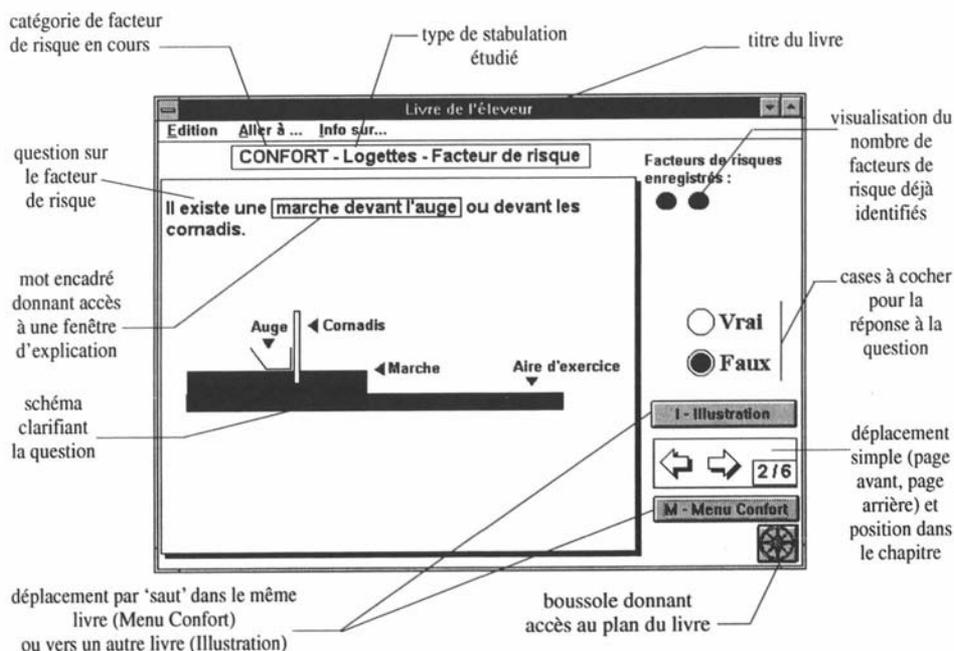


Figure 5. Une page-type du livre de l'éleveur

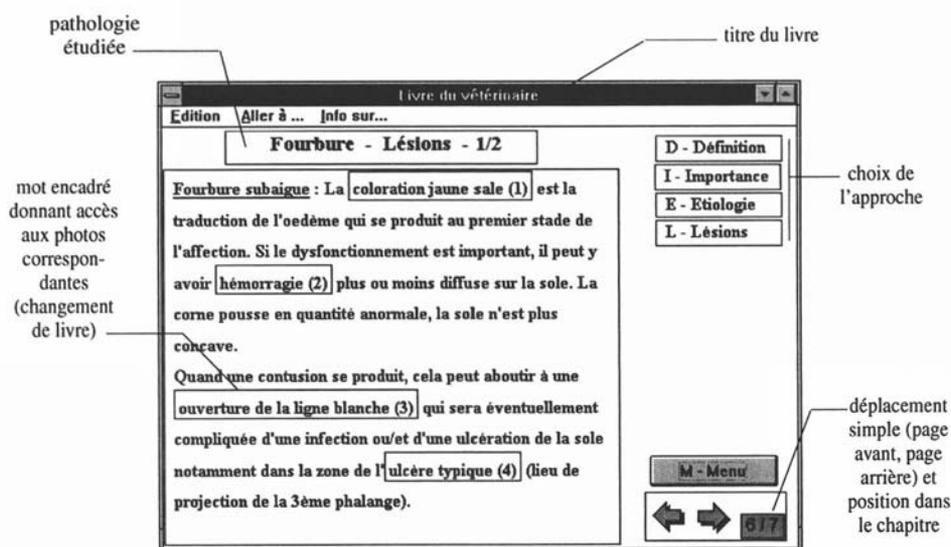
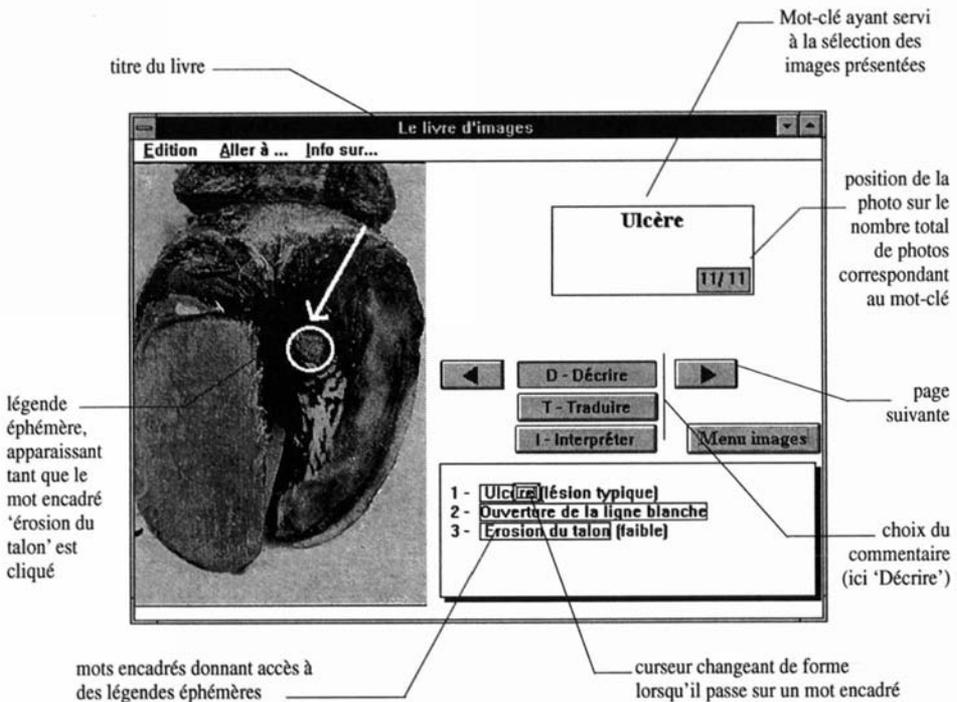


Figure 6. Une page-type du livre du vétérinaire

• **Le livre d'images**

une  
iconographie  
indexée,  
légendée et  
commentée

Ce livre peut soit servir d'iconothèque pour les autres livres, soit être consulté de façon autonome, grâce à un menu qui permet d'accéder à des images de lésion, de bâtiments (hygiène et confort) ou de pieds (anatomie, conformation, parage). Toutes les photos sont indexées par des mots-clés, qui servent de liens en direction des autres livres (si à une rubrique "lésion" du livre du vétérinaire, on clique sur le mot "hémorragie", on accède immédiatement aux photos d'hémorragie disponibles). Les photos de lésion sont systématiquement accompagnées d'un commentaire dont les termes ont été déterminés avec beaucoup de soin, dans un souci de normalisation.



**Figure 7. Une page-type du livre d'images**

L'iconographie initiale était disponible sous forme de diapositives, que nous avons numérisées sur un Photo-CD. Après transcodage en format informatique, nous avons traité les images de façon à les rendre les plus proches possible de la réalité. Nous n'avons pas cherché à contraster les zones intéressantes, ni à modifier certaines couleurs. Cela dit, malgré l'optimisation de la réduction de 16 millions en 256

couleurs (3), nous avons parfois été obligés de rééchantillonner certaines dominantes, au détriment des couleurs de fond.

une navigation  
assistée...

La navigation dans et entre les livres se fait par l'activation de zones sensibles, telles que des boutons, des flèches, des menus déroulants, ou des mots encadrés. Ainsi, le passage d'un livre à l'autre peut se faire par le menu ou par des liens déclenchés par certains boutons ou certains mots encadrés : on arrive alors à un chapitre spécifique, lié au problème en cours. Une touche permet à tout moment de revenir au livre précédent : on retrouve le livre précédent à la page à laquelle on l'a quitté. Un effort de simplification et de systématisation, ainsi qu'un recours à un système d'aide sur le fond (explications et calculs) et sur la forme (manipulation informatique) permet un usage spontané du logiciel. De plus, un bouton "boussole" permet d'accéder à un plan de l'architecture du livre, sur lequel est repérée la position des utilisateurs.

pour donner  
du sens à  
la consultation  
de l'outil

Afin d'aider les utilisateurs dans leur recherche d'informations, des liens de type hypertexte relient toutes sortes de données. Les questions concernant les facteurs de risque sont ainsi reliées à des données plus théoriques, concernant les différentes maladies, ou à des données techniques. Il existe également des liens avec la banque d'images. Cette liberté de navigation est par moments restreinte par un dispositif de guidage de l'utilisateur qui est défini à partir des procédures de diagnostic. Il est alors impossible d'éviter certaines questions, quelquefois délicates, qui sont rarement notées et qui sont de ce fait souvent omises lors de l'investigation. Ce guidage, dans le cadre d'une démarche de résolution d'un problème, fournit un fil conducteur aux utilisateurs et donne du sens à la manipulation. Il réduit les risques de désorientation de l'utilisateur, de type : « où je suis ? », « qu'étais-je en train de faire avant d'aller regarder cette image ? »

## 4.2. Interface idéographique

### • Ressources iconographiques

L'interface hypermédia permet une manipulation simple et puissante des images. Elle permet surtout d'insérer celles-ci au cœur d'un dispositif d'aide à la résolution de problèmes. Leur utilisation est alors intrinsèquement liée à la prise en charge d'une situation réelle qui résiste. Bien au-delà d'un simple rôle illustratif, les images acquièrent une signification autonome, fonction du contexte et du raisonnement qui les sollicitent. Ainsi, l'effort d'interprétation que nécessite la

---

(3) Cette limitation à 256 couleurs (imposée par la technologie actuelle des ordinateurs portables) pose essentiellement le problème de la variabilité des rendus selon la carte graphique utilisée.

l'image acquiert  
une signification  
dans le cadre  
d'une activité  
de résolution  
de problèmes

lecture des images n'est pas gratuit, mais constitue un maillon indispensable à la résolution d'un problème. Dans ce cadre, le dispositif informatique joue le rôle d'un centre de ressources répondant au critère si recherché de **juste à temps**. En effet, l'iconographie disponible n'est jamais imposée. Au gré de ses réflexions, l'utilisateur va choisir de "cueillir" ou non l'une des images disponibles. Ces images, selon le concept de Heidegger, figurent en arrière-plan, **sous la main**, et ne prennent de l'importance que lorsqu'elles permettent de répondre à un manque, à une lacune dans le raisonnement. L'image est inséparable de l'action à laquelle elle participe.

Par ailleurs, la mise à disposition de l'utilisateur d'une grande variété d'images permet d'enrichir sa vision d'une forme biologique dans le temps et dans l'espace :

l'informatique  
accroît  
les possibilités  
de manipulation  
des images...

- dans le temps, en montrant les différents stades d'évolution d'une même lésion ; celle-ci, selon qu'elle débute ou qu'elle soit en phase terminale, présente des caractéristiques très changeantes, bien que portant toujours le même nom ;
- dans l'espace, en montrant, pour une même lésion, différentes étendues, différentes gravités, ou tout simplement différents aspects dus au contexte de son apparition (selon l'animal, la pathologie concernée, l'existence ou non d'une médication, etc.).

L'ordinateur donne ainsi accès à une diversité importante de cas et permet à l'utilisateur de multiplier ses observations. Son intérêt, au-delà du fait de donner à voir "plus", est de permettre une mémorisation sur la base de comparaisons de structures symboliques, et pas seulement d'exemples particuliers. En situation de résolution de problème, il permet alors à l'apprenant de donner du sens à des variations d'aspect, même les plus minimes.

Cet avantage évident de la diversité, qui est dû à l'usage d'un logiciel hypermédia, ne doit cependant pas masquer la limite d'un tel dispositif. Il est clair que l'observation directe d'une situation réelle est beaucoup plus riche d'expériences sensorielles. La vision tridimensionnelle, l'odorat, l'ouïe, le toucher, la sensibilité kinesthésique, et la combinaison de ces perceptions produisent une information que la simple vision d'un écran est bien incapable de restituer. Or, c'est parfois une odeur particulière, ou un crépitement inattendu, qui va orienter la démarche exploratoire et constituer alors une donnée essentielle. L'outil informatique ne saurait en aucun cas se substituer à un apprentissage de l'observation directe. Il vient le compléter, de manière plus efficace que n'importe quel livre ou collection de diapositives. Il permet de rapporter des **images réalistes**, à l'intérieur desquelles les éléments significatifs sont plus ou moins masqués dans une surabondance de signes, à des **images prototypiques**, les "cas d'école", dont les traits les plus importants sont particulièrement visibles.

mais elle  
ne saurait se  
substituer à  
une observation  
directe

### • **Articulation image / texte**

pour résoudre  
la question de  
l'articulation  
entre texte  
et image...

La conception d'un hypermédia repose sur la construction d'un réseau de liens reliant toutes sortes d'informations, quelle que soit leur forme : textes, graphiques, images, sons, vidéos, etc. L'existence d'un lien explicite entre texte et image, entre code verbal et code iconique est essentielle, dès lors que l'image entre dans un processus de communication visant à l'apprentissage de références. Sauf dans le cas d'un exercice de reconnaissance (de type "autoévaluation" par exemple), une image ne doit jamais être livrée sans un commentaire précisant ce que l'on voit, ce qui est particulier, ce qui n'est qu'artefact, l'échelle, le contexte, etc. Le lien entre ce commentaire et l'image, autrement dit la **légende**, est malheureusement souvent absent dans les livres. Le lecteur peut alors ne pas repérer dans l'image ce qui est précisé dans le texte, ou, pire encore, se tromper d'objet dans l'image, ce qui peut être lourd de conséquences. Mais une légende systématique, même bien faite (ce qui est rare !), a aussi des inconvénients. D'abord parce qu'elle parasite l'image par des incrustations artificielles qui peuvent gêner le regard. Et surtout parce qu'elle rend évidente l'identification des objets désignés par le texte, là où le lecteur pourrait avoir besoin de réaliser qu'il est incapable de les repérer, le privant à coup sûr de toute possibilité d'apprentissage.

nous avons  
conçu  
un dispositif  
de "légendes  
éphémères"

La solution que nous avons imaginée, et que nous avons appelée *légende éphémère*, a été rendue possible grâce à l'informatique. Son principe, très simple, consiste à faire apparaître une légende correspondant à un mot du commentaire lorsque celui-ci est pointé par le curseur de la souris, et à la faire disparaître dès que ce mot n'est plus pointé. La légende est constituée d'éléments déictiques (des flèches, mais aussi le contour des objets, ou des surfaces, etc.). Ceci permet de laisser une image *a priori* vierge, tout en autorisant la création de légendes détaillées et très parlantes. La légende éphémère autorise une articulation texte-image, et permet de répondre aux interrogations de l'utilisateur, sous réserve cependant que des questions soient posées. Cela incite le lecteur à un comportement actif : bouger le curseur pour découvrir l'objet en question, ou éventuellement pour confirmer sa supposition.

### • **Normalisation des observations**

les trois temps de  
l'observation :  
description,  
traduction,  
interprétation

Le commentaire est construit en trois parties, correspondant à trois interrogations : "ce qu'on voit", "comment on l'appelle", et "ce qu'on peut en dire". Sur l'interface hypermédia, l'accès à ces trois étapes du commentaire est sous le contrôle de trois boutons de navigation, ce qui incite l'utilisateur à prendre conscience de ces distinctions, et à tenter de fournir lui-même ces informations avant de cliquer sur les boutons. Ce principe permet de prolonger aussi loin que possible la part objective de l'observation, car si la description peut être purement scientifique et positiviste, • *l'inter-*

prétation a un peu recours à l'art et à une forme d'objectivité qui réserve une large part au consensus » (Wackenheim 1987, p. 21). L'objectivation du commentaire en trois étapes peut être décrit à partir d'un exemple suivant (Cabanié 1993) (4) :

- 1 - la **description**, pour dégager les éléments significatifs de l'image :  
*ex. CŒUR (veau de 1 mois)*
  - . valvule auriculo-ventriculaire droite (tricuspide), cordages,
  - . deux kystes contenant du sang (diamètre : 0,3 cm) ;
- 2 - la **traduction**, pour nommer la ou les lésion(s) recon-  
 nue(s) :  
*ex. kyste hématique valvulaire ;*
- 3 - l'**interprétation**, pour répondre aux questions concer-  
 nant la fréquence, les causes et la signification patholo-  
 gique :  
*ex. . observation suffisante pour le diagnostic lésionnel,*  
*. observation fréquente chez le veau, non observée*  
*chez l'adulte,*  
*. anomalie congénitale des vaisseaux sanguins valvu-*  
*laires (ectasie),*  
*. pas de signification pathologique pour la conclusion*  
*nécropsique (absence de conséquences fonction-*  
*nelles et lésionnelles).*

la précision du  
commentaire est  
essentielle...

Au-delà d'une réflexion sur l'organisation de la lecture d'images, ce travail sur le commentaire fait apparaître les difficultés liées au manque de normalisation du langage employé. Par exemple, beaucoup de praticiens parlent d'hépatite dès qu'il s'agit du foie, alors qu'il peut s'agir d'une dégénérescence, et non d'une inflammation. L'utilisation de termes empruntés au langage courant, les rivalités d'écoles ou tout simplement de mauvaises habitudes se traduisent par des confusions, des approximations, et au bout du compte par des incompréhensions. Ainsi peut-on comprendre l'ironie d'un enseignant en pathologie du bétail à l'École Vétérinaire de Toulouse (Schelcher 1993) : « *Après bien des années de pratique, en voyant pour la première fois une noix de muscade coupée en deux, je me suis dit : tiens, on dirait un foie-muscade.* » (5)

La recherche d'une codification du vocabulaire de description doit rester pragmatique. Dans un domaine qui repose plus sur un consensus que sur des lois universelles, il est nécessaire de trouver une autorité reconnue, capable d'imposer son point de vue, mais qui puisse également prendre en compte un "déjà-là" plus ou moins fortement présent chez les apprenants. Ainsi, si les experts en anatomie patho-

(4) CABANIÉ P. (1993). Communication personnelle.

(5) Foie ayant subi une congestion passive, liée à une insuffisance cardiaque, et présentant des marbrures noires.  
 SCHELCHER F. (1993). Communication personnelle.

logique éprouvent la nécessité de préciser que la broncho-pneumonie interstitielle aiguë ne concerne que les cloisons entre les alvéoles et non les cloisons entre les lobules eux-mêmes, ce n'est pas toujours une distinction pertinente pour les futurs praticiens de terrain.

mais celui-ci doit rester compréhensible pour des "non-spécialistes"

La réflexion sur la normalisation du commentaire doit trouver sa place entre deux contraintes parfois contradictoires :

- d'une part, fixer un vocabulaire scientifique aussi rigoureux et précis que possible, gage que tout le monde parle la même langue ;
- d'autre part, choisir un vocabulaire accessible à des non-spécialistes, afin que ceux-ci puissent l'utiliser au quotidien dans leurs pratiques professionnelles.

## CONCLUSION

À défaut de modèles mathématiques, une approche théorique de la biologie doit être canalisée par l'expression linguistique elle-même (monographies, études de cas, locutions, etc.). L'image, dans la mesure où elle possède un code iconique, peut avoir un rôle décisif dans l'apprentissage des formes biologiques, en tant qu'aide à la traduction verbale des signes observés. Dans une perspective d'apprentissage du diagnostic d'élevage, le recours à l'image ne peut être dissocié ni de l'activité sémiotique, ni de l'activité motrice de l'apprenant. Aussi, l'utilisation d'un vecteur tel que les hypermédias doit être reliée à un enseignement **face au cas**, mobilisant simultanément les trois piliers de la démarche diagnostique : **perception, conceptualisation et action**. Ceci nous a conduits à privilégier une forme d'apprentissage qui soit proche de ce qui est pratiqué dans le compagnonnage, et qui caractérise également l'enseignement médical (e.g., le tutorat clinique).

l'image peut jouer un rôle décisif dans l'apprentissage des formes biologiques

L'hypermédia *MAMBO-VL*, en raison de sa conception, répond à ces différents critères. Il permet à ses utilisateurs de donner du sens à des données conceptuelles, manipulées au sein d'une activité très signifiante. Des dispositifs techniques, reposant sur l'utilisation d'images, favorisent les possibilités de compréhension (e.g., les légendes éphémères) et de communication (normalisation des commentaires). Si cet outil n'a pas encore été expérimenté du point de vue de la puissance opératoire de sa base iconographique (seule la pertinence de la démarche écopathologique et le développement de l'interaction dans le dialogue ont été mis en évidence), il existe une demande sociale pour ce type de produit. Cette demande émane notamment de professionnels ayant déjà engagé une réflexion sur le renouvellement de leurs pratiques.

*MAMBO-VL* répond à une demande sociale

Au total, l'efficacité du recours à l'image dans un environnement d'apprentissage dépend de la satisfaction de plusieurs

trois conditions pour un recours efficace à l'image

conditions relatives à la situation didactique : (a) une **articulation entre le code graphique** (défini sur les images) **et le code verbal** (les commentaires) doit permettre le passage de "ce que l'on voit" à "comment on l'appelle" puis à "ce que l'on peut en dire" ; (b) un guidage systématique doit orienter la collecte des signes dans le cadre d'une activité de résolution de problèmes (**étude de cas**) ; (c) la consultation de l'outil informatique doit s'insérer dans une situation d'apprentissage "face au cas" à travers une activité dialogique.

Alain GAY  
Philippe SABATIER  
Unité BioInformatique  
École Vétérinaire de Lyon  
Jean GRÉA  
LIRDHIST  
Université Claude Bernard Lyon 1

## BIBLIOGRAPHIE

BERTALANFFY L. von (1961). *Les problèmes de la vie*. Paris : Gallimard, 230 p.

CANGUILHEM G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF.

CLÉMENT P., SCHEPS R., STEWART J. (1995). "Une interprétation biologique de l'interprétation. 1 - Umwelt et Interprétation". Actes du colloque de Cerisy *Herméneutique, Textes et Sciences*. (sept. 94). Sous presse.

DUFRESNE A. (1993). "En guise de conclusion : hypermédias et apprentissage, perspectives". In : Baron, Baudé et La Passardière éditeurs, *Hypermédias et apprentissages*, Actes des deuxièmes journées scientifiques, Lille, 24-25 mars 1993, EPI - CUEPP - INRP, pp. 241-246.

DUMAS-CARRÉ A., CAILLOT M., MARTINEZ-TORREGROSSA J., GIL D. (1989). "Deux approches pour modifier les activités de résolution de problème en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse". *Aster* n° 8, pp. 35-160.

ECO U. (1972). *La structure absente*. (Édition entièrement revue de l'original : *La struttura assente* publié à Milan en 1968). Paris : Mercure de France. Section B : "Vers une sémiotique des codes visuels", pp. 170-257.

GAGNIÈRE J.-P., ANDRÉ-FONTAINE G., DROUIN P., FAYE B., MADEC F., ROSNER G., FOURICHON C., WANG B., TILLON J.P. (1991). "L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage". *INRA Productions Animales*, 1991, 4(3), pp. 247-256.

GARNIER M., DELAMARE V. (1985). *Dictionnaire des termes techniques de médecine*. 21<sup>e</sup> édition, Paris : Maloine, 873 p.

GAY A. (1995). *Étude didactique de situations de construction collaborative de diagnostics d'élevage. Intérêt des didacticiens hypermédias pour la communication interprofessionnelle et l'opérationnalisation des savoirs théoriques*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard de Lyon, 327 p.

GAY A., SABATIER Ph. (1994). *MAMBO-VL : Multimédia d'Aide à la Maîtrise de Boiteries de Vaches Laitières*. Brochure de Communication. École Vétérinaire de Lyon, 15 p.

GOLDSTEIN K. (1934). *Der Aufbau des Organismus*. Traduit en français : *La structure de l'organisme*. Paris : Gallimard (1951), 446 p.

JACQUINOT G. (1988). "Pas sage comme une image ou de l'utilisation des images en pathologie". *Bulletin de Psychologie*, n° 386, tome XLI, Juin-Août 88, pp. 603-609.

LANGLOIS F., GRÉA J., VIARD J. (1995). "Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas". *Enseñanza de las ciencias*, 13. Barcelona, pp. 179-191.

LATOURE B. (1985). "Les « vues » de l'esprit". *Culture technique*, 14. Neuilly : CRCT, pp. 4-29.

PICHOT A. (1991). *Petite phénoménologie de la connaissance*. Paris : Gallimard, 973 p.

PRIETO L. (1966). *Messages et signaux*. Paris : PUF.

SABATIER Ph. , FORESTIER J., MARZIN P. (1994). "L'élevage, le conseil et l'écopathologie. Résultats d'une approche didactique de situations de diagnostic d'élevage en production porcine". *Veterinary Research*, 25. Paris : Elsevier/INRA, pp.290-299.

THOM R. (1990). *Apologie du logos*. Paris : Hachette, 664 p.

WACKENHEIM A. (1987). *Perception, Commentaire et Interprétation de l'Image, par les Intelligences Naturelles et Artificielles*. Berlin : Springer Verlag, 119 p.

ZARIFIAN P. (1990). *La nouvelle productivité*. Paris : L'Harmattan, 212 p.