

RESPIRER, DIGÉRER : POINTS DE VUE DIDACTIQUES

Éllane Darot

«*Respirer, digérer : assimilent-ils ?*» en sous-titre à ce numéro on pourrait expliciter :

- qu'assimilent les élèves concernant la respiration et la digestion ?

- à partir de quoi assimilent-ils ?

à partir de quoi
les élèves
assimilent-ils ?

- quelles pistes peut-on proposer pour améliorer cette assimilation des connaissances ?

Tous les articles de ce volume donnent des réponses à une ou plusieurs de ces questions. Cependant on peut considérer que c'est la seconde - à partir de quoi assimilent-ils ? - qui est le plus largement traitée ici, elle se subdivise ainsi :

- à partir de quels éléments déjà présents dans leur esprit les élèves assimilent-ils ?

- à partir de quels éléments introduits dans l'enseignement ?

de leurs
représentations ?

L'étude des représentations ou conceptions des élèves d'une part, celle des manuels d'autre part - et d'une façon plus générale de la transposition du savoir savant - sont les sujets les plus développés dans ce numéro : ils répondent bien à ces deux dernières questions.

de leurs
manuels ?

Il est intéressant de noter que ces sujets se croisent dans tel article et que souvent en reviennent deux autres plus ou moins largement évoqués, qui eux-aussi se croisent avec les premiers ou entre eux, ce sont :

quelle place
pour l'histoire des
sciences et la
démarche
expérimentale ?

- la place de l'histoire des sciences dans la connaissance des concepts ;

- l'apprentissage de la démarche expérimentale à propos de ces concepts.

Aussi peut-on présenter les différents articles du thème au travers de ces quatre sujets.

Du côté des représentations ou conceptions

L'étude des représentations est au centre de quatre des six articles présentés.

conceptions sur
la respiration au
CM₂

Josiane Vuala fait un recueil précis des conceptions des élèves de CM₂ concernant la respiration pour évaluer ensuite l'impact d'un dessin animé sur l'évolution de ces conceptions. Ce recueil fait apparaître des obstacles inégalement surmontés en fin du dispositif d'apprentissage organisé autour du dessin animé.

Madeleine Paccaud insiste moins sur la collecte des représentations mais, dans la perspective d'un modèle pédagogique constructiviste, elle développe encore plus que sa collègue le travail de confrontation et d'auto-analyse à partir

en Troisième... des conceptions qui se révèlent ainsi de véritables «leviers d'apprentissage» du concept de respiration abordé dans cet article par des élèves de Troisième.

pas si différentes En comparant ces deux contributions on remarque que la différence de niveau scolaire des apprenants ne se traduit pas par une différence significative des conceptions : on retrouve, par exemple, en Troisième comme au CM₂ l'idée que les deux poumons ont chacun un rôle différent. Les conceptions sont tenaces !!

un autre conception qui persiste C'est ce constat qui est illustré de façon éclatante par Pierre Clément. Il interroge une population d'âges différents (à partir de la Troisième) sur le devenir d'un litre de bière dans l'organisme entre le moment où il est absorbé et celui où il est rejeté (en partie) dans l'urine. L'idée d'une «tuyauterie continue digestion-excrétion» se révèle alors très persistante dans les réponses. L'auteur propose une hypothèse à l'origine de cette conception : l'expérience personnelle ; cette dernière était déjà évoquée pour un autre cas par Josiane Vuala : «l'établissement d'une relation entre rythme respiratoire et rythme cardiaque au cours de l'effort physique a tendance à faire croire à l'enfant que l'air va dans le cœur, fait battre le cœur...»

l'expérience personnelle à l'origine de certaines conceptions

À travers une deuxième question concernant l'alcootest Pierre Clément montre que deux conceptions contradictoires peuvent être juxtaposées chez une même personne, ceci mettant en évidence que des connaissances acquises ne sont mobilisées parfois que dans certaines situations.

C'est aux conceptions des enseignants et non plus à celles des élèves que s'intéresse Éliane Orlandi dans son article, et il ne s'agit plus de conceptions à propos d'une fonction de nutrition comme précédemment, mais à propos de la démarche expérimentale, le point de vue est donc très différent. L'hypothèse est faite que les conceptions de chaque enseignant dans ce domaine, conditionnent les pratiques de classe mises en place et on peut l'imaginer les conceptions des élèves sur cette même démarche, mais ce dernier point n'est pas développé par l'auteur.

les conceptions des enseignants sont aussi dignes d'intérêt

Du côté de la transposition du savoir savant

Si l'enseignant est le porte-parole de cette transposition, l'autre intermédiaire privilégié entre le savoir savant et l'élève, voire entre le savoir savant et l'enseignant lui-même, est le manuel. D'où l'intérêt d'analyser ce type d'ouvrage pour recueillir des données précises sur la transformation de l'objet scientifique en un objet d'enseignement à travers la transposition didactique.

transposition du savoir savant dans les manuels...

C'est dans cette perspective que Michèle Grosbois, Graciela Ricco et Régine Sirota ont étudié les chapitres concernant la respiration dans les manuels du second cycle avant et après la réforme Haby. Elles constatent que les connaissances ont été effectivement actualisées après cette réforme mais que

analysée à propos de la respiration dans le second cycle...

demeurent certaines caractéristiques et certaines lacunes qui rendent difficiles des acquisitions vraiment solides et modernes sur la construction du concept de respiration et en particulier sur sa composante expérimentale.

et à propos de la digestion dans le premier cycle

Dans son article Marie Sauvageot-Skibine examine les livres de Sixième et de Troisième sur un sujet plus limité : comment abordent-ils la signification finale de la digestion ? Cette question est surtout développée à travers des schémas dans les manuels de Troisième. Là encore, on peut mesurer la distance entre le savoir savant et le savoir qui risque d'être retenu par l'intermédiaire de ces représentations iconiques soit inductrices de confusion entre digestion chimique et digestion mécanique, soit incomplètes.

la vulgarisation scientifique dans un dessin animé

La transposition du savoir savant se fait aussi par le biais de la vulgarisation scientifique, la série de dessin animé «*Il était une fois la vie*» en est un exemple. Ce type de document fait appel à des procédés - anthropomorphisme, fiction - qui risquent de le faire rejeter par nombre d'enseignants attachés à la sacro-sainte rigueur scientifique ; cependant beaucoup d'enfants sont amenés à le visionner hors du contexte scolaire, il est donc intéressant d'évaluer objectivement son impact sur les élèves en l'insérant dans une séquence pédagogique. Tel est le but que s'était fixé Josiane Vuala en travaillant sur un épisode de cette série consacré à la respiration avec deux classes de CM₂. En comparant les pré-test et post-test du dispositif mis en place, elle précise les rôles négatifs ou positifs de différents éléments de l'épisode (images, commentaires) dans la perspective de l'évolution des conceptions des élèves.

apprentissage à partir de cette transposition au CM₂

Du côté de l'histoire des concepts

l'histoire des sciences dans les manuels

L'intérêt de l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique est une évidence pour les didacticiens : elle permet d'aborder l'épistémologie, de faire comprendre à l'élève le fonctionnement de la «Science», c'est-à-dire comment évoluent les connaissances dans un domaine déterminé, permettant ainsi une construction progressive (mais non linéaire) et toujours en question des concepts. Dans cette optique on peut s'interroger sur l'importance de l'histoire des sciences dans les manuels, aussi un des trois axes de l'analyse des manuels réalisée par Michèle Grosbois, Graciela Ricco et Régine Sirota correspondait à cette interrogation. Le bilan effectué montre qu'il y a encore beaucoup de chemin à faire...

histoire des sciences et analyse du concept

Si connaître l'histoire d'un concept est utile pour l'élève, il l'est encore plus pour le professeur dont les connaissances acquises à ce sujet, strictement lors de son cursus universitaire, sont très limitées, Marie Sauvageot-Skibine met en lumière l'importance voire la nécessité de cette étude historique pour le concept de digestion.

Du côté de la démarche expérimentale

la démarche expérimentale essentielle à la construction de la respiration et de la digestion...

L'histoire des sciences nous montre que la construction des concepts de respiration et de digestion est étroitement liée à l'expérimentation. A cette constatation générale, on peut en ajouter une, bien particulière celle-ci : en classe de Troisième, c'est en étudiant la digestion que se présente la meilleure occasion (et pratiquement la seule) de faire à la fois travailler par les élèves la démarche expérimentale et à la fois de les faire manipuler. Ces deux constatations sont à l'origine des deux traitements de la démarche expérimentale dans ce numéro.

son traitement dans les manuels

Michèle Grosbois, Graciela Ricco et Régine Sirota ont recherché comment était présentée cette démarche dans les manuels qu'elles ont analysés.

et dans une séquence pédagogique

Éliane Orlandi en interrogeant cinq professeurs sur leur façon de conduire, en Troisième, la séquence relative à la digestion in vitro d'un aliment par la salive, avait pour but de dégager les différentes dominantes qui apparaissent dans les conceptions de ces enseignants sur la démarche expérimentale.

fidèle à son fonctionnement réel ?

Dans ces deux articles la question sous-jacente est la même : dans quelle mesure ces traitements de l'expérimentation peuvent-ils permettre aux élèves une approche valable et pertinente de la démarche expérimentale telle qu'elle fonctionne dans la science où se construit ?

des contributions pour un modèle pédagogique constructiviste

Au regard des sujets abordés dans ce numéro à propos de son thème central, on peut noter que toutes les facettes de l'exploration didactique de ce thème n'ont pu être traitées ou développées : certaines comme l'analyse de la matière en rapport avec la réalisation de trames conceptuelles, ne sont qu'évoquées, elles feront l'objet d'articles ultérieurs. D'ores et déjà les analyses présentées ici, qu'elles concernent des manuels ou des dispositifs pédagogiques, sont des contributions à la réflexion sur un enseignement de la respiration et la digestion qui s'inscrit dans un modèle constructiviste.

Éliane DAROT
Collège «Louis Lumière» Marly-le-Roi
Équipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP

LE RÔLE D'UN DESSIN ANIMÉ DANS L'ÉVOLUTION DES CONCEPTIONS D'ÉLÈVES SUR LA RESPIRATION

Josiane Vuala

Cet article se propose d'étudier l'évolution des conceptions d'élèves de Cours Moyen sur la respiration à la suite du visionnement d'un épisode du dessin animé "Il était une fois la vie" et de jeux autour d'images extraites de ce dessin animé.

Considérant l'impact sur un jeune public, dû à la forme motivante de ce document de vulgarisation scientifique, il était légitime de se demander si ce dessin animé ne pouvait pas aussi être utilisé comme un outil didactique susceptible de favoriser la construction de connaissances scientifiques chez les élèves.

Comment l'utiliser ? Quelles situations didactiques mettre en oeuvre ? Qu'il s'agisse de visionnement intégral, partiel, ou de manipulation d'images fixes, la méthode utilisée est toujours la méthode pré-test/post-test.

Sans prétendre apporter des réponses définitives, ce travail rend compte d'analyses de situations de classes dans lesquelles le dessin animé permet à des élèves de dépasser certains obstacles repérés lors de l'analyse de leurs conceptions et peut servir de structurant théorique permettant de mieux armer des observations ultérieures. Et même s'il introduit de nouveaux obstacles, c'est peut-être le prix à payer par rapport aux gains réalisés pour dépasser les premiers obstacles plus fondamentaux !

un document de
vulgarisation
scientifique
conçu pour un
large public...

L'utilisation d'un dessin animé de vulgarisation scientifique (V.S) dans l'enseignement pose le problème de l'utilisation de l'image en pédagogie. Comme le dit M. Tardy (1973), "il y a un double rejet de l'image par le pédagogue, en ce qu'elle a à voir avec la technique et surtout avec l'imaginaire". Les caractéristiques d'un bon documentaire selon M. Guille et J. Ueberschlag (1988) seraient de montrer le réel, ne pas faire d'anthropomorphisme, ne pas utiliser la fiction. Or, l'un des malentendus sur lesquels reposent bien des pratiques pédagogiques, c'est de "croire qu'il suffit d'être documentaire, c'est-à-dire non fictionnel pour être éducatif et servir un projet pédagogique" G. Jacquinet (1985). Mais n'importe quelle image, de par son statut d'image, n'a-t-elle pas une dimension fantasmatique ?

Un autre problème tout aussi important est celui de la motivation du public auquel s'adresse la V.S. Cette dernière doit trouver les moyens qui intéressent les destinataires. Le dessin animé "Il était une fois la vie"* en est un, s'adressant au

* "Il était une fois la vie" Série française de dessin animé de 26 épisodes de 26 minutes. Scénario et réalisation Albert BARILLÉ. Production Procidis.

départ à tout public (diffusé sur la chaîne publique de télévision FR3). Mais si l'on se dit que l'enseignement a le même problème à résoudre, n'est-il pas légitime alors de se demander si ce dessin animé ne peut pas aussi être un outil pour l'école avec une interférence possible entre :

- un projet pour grand public avec des objectifs larges et multiples mais délivrant un message central, celui du triomphe de la biologie moléculaire,
- et des projets pédagogiques plus ciblés et plus limités qui doivent désormais "faire" avec ce dessin animé, et qui peuvent aussi peut-être l'utiliser comme outil didactique : le problème posé est celui du comment l'utiliser, à quelles conditions ?

... peut-il aussi viser le public scolaire ?

Notons au passage qu'ici se noue l'une des principales difficultés de l'image en pédagogie : que faut-il déjà savoir pour extraire de l'image un nouveau savoir ? Que faut-il y mettre pour en retirer quelque chose de plus ? La richesse d'une image est corrélative de ce qu'on sait en exploiter ... Il peut sembler paradoxal de parler presque exclusivement d'images à propos d'un document audiovisuel mais c'est un choix délibéré à la suite du constat de l'impact de ces images sur les élèves. Cependant, nous nous intéresserons aussi à la partie son du document, en particulier au vocabulaire scientifique et à son influence sur les élèves.

Regarder une représentation imagée, c'est essayer de la comprendre, c'est en faire une lecture qui met en jeu un ensemble d'opérations intégrées. Si le spectateur "sait" déjà en venant à l'image, les éléments caractéristiques lui sautent aux yeux et se pareront des vertus de l'évidence, mais s'il pénètre dans ce monde imagé, démuni, sans savoir préalable pour orienter son regard, structurer sa pensée ... c'est bien là la situation dans laquelle se trouve l'élève : que regarder, que retenir de ce flot d'informations apparemment disparates qu'il ne peut raccrocher à aucun système explicatif cohérent ? Il est peu probable que les éléments théoriques émergent tout seuls d'une simple observation comme le voudrait l'inductivisme naïf mais nous savons aussi que l'élève n'est pas une page blanche qu'il convient de remplir et qu'il possède des "représentations", "des conceptions" face aux concepts enseignés. Et si nous considérons que ses conceptions sont déjà des constructions mentales à partir de ses propres observations et théorisations, il nous semble qu'une confrontation entre pairs avant visionnement, le fameux conflit socio-cognitif, permet de les rendre conscientes, permet l'élaboration d'un questionnement sur leur validité, d'une sorte de théorie momentanée, d'hypothèse que la lecture du dessin animé pourra confirmer ou infirmer.

Il s'agit donc de montrer dans quelle mesure ces images fictionnelles :

- par les connaissances scientifiques auxquelles elles se réfèrent,

- par les procédés de visualisation utilisés pour rendre visible l'invisible, rendre figurables des concepts par essence abstraits,
- par les situations didactiques qu'elles permettent d'aménager,

sont susceptibles de permettre une évolution des conceptions des élèves et de constituer une aide à la construction des connaissances.

Y a-t-il ou non dans ce dessin animé des éléments visuels et sonores capables de permettre à certains élèves de dépasser les obstacles repérés lors de l'analyse des conceptions ? N'y en a-t-il pas qui risquent de créer de nouveaux obstacles ? Les activités de manipulations d'images extraites du dessin animé, palliant le problème de fugacité des images animées, facilitent-elles, par les mises en relation active des images les unes par rapport aux autres, une meilleure appropriation des savoirs ?

C'est par rapport à ces objectifs qu'ont été aménagés les dispositifs suivants.

1. DISPOSITIFS MIS EN PLACE

Les activités ont été conduites successivement dans deux classes de CM2 qui n'avaient jamais travaillé sur le projet au cours du cycle moyen ; il faut ici rappeler que le travail sur la respiration à l'école élémentaire est essentiellement réalisé dans les deux dernières années comme le préconisent les instructions officielles de 1985 et les compléments à ces mêmes instructions parues en 1986.

Dans ce travail, nous avons toujours utilisé la méthode pré-test/post-test : les "conceptions" des élèves sont recueillies au début du travail puis après la projection du dessin animé (directement ou quelques séances plus tard) afin de pouvoir mesurer les effets du document sur leur évolution.

Le travail se fait le plus possible sous forme de questionnaires individuels, ce qui alourdit considérablement la tâche mais nous paraît être la meilleure manière d'étudier l'évolution de chaque enfant.

Dans la classe A comme dans la classe B, le démarrage du travail est identique :

- recueil des "conceptions" sur les trajet de l'air dans le corps, selon des méthodes précisées plus loin,
- confrontation collective des conceptions et émergence de problèmes formulés collectivement,
- visionnement du dessin animé (épisode intégral) comme un outil susceptible d'apporter des éléments de réponse.

A partir de là, les choses sont différentes dans les deux classes.

classe A (28 élèves)

- nouveau questionnaire et post-test

deux exemples
de démarches

- visionnement d'un extrait de l'épisode ne retenant que le trajet de l'air
- questionnaire sur les lieux traversés : où va l'air ?
- nouveau visionnement du même extrait enrichi de la phase cellulaire et questionnaire sur le devenir de l'oxygène, l'origine du gaz carbonique.

Le dessin animé est toujours utilisé ici en séquence d'images mobiles, le travail des élèves sur l'image, outre le travail d'observation au moment du visionnement, est toujours un travail sur des images mentales, des souvenirs d'images...

Les élèves de cette classe ayant éprouvé de grosses difficultés à trouver dans le dessin animé les points de repères leur permettant de faire des mises en relation entre les images, nous pensons que la manipulation d'images fixes extraites de l'épisode, leur remise en ordre chronologique, l'écriture de textes explicatifs en relation avec ces images, sont peut-être de nature à aider l'enfant dans l'appropriation des savoirs contenus dans le document. C'est ce que nous proposons à la classe B.

Classe B (27 élèves)

- remise en ordre des images fixes extraites du dessin animé (travail par petits groupes)
- remise en ordre et écriture de textes en relation avec les images (travail individuel)
- mise en relation de ces images avec un réel palpable : une fressure d'agneau après ouverture des bronches et des bronchioles
- post-test.

2. QUELQUES OBJECTIFS DE CONNAISSANCES AU COURS MOYEN À PROPOS DU CONCEPT DE RESPIRATION

La lecture des Instructions Officielles et des manuels de Cours Moyen permet de lister un certain nombre d'objectifs a priori.

Nous les formulerons de façon globale, leur écriture précise se faisant après le repérage des obstacles. Il s'agira pour l'élève :

de la mécanique ventilatoire à la notion d'échanges et de transformations

- de prendre conscience que la respiration se caractérise par des échanges gazeux entre le corps et le milieu extérieur ;
- de savoir situer et représenter les différentes parties de l'appareil respiratoire ;
- de mettre en relation rythme respiratoire, rythme cardiaque et activité ;
- d'établir le lien entre poumons et organes : l'oxygène est transporté par le sang jusqu'aux organes:

- de construire la relation entre le fonctionnement des organes et l'élimination du gaz carbonique dans l'air expiré.

C'est en fonction de ces objectifs que nous choisirons de poser telle ou telle question plutôt que telle autre pour le recueil des conceptions, que nous organiserons le débat autour de ces conceptions. Nous sélectionnerons les extraits les plus adaptés de l'épisode ainsi que les images fixes qui répondent à ces objectifs et négligerons certaines informations qui correspondent à d'autres notions, par exemple toute la partie immunitaire.

3. INFORMATION RAPIDE SUR LE DESSIN ANIMÉ

3.1. Quelques données

"Il était une fois la vie" est une série française de dessins animés découpée en 26 épisodes de 26 minutes chacun, sur le fonctionnement du corps humain. Elle est destinée aux enfants et aux parents sans précision d'âge apportée par le concepteur/réalisateur, A. Barillé.

une représentation anthropomorphique du fonctionnement du corps

L'auteur souhaite sensibiliser les jeunes sur des questions fondamentales de la vie et pour ce faire, il choisit de privilégier l'échelon cellulaire et moléculaire. A ce niveau, chaque constituant du corps humain est personnifié. Chaque épisode est construit autour d'une petite histoire mettant en scène des enfants.

Le succès de ce dessin animé est incontestable comme en atteste le rapport Giordan-Souchon (1990).

3.2. Les notions véhiculées par l'épisode

L'épisode "respiration" utilisé ici véhicule un grand nombre de notions. Seules celles correspondant aux objectifs définis précédemment ont été retenues.

- Notions de **relation** corps /environnement :
 - * différents types d'agressions de l'environnement sur le corps :
 - par des substances : poussières, fumée du tabac,
 - par des "vivants" : bactéries, virus ;
 - * leur action sur le corps :
 - mécanique : anesthésie de la motilité des poils,
 - chimique : destruction des défenses ;
 - * réactions du corps :
 - rôle mécanique des poils, de la toux, de l'éternuement,
 - rôle des défenses chimiques : anticorps au niveau de amygdales, antitoxines des lymphocytes, interféron, macrophages.
- Notion de **trajet de l'air** et de **chronologie des lieux** traversés par une bulle d'oxygène.

un grand nombre de notions

donc des choix
nécessaires de
l'enseignant

- Notion de **concomitance des phénomènes** dans l'organisme : tandis que de l'oxygène circule dans les poumons, de l'oxygène est véhiculé par le sang jusqu'aux cellules, du gaz carbonique circule dans le sang et d'autre gaz carbonique est libéré dans les alvéoles...
- Notion d'**échanges** :
 - * avec l'extérieur : notion de complexité de l'air,
 - * entre l'air et le sang,
 - * entre le sang et la cellule.
- Notion de **transport** des gaz respiratoires par les globules rouges (notion mécaniste).
- Notion de **transformation** au niveau cellulaire.
- Notion d'**évolution des globules rouges** (jeunes-vieux).
- Notion d'**hygiène et de santé** : pratique sportive et corps sain, fumeurs et corps en piteux état.

4. RECUEIL DES CONCEPTIONS AVANT VISIONNEMENT

4.1. Différentes méthodes utilisées

Dans les deux classes, le travail sur le thème de la respiration a été abordé à la suite d'un travail en EPS, soit de type endurance soit de type natation, qui a permis aux élèves de prendre conscience des phénomènes de ventilation pulmonaire et des relations entre rythme respiratoire et rythme cardiaque.

Trois méthodes sont utilisées pour faire émerger les conceptions :

- un test graphique individuel

La consigne donnée aux élèves est la suivante : *"dessine le trajet de l'air dans ton corps quand tu respires et ce qu'il devient"*

- un test individuel sur la signification de mots

Seize mots extraits de l'épisode "Respiration" du dessin animé sont proposés aux élèves afin de recueillir leurs conceptions avant visionnement ; nous ne retiendrons ici que les explications relatives à six d'entre eux plus spécialement centrés sur le problème du trajet de l'air et de son devenir. Il s'agit des mots : oxygène - gaz carbonique - bronches - alvéoles pulmonaires - cellules - globules rouges. Pour chacun d'eux les élèves devaient choisir entre trois propositions possibles selon le tableau suivant :

trois méthodes
pour recueillir les
représentations
des élèves

<i>tu ne l'as jamais entendu</i>	<i>tu l'as déjà entendu mais tu ne sais pas ce qu'il veut dire</i>	<i>tu l'as déjà entendu, tu sais ce qu'il veut dire, tu l'expliques</i>
----------------------------------	--	---

- un entretien collectif

Cet entretien a comme support les "représentations graphiques précédentes".

4.2. Conceptions repérées grâce à l'analyse des représentations graphiques

L'ensemble du travail a été réalisé avec les deux classes citées précédemment : une classe A de 28 élèves et une classe B de 27 élèves.

une grande variété de systèmes explicatifs

Pour la clarté de l'exposé, nous avons centré l'analyse autour de quatre pôles qui pourraient être les points d'ancrage de quatre niveaux de formulation du concept :

- la respiration est un échange d'air avec l'extérieur,
- la respiration est une circulation d'air à travers certains organes selon un trajet déterminé,
- la respiration se traduit par des transformations à l'intérieur du corps : l'air a un devenir,
- la respiration a une fonction vitale.

- la respiration est un échange d'air avec l'extérieur

* Les entrées et sorties d'air

Le nez et la bouche se voient attribuer des rôles différents :

- rôle spécifique pour chacun : "l'air entre par le nez" - "l'air sort par la bouche" ;
- deux rôles pour un même organe : "l'air entre et sort par le nez" - "l'air entre et sort par la bouche" ;
- ou des rôles identiques : "l'air sort par la bouche et le nez".

On pourrait penser qu'il s'agit simplement d'oublis au moment de l'exercice graphique, que les élèves savent bien que l'air peut entrer indifféremment par l'un ou l'autre des orifices, en fait il n'en est rien et l'entretien permet de s'assurer que les enfants ont de grosses difficultés à concevoir un fonctionnement théoriquement identique pour le nez et la bouche, en liaison avec leur vécu corporel : "le plus souvent, on inspire par le nez, on sort par la bouche" - "moi, j'avale tout le temps l'air par la bouche" ...

à la recherche des conceptions dans la lecture des dessins

Si nous regardons statistiquement les résultats obtenus dans chacune des classes, un peu moins du tiers des élèves ne représentent pas l'alternance entrée/sortie d'air, un peu plus des deux tiers ont l'idée que l'air entre dans le corps et en ressort.

* Les deux temps de la respiration

Certains élèves n'ont pas idée de ces deux temps, l'air entre dans le corps mais ne ressort pas. Quand les deux temps sont explicités, ils le sont de plusieurs façons :

- par deux dessins : "l'air rentre - l'air sort",
- par des flèches aller-retour, parfois de couleurs différentes,
- par des mots "rentre" "sort" "aspire" "expire" ...

Un seul élève sur les deux classes utilise correctement les mots "inspire" "expire".

Les associations curieuses sont nombreuses :
 "inspirer-désinspirer" "respirer-relâcher" "expirer-souffler"
 "avaler-recraché" "aspirer-respirer" "respirer-expirer..."

*** Les changements perceptibles liés aux deux temps de la respiration**

"Les poumons se gonflent et se dégonflent" - "ils se plissent et se déplissent".

La cage thoracique n'est jamais représentée, le diaphragme une seule fois ; par contre poumons et coeur sont dessinés dans des états différents.

On peut consigner dans un tableau les résultats comparés dans les deux classes :

Les 2 temps	non matérialisés	2 dessins	flèches	mots	poumons dans 2 états =
nombre d'élèves Cl. A	6	4	5	17	3
nombre d'élèves Cl. B	10	5	6	14	5

Il faut indiquer que certains enfants utilisent plusieurs codages en même temps.

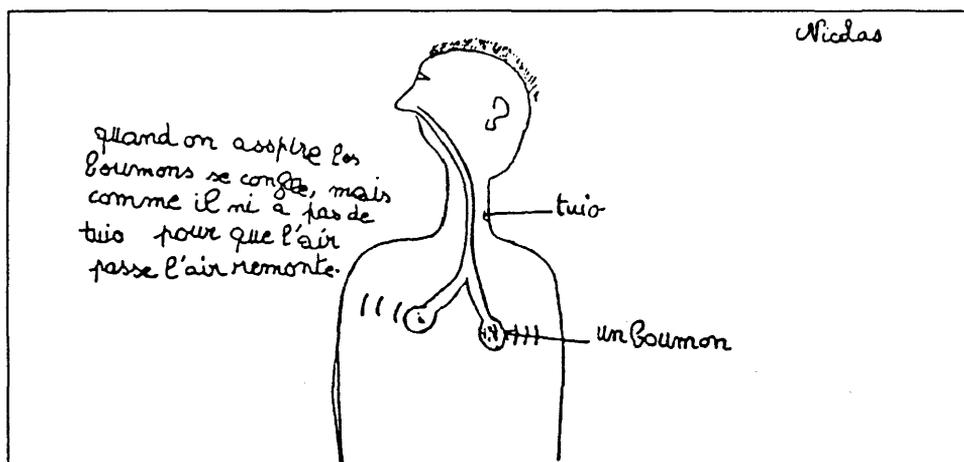
- La respiration est une circulation d'air à travers certains organes selon un trajet déterminé

Presque tous les élèves ont une idée de l'existence de poumons, (26/27 dans la classe B sont capables de les nommer, 22/26 dans la classe A). Quelques-uns représentent uniquement un système de tuyauterie sans organe différencié, deux élèves seulement dans la classe A.

Le trajet de l'air est explicité de différentes manières :

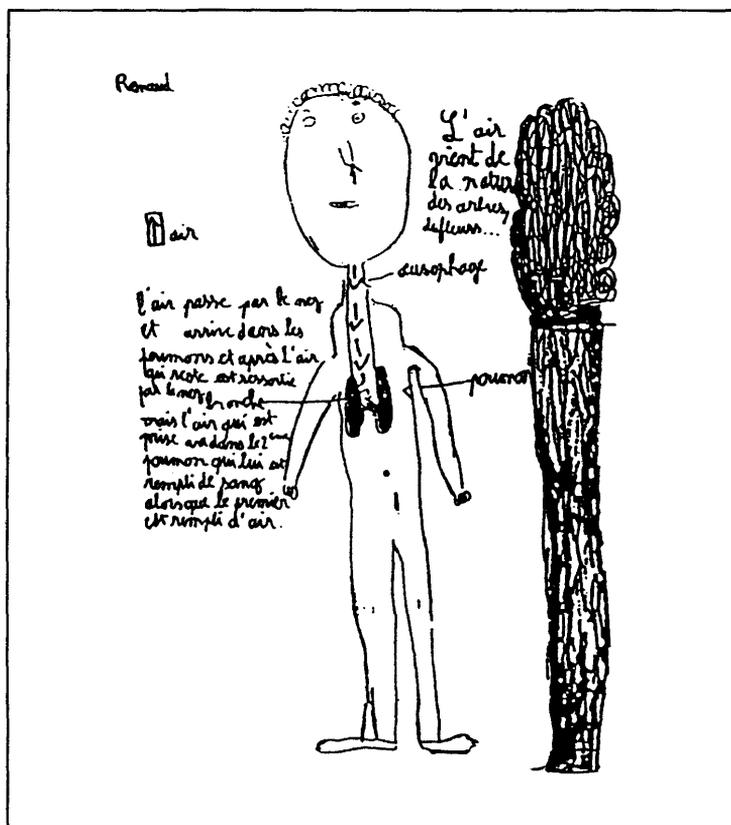
- l'air va dans les poumons seulement :

Nicolas explique pourquoi l'air s'arrête aux poumons.



"Quand on aspire, les poumons se gonflent, mais comme il n'y a pas de tuyau pour que l'air passe, l'air remonte"

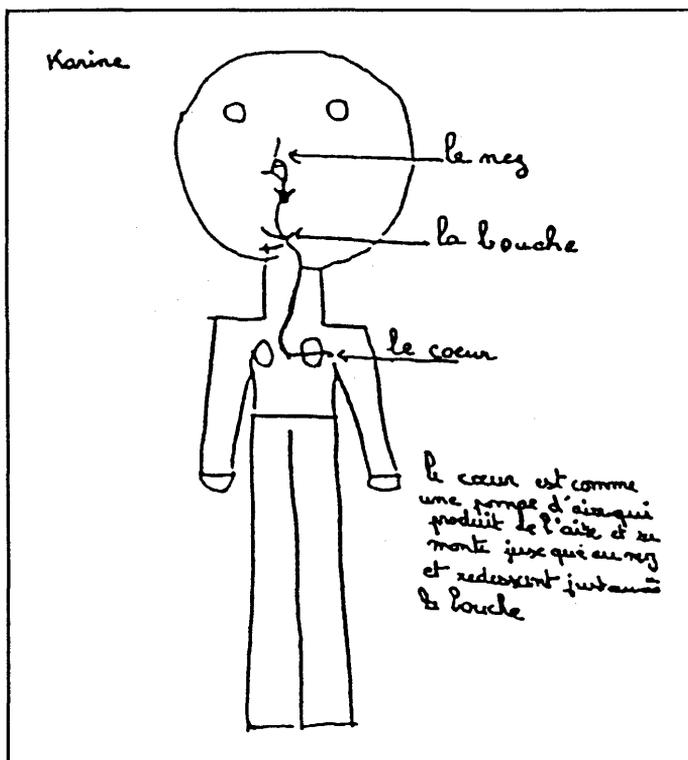
Renaud pense que l'air va bien dans les poumons mais il différencie le rôle des deux poumons.



“L'air passe par le nez et arrive dans les poumons et après l'air qui reste est ressorti par le nez mais l'air qui est pris va dans le deuxième poumon qui, lui, est rempli de sang alors que le premier est rempli d'air”.

- l'air passe par le coeur selon des schémas explicatifs très variés
- l'air passe par le tube digestif
- l'air vient du coeur :

Karine pense que le cœur produit de l'air



"Le cœur est comme une pompe d'air qui produit de l'air et se monte jusqu'au nez et redescend jusqu'à la bouche".

- l'air va dans tout le corps : 2 élèves dans la classe B.

où va l'air	dans les poumons seulement	aussi dans le cœur	dans le tube digestif	dans le corps
nombre d'élèves : Cl. A	17	4	2	0
nombre d'élèves : Cl. B	18	6	1	2

Les trajets représentés sont de plusieurs types : aller/retour - cyclique - à sens unique...

Nous avons essayé de représenter schématiquement sur une même planche tous les types repérés. Cela permet d'avoir une vue globale de la diversité des représentations des élèves mais avec une perte certaine quant à la richesse des représentations individuelles. S'il est intéressant de remarquer que les représentations des enfants de même âge se ressemblent beaucoup au point que l'on peut être tenté de définir des catégories, il faut cependant ne pas oublier que chaque conception résulte d'une construction personnelle et a donc un caractère d'unicité.

QUEL EST LE TRAJET SUIVI PAR L'AIR DANS NOTRE CORPS ? Élèves de CM2

<p>A. Pas d'indication de trajet</p>	<p>B. l'air produit par le coeur</p> <p>nez bouche coeur</p> <p>"le coeur est comme une pompe d'air qui produit de l'air et ça monte jusqu'au nez et redescend jusqu'à la bouche."</p>	<p>C. Deux circuits indépendants</p> <p>entrée d'air sortie d'air</p>
<p>D. Trajet choix 1 bon poumon ou 1 mauvais poumon selon la nature de l'air (oxygène ou fumée)</p> <p>poumon coloré en bleu poumon coloré en rouge</p>	<p>I. Trajet aller-retour avec poumons</p> <p>• 2 schémas</p> <p>"remplis d'air" "vides"</p> <p>"gonflés" "dégonflés"</p> <p>• 1 schéma et des flèches</p> <p>↑ air coeur</p>	
<p>G. Trajet aller-retour jusqu'au coeur</p>	<p>I. Trajet aller-retour sans poumons</p> <p>l'air passe dans les tuyaux et est recraché</p> <p>bord du corps</p>	
<p>II. Trajet aller-retour par le sang</p> <p>l'air passe par le sang pour aller au poumon</p> <p>le poumon garde l'air et rejette le mauvais</p>	<p>I. Trajet cyclique par les poumons</p>	
<p>J. Trajet cyclique avec coeur</p> <p>coeur</p> <p>coeur</p>	<p>K. Trajet complexe</p> <ul style="list-style-type: none"> - aller-retour pour l'air qui reste" - cyclique pour l'air qui est pris "va dans le 2ème poumon rempli de sang" <p>poumon plein d'air poumon plein de sang</p>	
<p>L. Trajet sans retour</p> <ul style="list-style-type: none"> - par l'oesophage (poumons non indiqués) - par l'oesophage les poumons l'estomac - vers les poumons - vers les poumons par les veines 		

- La respiration se traduit par des transformations à l'intérieur du corps : l'air a un devenir

Huit dessins font état de transformations dans la classe A, 4 dans la classe B.

Elles se situent alors soit au niveau du poumon :

"l'air passe dans un poumon, ensuite il passe dans l'autre poumon, il se transforme en gaz carbonique"- "l'air est aspiré par les poumons, il se transforme et ressort",

soit au niveau du cœur :

"le poumon donne l'air au cœur qui rejette le gaz carbonique".

On rencontre l'idée de tri :

"le poumon garde l'air et rejette le mauvais".

Les deux poumons ont des fonctions différentes : un garde "le bon air", l'autre rejette "le mauvais air" - "l'oxygène va dans le bon poumon, la fumée dans le mauvais".

L'air quitte les poumons soit par un "trou pour évacuer l'air partout dans le corps", soit par "un tuyau pour que l'air puisse partir dans le corps".

- La respiration a une fonction vitale

Les élèves lient "respiration" et "vie", ils associent aussi respiration et fonctionnement cardiaque : "on respire pour que notre cœur bat" - "l'oxygène aide le cœur à battre".

Quelques enfants entrevient un rôle énergétique : "on respire pour s'alimenter en oxygène qui est convertie dans le corps en énergie"- "quand on court, on respire pour que l'air brûle et nous fasse avancer".

4.3. Conceptions explicitées à travers la séance d'échanges collectifs sur les représentations graphiques

Cette séance a eu lieu dans chaque classe mais les remarques rapportées ici sont exclusivement issues du décryptage de la cassette enregistrée dans la classe A. L'entretien n'a pas été enregistré dans la classe B.

Les élèves sont regroupés autour du tableau sur lequel sont affichés tous les dessins. Ils s'expriment sur ce qui les frappe ou les interroge. La maîtresse intervient pour aider à la formulation de questions quand le débat reste contradictoire.

- A propos des échanges d'air

E - "Quand on va sous l'eau, il paraît que c'est par les trous de la peau que l'air rentre".

Pour cet enfant, l'idée d'absence d'inspiration même limitée est inconcevable et elle met en relation une expression courante : "la peau respire" avec un constat : sous l'eau, nez et bouche sont non fonctionnels.

l'explicitation des représentations et la naissance du conflit cognitif

D'autres orifices sont proposés par les élèves :

E - *Moi, l'air sort par les yeux.*

E - *Quand on expire, on peut pas inspirer.*

E - *Y aurait deux tuyaux, on pourrait ; mais comme il n'y en a qu'un, on peut pas.*

E - *Il y en a un qui se partage.*

E - *Il y a peut-être un tuyau pour le nez et un pour la bouche.*

E - *Un qui va dans un poumon et l'autre dans un autre poumon.*

E - *Moi chez le médecin, on m'a mis un tuyau éclairé dans le nez et ça éclairait la bouche, donc ça se rejoint.*

E - *Quand on veut respirer par la bouche, ça respire aussi par le nez.*

Les enfants ont des difficultés à concevoir qu'entre ces deux orifices et les deux poumons, il n'y ait pas deux tuyaux différents ! Ils interrogent leur vécu ...

- A propos du trajet

E - *L'air va dans le nez, puis va dans un poumon puis ressort dans le deuxième poumon.*

E - *L'air passe dans le nez, descend dans l'oesophage puis dans un poumon plein d'air puis dans le poumon plein de sang.*

E - *Ça va dans les poumons, le coeur est relié aux poumons, le coeur y pompe du sang.*

Les élèves précisent la façon dont ils s'expliquent ce trajet et cherchent à le justifier par rapport à des constats de vie quotidienne :

E - *Le coeur et les poumons ont un rapport parce que quand on court et qu'on est essoufflé le coeur bat plus vite.*

E - *Ça va dans les deux poumons parce que des fois quand on expire, le ventre se dégonfle.*

E - *L'air va aussi dans l'estomac, y a un tuyau ... quand on mange un chewing-gum, y a de l'air dans l'estomac, quand on fait des bulles.*

A partir de cette remarque, on se rend compte que les élèves sont naturellement amenés à brancher les poumons sur le trajet du tube digestif, il y a bien là une conception cohérente et fonctionnelle...

- A propos du devenir de l'air

E - *Y a un mauvais poumon et un bon poumon.*

E - *Qu'est-ce qui fait le tri ? Le cerveau ? Un filtre ?*

E - *L'air il se transforme, y a un filtre qui sépare l'air et le gaz carbonique.*

Les élèves ne savent pas bien expliquer ce qui se passe mais en fonction de l'opposition de sens qu'ils attribuent aux mots oxygène et gaz carbonique, ils sont conduits à imaginer un système de filtre qui garde ce qui est bon et rejette ce qui est mauvais, soit sous forme de deux poumons assurant chacun un traitement différent de l'air, soit en faisant jouer ce rôle au coeur : "le poumon donne l'air au coeur qui rejette le gaz carbonique".

4.4. Conceptions à travers les explications de mots

Ce test a été réalisé uniquement dans la classe A.

Les résultats obtenus au test "explication de mots" sont consignés dans le tableau ci-dessous, récapitulant le nombre de réponses de chaque catégorie par rapport à l'effectif de la classe : 28 élèves. Le total de chaque ligne horizontale n'est pas toujours égal à 28, la différence correspond au nombre de non-réponses.

A travers les explications fournies par les élèves, nous pouvons repérer un certain nombre de conceptions qui viennent compléter celles déjà apparues dans les "dessins".

	<i>jamais entendu</i>	<i>entendu non expliqué</i>	<i>entendu expliqué</i>
<i>oxygène</i>	1	0	27
<i>gaz carbonique</i>	1	8	19
<i>bronches</i>	1	20	5
<i>alvéole pulmonaire</i>	12	13	1
<i>globules rouges</i>	2	20	6
<i>cellule</i>	3	19	5

Oxygène :

L'explication la plus largement répandue, c'est l'assimilation de l'oxygène à l'air respiré.

L'oxygène est nécessaire pour vivre, c'est quelque chose de bon pour l'organisme.

Certains enfants évoquent son origine : "transformé par les plantes", "fabriqué par le soleil".

Quelques enfants définissent l'oxygène comme un composant de l'air ou par opposition au gaz carbonique.

Gaz carbonique :

L'idée la plus répandue est celle de quelque chose de nocif.

Certains assimilent gaz carbonique et air expiré. A propos de l'origine, c'est de l'oxygène transformé, du gaz produit par les voitures, ou une fabrication du poumon.

Globule rouge :

Le mot est peu expliqué ; six enfants seulement tentent une explication : un seul lie globule rouge et oxygène, deux l'associent à défense du corps, un les situe dans le sang, un autre dans la gorge.

Bronche :

Le mot est assimilé à un lieu :

"dans le ventre" "la gorge" "elles relient les deux poumons"

ou à la pathologie :

"la bronche, c'est comme une sorte d'arbre qui se referme quand on tousse".

Cellule :

Peu de choses semblent construites à partir de ce mot : élément du corps : *"c'est dans le cerveau" ayant un rôle particulier "c'est grâce à ça qu'on a de la mémoire".*

Alvéole pulmonaire :

Une seule explication fait référence aux abeilles.

5. RECHERCHE ET DÉFINITION DE QUELQUES OBSTACLES A PARTIR DE L'ANALYSE DES CONCEPTIONS

On peut essayer d'analyser les conceptions en terme d'obstacles, de difficultés que les élèves risquent de rencontrer en sachant bien que tous ces obstacles comme le dit J.-P. Astolfi (1989), sont chose normale, ils sont constitutifs des mécanismes d'apprentissage et doivent être envisagés de manière dynamique.

Ils sont absolument indispensables à détecter si l'on veut pouvoir se fixer comme objectif de travailler à leur dépassement.

Nous avons donc essayé d'en repérer quelques-uns ici, mais la liste est loin d'être exhaustive.

- Difficulté à concevoir que deux orifices différents aient la même fonction : entrée et sortie possible de l'air par le nez et/ou par la bouche.
- Difficulté à concevoir que les deux exemplaires d'un organe (poumons) puissent exercer la même fonction.
Les élèves leur attribuent deux fonctions différentes : chaque poumon est relié à une narine, un des trajets servant aux entrées, l'autre aux sorties ou bien un poumon traite le bon air, l'oxygène et l'autre le mauvais air : gaz carbonique ou fumée.
- Difficulté à concevoir que quelque chose qui se gonfle ne soit pas creux et puisse avoir des fuites.
Les élèves se représentent les poumons comme des sacs pleins d'air et ne peuvent concevoir une fuite quelconque à travers ces sacs. Cette conception de "réceptacle" est pour beaucoup d'enfants un obstacle à la notion d'échange, d'où leur explication : l'air ressort des poumons par le même chemin. Certains enfants imaginent d'autres voies possibles, un tuyau branché au bout du sac ou un orifice, un "trou", permettant de relier le ou les poumons avec "le corps", "le cœur", "l'estomac"...

caractériser les difficultés que les élèves rencontrent à un niveau donné

- L'établissement d'une relation entre rythme respiratoire et rythme cardiaque au cours de l'effort physique a tendance à faire croire à l'enfant que l'air va dans le coeur, fait battre le coeur...
Le vécu va jouer ici en même temps le rôle d'obstacle et celui de facilitateur de construction par rapport à la liaison coeur-poumons.
- Difficulté à concevoir que tout ce qui entre par la bouche ne va pas exclusivement dans le tube digestif.
Certes de l'air pénètre dans les voies digestives comme en témoignent les bruits du corps (rots, pets) mais ce n'est pas le trajet de l'air qui "sert à respirer".

6. ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DES ÉLÈVES DANS LES DIFFÉRENTES PHASES PROPRES A LA CLASSE A

6.1. Les différents dispositifs mis en place du pré-test au post-test

- Recueil des conceptions

Ce recueil s'est effectué selon les techniques indiquées

- sous forme de représentations graphiques
- sous forme d'entretien
- sous forme d'écrit à travers les explications de mots.

Le rôle de cette séance de confrontation, outre l'explicitation par les élèves de leurs conceptions, est d'ébranler leur conviction profonde, de les interroger sur ce qui leur paraît a priori comme une évidence. Au cours de la séance, un certain nombre de questions sont formulées et laissées au tableau :

Par où entre l'air dans notre corps ? Par où sort-il ? Où va l'air ?

- *va-t-il aux poumons par les veines ?*
- *va-t-il dans les deux poumons en même temps ?*
- *va-t-il dans un poumon puis dans l'autre ?*
- *va-t-il dans l'estomac ?*
- *passé-t-il par l'oesophage ou la trachée ?*
- *va-t-il dans le coeur ?*

Y a-t-il un bon poumon et un mauvais poumon ?

Y a-t-il un rapport entre poumon et coeur ?

Y a-t-il transformation de l'air dans le corps ?

du pré-test au post-test, quelles activités ?

- Visionnement de l'épisode intégral du dessin animé

Aucune consigne spécifique n'est donnée aux élèves. L'observation des élèves au cours de la projection montre que la durée relativement longue de la séquence ne provoque chez eux aucun signe de fatigue.

• Activités des élèves après la projection

Le travail se déroule sur deux séances :

1ère séance :

- impressions affectives des élèves après projection
- réponses individuelles par rapport au tableau de questions de la séance de confrontation.

<i>à quelles questions le dessin animé te permet-il de répondre ?</i>	<i>quelles réponses le dessin animé te permet-il de donner à ces questions ?</i>	<i>dans le dessin animé, qu'est-ce qui t'a aidé à trouver ces réponses ?</i>
---	--	--

2ème séance :

- post-test sur les mots : la même liste est proposée,
- post-test sur les représentations graphiques : "peux-tu dessiner à nouveau le trajet de l'air dans ton corps et ce qu'il devient ?"

• Présentation d'un extrait de l'épisode

De nombreuses confusions repérées par rapport aux lieux nous amènent alors à proposer aux élèves de voir le document par éclairages successifs :

- d'abord le trajet de l'air de l'extérieur aux alvéoles ; cette lecture guidée du document va permettre de situer les lieux chronologiquement et de poser la question du devenir de l'oxygène et de l'origine du gaz carbonique ;
- dans un deuxième temps, nous proposons le même trajet de l'air avec insertion de la phase cellulaire.

Dans les deux cas, l'histoire immunitaire est supprimée au maximum.

comment
faciliter la lecture
du dessin
animé ?

6.2. Analyse des résultats

• Analyse des réponses aux questions

Il n'est pas possible ici de donner les résultats détaillés de ce travail ; nous ne retiendrons donc que les plus pertinents.

Par rapport au problème des entrées et des sorties d'air, certains passages du dessin animé semblent avoir joué un rôle particulièrement efficace, bien que les deux temps ne soient jamais montrés successivement et que l'accent soit mis sur les entrées d'air dans le corps. Douze élèves explicitent clairement que l'air peut entrer ou sortir indifféremment par le nez ou par la bouche, les autres se contentent encore de décrire des images partielles ne permettant de construire que certains éléments de la réponse recherchée. Les images auxquelles les élèves font référence, associent la fonction d'un orifice à un événement particulier : entrée par la bouche et école buissonnière des bulles d'oxygène - entrée par la bouche et course dans un espace plein de poussière : la fille se bouche le nez - sortie par la bouche et essoufflement du fumeur après un court effort...

En ce qui concerne la question “où va l'air?” et les différentes propositions faites lors de la séance de confrontation, les élèves arrivent à différencier ce qui est montré ou dit dans le dessin animé de ce qui ne l'est pas ; ainsi 100% des enfants pensent que le document ne permet pas de dire si l'air va dans l'estomac ou dans l'oesophage ; par contre les images ne sont pas toujours bien interprétées : l'air va aux poumons par les veines pour 5 élèves sur 28 qui font référence à *“l'arrivée des globules rouges dans les poumons”* et qui ne semblent pas avoir compris la chronologie des événements. Il est vrai que la phase cellulaire intercalée sur le trajet de l'air n'est pas compréhensible par les élèves qui n'ont aucun référent notionnel.

L'image incrustée des deux poumons sur le thorax de la fille en train de courir joue un rôle explicatif moins important que ce qu'on était en droit d'attendre : 4 élèves seulement y font référence, 5 autres évoquent d'autres images pour affirmer que l'air va dans les deux poumons en même temps.

3 enfants pensent que l'air va dans le coeur, car *“on le dit dans le document : c'est là au coeur de la cellule que se fait la vraie respiration, la transformation de l'oxygène en gaz carbonique”*. Un enfant avait déjà représenté le coeur dans son premier “dessin”, pour les deux autres c'est une découverte et le coeur apparaîtra dans le deuxième “dessin”. Il est intéressant de remarquer que 15 enfants feront aller l'oxygène dans le coeur dans leur deuxième représentation contre 4 seulement avant visionnement, alors qu'ils ne cochent pas la question *“l'air va-t-il dans le coeur?”* comme trouvant des éléments de réponse dans le dessin animé.

A la question : “y a-t-il transformation de l'air dans le corps” 21 élèves trouvent une réponse positive dans le document, alors que 8 seulement le signalaient dans les premières représentations. Les images auxquelles ils font référence sont des images montrant des changements :

- de couleur (globules oranges devenant rouges - boules transparentes : O₂ devenant bleues : CO₂)
- de fonction (chargement/déchargement des globules)

• Analyse des résultats au test des mots

Certains mots semblent avoir pris du sens après visionnement : c'est ce qui ressort de l'analyse des réponses rassemblées dans le tableau comparatif des résultats aux tests I et II (voir ci-contre).

Globule rouge :

22 enfants donnent du sens à ce mot au test II contre 6 au test I : 16 enfants trouvent donc des explications dans le dessin animé.

Alvéole :

6 élèves trouvent des explications à ce mot dans le dessin animé.

Gaz carbonique :

6 élèves de plus peuvent expliquer le mot.

mots	jamais entendu		entendu non expliqué		entendu expliqué	
	I	II	I	II	I	II
oxygène	1	0	0	1	27	27
gaz carbonique	1	0	8	3	19	25
bronches	1	2	20	16	5	8
alvéole pulmonaire	12	3	13	16	1	7
globules rouges	2	0	20	5	6	22
cellule	3	5	19	16	5	4

Pour les trois autres mots, il n'y a pas de différences significatives.

Peut-on tenter de fournir quelques explications à ces résultats ? Les mots sont peu prononcés dans le dessin animé ; "globule rouge" est nettement en tête des mots qui prennent du sens. Il n'est cité qu'une seule fois dans le dessin animé mais sa présence imagée est très forte de même que pour "gaz carbonique". Le mot "cellule" qui est le plus cité (6 fois) est peu expliqué par les élèves, une explication serait que le dessin animé se soucie peu en fait du concept de cellule et donne surtout vie aux phénomènes moléculaires !

Le dessin animé par certaines images accompagnant les mots semble permettre aux enfants une première appropriation : c'est en tout cas évident pour les globules rouges et leur rôle de transporteurs de gaz. Certains mots au contraire ne sont pas entendus : c'est le cas de cellule, mot inconnu associé à un mot connu : cœur dans l'expression "le cœur de la cellule". L'image de la cellule sera donc interprétée comme une image du cœur, ce qui pour certains enfants est une confirmation de leur conception antérieure.

• Analyse comparée des représentations graphiques 1 et 2

Un seul enfant fait une deuxième représentation strictement identique à la première.

Pour tous les autres, nous pouvons noter des changements plus ou moins significatifs.

Evolution du trajet et du rôle des poumons

Ce qui frappe quand on compare les deux représentations de chacun des élèves, c'est l'apparition d'une complexité dans la matérialisation du trajet : de nombreuses flèches dans les deux sens ou des bulles de différentes couleurs donnent une impression de circulation. Cela est nettement repérable sur une dizaine de dessins n° 2.

des images qui donnent sens aux mots, des mots qui restent vides de sens !

des
représentations
qui persistent
mais quelques
changements
significatifs

Certains enfants modifient la représentation du trajet :
2 enfants représentent un trajet cyclique alors que leur premier dessin ne fournissait aucun trajet lisible,
4 enfants passent d'un trajet conduisant l'air aux deux poumons en même temps.
Les entrées et les sorties d'air sont explicitées soit graphiquement soit verbalement : 23 enfants les indiquent.

Apparition de la notion de transformation

7 enfants de plus indiquent sur leur dessin qu'il se passe quelque chose dans le corps (soit dans les poumons, soit dans un poumon, soit dans le coeur) qui entraîne un changement dans l'air expiré.

L'air va dans le coeur

4 enfants représentaient un lien poumons-coeur initialement, 15 après le visionnement. Les poumons donnent l'air au coeur sauf dans un cas où l'air passe d'abord dans le coeur, siège de la transformation en gaz carbonique avant d'être rejeté par les poumons. Ce lien est souvent direct par des tuyaux d'air ; une élève représente ce lien sous forme de veine.

- Analyse des réponses des enfants après présentation de l'épisode dans l'ordre chronologique

Cette présentation permet aux enfants de situer les différents lieux les uns par rapport aux autres et de construire l'idée de trajet jusqu'aux alvéoles, de présence de vaisseaux sanguins dans les poumons. Il faut remarquer que certains élèves donnent le nom des poumons uniquement à ce qui précède l'apparition des vaisseaux ; 4 enfants ne citent pas les vaisseaux sanguins ; pour certains les alvéoles ne font pas partie des poumons et sont l'extrémité des vaisseaux. La projection du deuxième extrait de l'épisode reprenant les mêmes séquences plus la phase cellulaire (comme dans le document initial) permet aux élèves de répondre aux deux questions formulées à la fin de la projection du premier extrait :

- Que devient l'oxygène pris en charge par les globules rouges dans les dernières images de l'épisode ?
- D'où vient le gaz carbonique que nous voyons sur les globules rouges au niveau du poumon ? Où va-t-il ensuite ?

- 1) Que devient l'oxygène ?
- 2) D'où vient le gaz carbonique ?
- 3) Où va-t-il ensuite ?

Karine

- ① Ils servent à fabriquer le gaz carbonique ils se transforment au cœur de la cellule
- ② ils viennent du cœur de la cellule
- ③ (dans les poumons) dans les) sa zone par la bouche

Nicolas

1. l'oxygène va dans le cœur et se transforme en gaz carbonique
2. le gaz carbonique vient du cœur. On est régénéré par la bouche ou par le nez

Estelle

- ①? L'oxygène passe dans la machine et se transforme en gaz carbonique → et sort du corps.
- ②? Il vient de la machine qui transforme l'oxygène en gaz carbonique et en suite il sort du corps.

Certes il reste encore bien des obstacles à franchir mais les élèves ont changé de niveau de formulation, atteignant des paliers différents selon le niveau de formulation duquel ils sont partis.

7. ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DES ÉLÈVES DANS LES DIFFÉRENTES PHASES PROPRES A LA CLASSE B

7.1. Pourquoi une nouvelle stratégie ?

Devant les difficultés de repérage des élèves, constatées lors du travail dans la classe A, on se propose de faire manipuler des images fixes du dessin animé afin de faciliter l'observation, de permettre la reconstruction de l'histoire du dessin animé, la construction de l'histoire dans un autre ordre et d'imaginer une suite. L'image n'est plus seulement source d'information, elle constitue alors le support instrumental de l'activité des élèves.

7.2. Les différents dispositifs mis en place, pour quelles activités des élèves ?

Après les trois premières phases identiques de recueil, de confrontation des conceptions et de visionnement, des images du dessin animé sont distribuées aux élèves. Ils doivent procéder, par groupe de cinq, à une remise en ordre selon la chronologie du dessin animé. La discussion collective qui suit fait apparaître des difficultés, d'où la proposition de classement individuel des vignettes à côté desquelles l'enfant doit écrire une courte explication...

La dissection d'un "coeur-poumon" d'agneau et la mise en relation de ses différentes parties avec les images du dessin animé, permettra de passer à une deuxième représentation.

• Analyse du classement des vignettes

Les vignettes ont un format carte postale et sont en couleur. Les élèves doivent les remettre dans l'ordre pour reconstituer le trajet de l'air.

La classe est divisée en trois groupes de 5 élèves et deux groupes de 6 élèves ;

La discussion, les essais divers permettent aux cinq groupes de proposer un classement.

Les classements obtenus par les élèves sont les suivants :

groupe 1 : 1-3-4-2-9-10-13-5-6-7-8-11-12

groupe 2 : 1-3-4-2-5-7-6-8-9-11-10-12-13

groupe 3 : 1-3-4-2-10-9-11-5-6-7-8-12-13

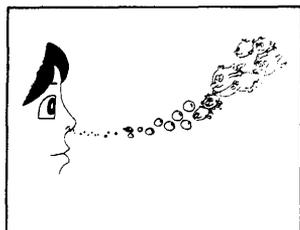
groupe 4 : 1-3-4-2-5-6-7-8-9-11-10-12-13

groupe 5 : même classement que le 4

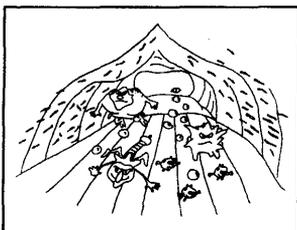
L'ordre du dessin animé est : 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13

Le groupe 1 est tout à fait intéressant dans sa démarche ; il sépare en effet les vignettes représentant le trajet de l'air dans les "tuyaux d'air" de celles montrant les globules rouges. La vignette 13 fait la jonction entre les deux parties. Les autres groupes, guidés par "l'histoire", retrouvent plus ou moins bien l'ordre du dessin animé.

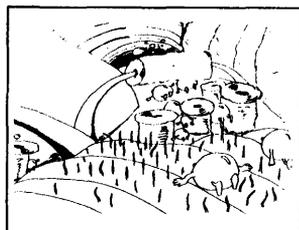
de l'image
source
d'informations à
l'image support
instrumental de
l'activité des
élèves



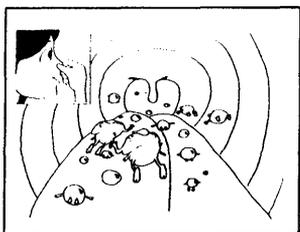
1



2



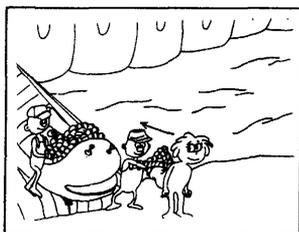
3



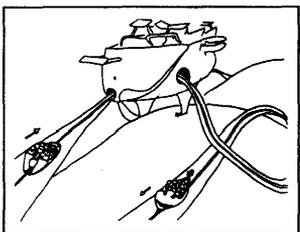
4



5



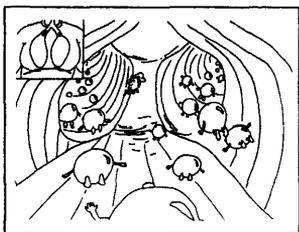
6



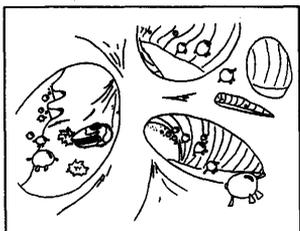
7



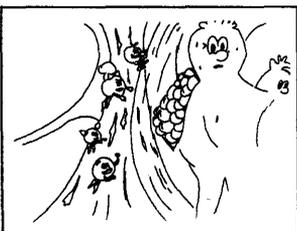
8



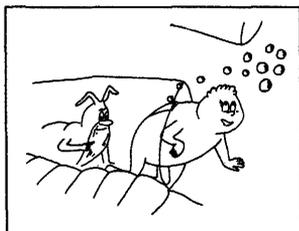
9



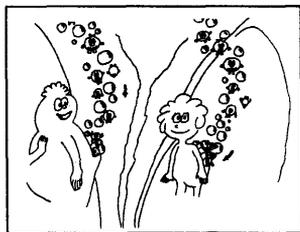
10



11



12



13

groupe 1 : 1-3-4-2-9-10-13-5-6-7-8-11-12

groupe 2 : 1-3-4-2-5-7-6-8-9-11-10-12-13

groupe 3 : 1-3-4-2-10-9-11-5-6-7-8-12-13

groupe 4 : 1-3-4-2-5-6-7-8-9-11-10-12-13

groupe 5 : même classement que le 4

*Vignettes réalisées par nos soins d'après le dessin animé
"Il était une fois la vie"
scénario et réalisation d'Albert Barillé Prod. PROCIDIS*

Le groupe 2 n'a pas compris les images de chargement et de déchargement. L'image 10 est mal localisée, la 2 est prise pour l'intérieur de la bouche, la 7 est assimilée au cœur avec son cortège de vaisseaux sanguins ... C'est peut-être le seul organe auquel les élèves puissent renvoyer cette image de machine, et s'ils n'y pensaient pas, le mot du commentaire vient le leur suggérer.

Le groupe 3 n'a pas reconnu l'image 9 mais tente de mettre ensemble toutes les images de tuyaux d'air comme le groupe 1.

Les groupes 4 et 5 retrouvent l'ordre du dessin animé comme le 2 mais sans erreur sur la phase cellulaire.

Si les élèves réussissent sans trop de difficultés cette tâche de remise en ordre, ils ne savent pas pour autant où se situe "le chargement en gaz carbonique" ni "le déchargement d'oxygène", ils ne localisent pas les cellules ... Il nous paraît donc indispensable de faire refaire ce travail individuellement en demandant aux élèves d'explicitier chacune des vignettes et de proposer une suite.

Le travail est effectué alors avec des vignettes en noir et blanc, de petit format.

- Les productions individuelles

La séance collective ayant donné lieu à une explication au tableau des différents classements proposés par les groupes, nous trouvons peu d'erreurs dans les remises en ordre individuelles. Les premières images correspondant aux entrées sont expliquées sans peine, le "service de nettoyage" dans les poumons a frappé les enfants mais de quoi s'agit-il ? Quant aux images de la phase cellulaire, elles sont décrites mais incomprises : où les globules apportent-ils l'oxygène ? Ici l'image, qui montre une rivière rouge sur les bords de laquelle se promènent les globules, est induitrice d'erreurs et plusieurs enfants pensent que les globules viennent apporter l'oxygène au sang. Les petits manutentionnaires qui chargent et déchargent les globules rouges restent mystérieux : "ils" déchargent, "on" décharge ... ainsi que la machine magique où s'opèrent les transformations de "l'oxygène en gaz carbonique" !

La manipulation et les difficultés de remise en ordre rencontrées, permettent aux élèves de s'interroger sur les lieux figurés, leur rapport au réel, leur fonctionnement.

Un travail collectif au tableau permet ensuite de jouer avec cette histoire, d'en modifier l'ordre et la présentation.

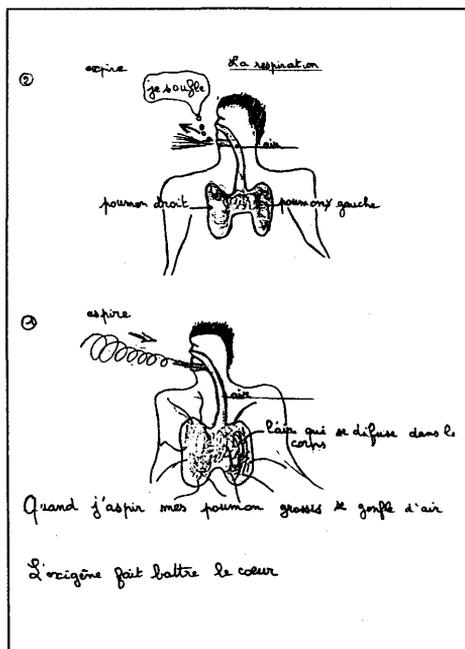
La dissection d'une fressure d'agneau et la mise en relation avec les images du dessin animé permettra de séparer les images du poumon des images cellulaires. Elle permettra aussi de restituer le cœur absent du dessin animé et de le rajouter dans la séquence d'images. Ce travail aboutit à la production par les élèves d'une dernière représentation du trajet de l'air et de son devenir. Il est intéressant pour

chaque enfant de suivre le chemin parcouru, certains arrivent presque à une schématisation fonctionnelle comme en témoignent les dessins joints.

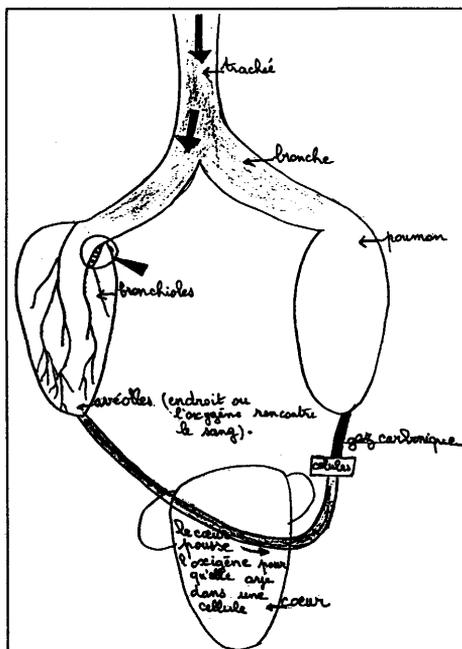
8. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Notre problématique de départ : "le dessin animé est-il de nature à permettre une évolution des conceptions des élèves", trouve des éléments de réponse dans la situation aménagée dans la classe A. Dans la classe B, il semble que notre problématique soit un peu modifiée. En fait la véritable question que nous nous sommes posée, c'est de savoir si ce dessin animé peut être utilisé pour introduire, sous forme de jeu, une structuration théorique préalable à différentes observations et à différentes discussions, c'est-à-dire si l'ensemble de dessin animé/observations/discussion peut amener les élèves à modifier leurs représentations.

Fanny : avant visionnement



Fanny : à la fin du travail



Notre réponse est positive sur un certain nombre de points. Certaines images du dessin animé sont suffisantes pour permettre aux élèves de dépasser certains des obstacles repérés lors de l'émergence des conceptions :

- soit parce qu'elles sont associées à des faits particuliers de l'histoire : c'est le cas pour les entrées et les sorties d'air ;

- soit par la nature même de l'image qui interpelle, par exemple l'image incrustée des poumons qui se gonflent sur le thorax de la fille en train de courir ;
- soit par les métaphores utilisées : les grimaces faites par les bulles d'oxygènes aux globules rouges évoquent une paroi transparente, ou très fine de telle sorte que l'on puisse voir à travers. Cette image est comprise par les élèves *"les globules rouges et les bulles d'oxygènes peuvent se voir mais pas se toucher"* : la métaphore est pertinente pour approcher l'idée de contiguïté entre les "tuyaux d'air" et les "tuyaux de sang". La rencontre des globules et de l'air au niveau de l'alvéole, même si elle est erronée, permet peut-être de mettre en défaut la conception selon laquelle l'air qui est arrivé au bout d'un sac (le poumon) ne peut en sortir que par le même chemin que celui emprunté à l'aller ;
- soit par les procédés visuels retenus : le problème de la "transformation de l'air" dans notre corps est perçu par la moitié des enfants grâce aux changements de couleur des bulles de gaz et des globules rouges.

Cependant le dessin animé peut aussi renforcer ou faire surgir de nouveaux obstacles : c'est le cas déjà évoqué de cette petite phrase "le coeur de la cellule" ; un autre exemple est fourni par une image où la petite bulle d'oxygène est récupérée par ses "parents" alors qu'elle vient de s'engager dans une des bronches. Certains enfants qui donnaient un rôle différent aux deux poumons se trouvent confortés ici dans leurs conceptions.

Il ne suffit pas de faire émerger les conceptions, de les opposer en formulant des questions et d'apporter des documents contenant des informations pour qu'elles évoluent. Chaque élève va interpréter l'information en la raccrochant à son système explicatif antérieur. Les recherches de l'INRP et les travaux d'A. Giordan ont montré qu'un certain nombre de confrontations authentiques sont indispensables, avec les pairs, avec le maître, avec le réel, avec l'information, pour convaincre l'apprenant que ses conceptions ne sont pas pertinentes par rapport au problème envisagé.

Le document mixte (image/son) utilisé ici, ne trouve sa véritable utilité que si l'on sollicite chez l'élève une activité d'élaboration de savoirs et la situation où l'image devient manipulable nous paraît intéressante pour aider l'élève à accéder à un certain formalisme.

La confrontation à une fressure réelle est une étape complémentaire qui n'a pas été analysée dans ce travail mais qui permet de confronter ce formalisme à un réel palpable et manipulable.

Apprendre c'est bouger son système intérieur, c'est être bousculé en permanence... L'enseignant impulse quelque chose et se produisent des effets en retour, un peu comme un mobile qui rompt son état d'équilibre quand on le touche... mais ces effets en retour, comment les mesurer ?

Nous avons tenté de repérer ce qui se passait entre “un état en début de travail” et “un état en fin de travail”. Nous disons en analysant cet écart : “tel élève n'a pas compris telle ou telle chose, tel élève n'a pas changé de conceptions ou ...”, en fait il est sans doute en train d'apprendre, de bouger son intériorité mais le facteur temps est une dimension importante et notre travail ne le prend en compte qu'insuffisamment.

Josiane VUALA
Institut Universitaire de Formation des
Maîtres, Lyon

BIBLIOGRAPHIE

ASTER, Revue de Recherches en Didactique des Sciences expérimentales ; 1, 1985, “Apprendre les sciences”, 4, 1987, “Communiquer les sciences”, 6, 1988, “Les élèves et l'écriture en sciences”, 7, 1988, “Modèles et modélisations”.

ASTER (équipe de recherche), *Procédures d'apprentissage en Sciences Expérimentales*, Paris, INRP, Coll. Rapport de Recherches, 1985.

ASTOLFI J.-P. et DEVELAY M., *Didactique des Sciences*, Paris, P.U.F, Collection, “Que sais-je ?”, 1989.

DAGOGNET F., “La revanche”, *Le courrier du CNRS*, 66-68, 1987.

DENIS M., *Les Images Mentales*. Paris, P.U.F, 1979.

DE VECCHI G. et GIORDAN A., *L'enseignement scientifique, comment faire pour que “ça marche” ?*, Nice, Z'Éditions, 1989.

GIORDAN A. (dir), *L'élève et lou les connaissances scientifiques*, Berne, P. Lang, 1989.

GIORDAN A. et DE VECCHI G., *Les origines du savoir*, Neuchâtel, Delachaux, 1987.

GIORDAN/SOUCHON, *Rapport : Les jeunes et la culture scientifique et technique - “il était une fois la vie” - Evaluation*, 1990.

GIORDAN A., HENRIQUEZ A. et VINH BANG, *Psychologie génétique de Didactique des Sciences*, Berne, P. Lang, 1989.

GIORDAN A. et Coll., *Histoire de la biologie*, Paris, Technique et Documentation, Lavoisier, 1987.

Image et Science, (Centre Georges Pompidou), Paris, Herscher, 1985.

Imagerie Scientifique, *Le courrier du CNRS*, 1987.

JACOBI D., *Textes et Images de la Vulgarisation Scientifique*, Berne, P. Lang, 1987.

JACOBI D. et Coll. *Vulgariser la Science*, Champ Vallon, 1988.

JACQUINOT G. *L'école devant les écrans*, Paris, ESF, 1985.

MARTINAND J.L., *Connaître et transformer la matière*, Berne, P. Lang, 1986.

TARDY M., *Le professeur et les images*, Paris, PUF, 1973.

UEBERSCHLAG J. et GUILLE M. "Images et son", in "Communication, éducation et culture scientifiques et industrielles", *Actes des 10èmes Journées sur l'Éducation Scientifique*, Chamonix, 1988.

LES CONCEPTIONS COMME LEVIER D'APPRENTISSAGE DU CONCEPT DE RESPIRATION

Madeleine Paccaud

Les conceptions sont les "traces" de notre histoire familiale, socio-culturelle, scolaire, c'est "ce qui nous reste ... lorsque l'on a tout oublié". Aujourd'hui répertoriées de façon assez systématique, elles ne seront pas l'objet d'une nouvelle cartographie dans ce document.

A travers le concept de respiration, je parlerai d'une utilisation possible des conceptions des élèves comme levier permettant la maîtrise d'apprentissages. Je retracerai donc mon cheminement en tant qu'enseignante, tant au niveau des questions que je me suis posées par rapport à ce concept, qu'au niveau de la stratégie à adopter pour que les élèves se l'approprient. Je préciserai comment j'ai placé les élèves en situation d'auto-analyser les démarches qu'ils mettaient en œuvre lorsqu'ils faisaient émerger leurs conceptions. Puis je retracerai "le point de départ" des apprenants et "le point d'arrivée" afin d'évaluer leur progression.

Je ferai part également de la question qui me tenait à cœur tout au long de cette démarche : "travailler à travers les conceptions rend-il les élèves davantage performants et sur quels critères évaluer ces performances ?" J'explicitai la méthodologie retenue afin d'apporter quelques éléments de réponse à cette question.

1. POURQUOI UNE PRATIQUE À TRAVERS LES CONCEPTIONS ? OU "QUE RESTE-T-IL DE TOUS NOS COURS... ?"

d'un modèle
pédagogique
transmissif...

Me référant auparavant à un modèle pédagogique de type transmissif, je me désolais du peu de performance des apprenants à moyen et long terme. Je me posais alors la question : "que dois-je modifier, sous-entendu des contenus, de leur logique et de ma stratégie pédagogique, pour que ça change ?" Une nouvelle présentation du cours était proposée et une amélioration se manifestait... quelques temps... illusoire. Il me fallait alors de nouveau imaginer, innover, pensant que seul le maître était responsable de l'acquisition des connaissances par les élèves et qu'il détenait le pouvoir de les transmettre, l'apprenant n'étant qu'un réceptacle. Péché d'orgueil ! A la question "que dois-je faire de différent ?" de laquelle émanaient des modifications superficielles et temporaires, succéda un autre type de questionnement "quelle est la signification de l'oubli des apprentissages par les apprenants ?". Je ne m'interrogeais plus sur la performance des productions mais sur les processus mis en cause par celles-ci. Trois pôles se dégagèrent de cette nouvelle approche : celui du sens des contenus enseignés par rap-

... à un modèle
constructiviste

port aux élèves, à leurs acquis antérieurs et par rapport à leur environnement socio-culturel, celui des rôles de l'apprenant et de l'enseignant, celui des outils didactiques à retenir.

Le compte rendu suivant met en valeur le pôle de l'apprenant notamment en ce qui concerne ses conceptions par rapport au concept à étudier, ce "déjà-là implicite" à prendre en compte, sous peine de lui voir prendre le pas sur le savoir explicite. Les autres pôles ne sont pas négligés puisqu'interdépendants, mais ils ne seront pas l'objet d'une analyse.

Les questions suivantes se posèrent à l'enseignant.

au cœur du
modèle, les
conceptions des
élèves...
comme motrices
des
apprentissages

- Quelles activités mettre en œuvre permettant de faire émerger ces conceptions et de leur donner un statut dynamique de levier dans l'appropriation des apprentissages par les élèves ?
- Quel modèle pédagogique prendrait en considération l'élève sous l'angle d'acteur, d'artisan de sa propre connaissance, et créerait la motivation nécessaire ?
- Comment rendre l'élève conscient de ses conceptions, du statut qu'il leur affecte et de l'utilité qu'elles peuvent présenter pour progresser ?
- Quelle relation établir entre le maître et l'élève afin que les rôles soient clairement définis ?
- Comment tenir compte des exigences du facteur "temps" lors des apprentissages en évitant la linéarité ?

2. LE CONSTRUCTIVISME COMME RÉFÉRENT THÉORIQUE OU "CONCEPTIONS RECHERCHENT MODÈLE PÉDAGOGIQUE APPROPRIÉ"

Le questionnement précédent oriente l'enseignant vers un modèle constructiviste de l'acquisition des apprentissages, il se réfère aux théories de Piaget et aux travaux de recherche qui en ont découlé notamment ceux de Giordan et collaborateurs.

un élève
acteur...

L'élève est l'artisan de son savoir, il le construit en exploration autonome, en confrontation avec l'objet et en interaction avec ses pairs, le maître est là comme animateur, personne ressource, expert, superviseur... L'apprentissage est efficace s'il y a un besoin, un intérêt exprimé.

2.1. Le modèle pédagogique de référence

Le modèle pédagogique de référence est de type constructiviste expérimenté par l'I.N.R.P.(1). Ce modèle dit "par inves-

(1) Équipe de recherche ASTER. *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Collection *Rapports de recherches*. Paris. INRP. 1985.

et un cadre retenu comme approprié à ce rôle de l'apprenant

tigation-construction" se caractérise par l'articulation de trois types d'activités :

- des **activités fonctionnelles** qui permettent de créer, d'éveiller chez l'apprenant l'intérêt, la motivation pour l'apprentissage proposé ; à l'issue de ces activités, un problème sera formulé, c'est un temps de tâtonnement ;
- des **activités de résolution de problème** où l'élève émet des hypothèses et les vérifie, c'est un temps de recherche ;
- des **activités de structuration** visant à généraliser les résultats des activités précédentes, à les réorganiser, c'est un temps de synthèse.

A ces trois types d'activités correspondent **trois types d'apprentissages, spontanés** pour les premières, **heuristiques** pour les secondes et **systematiques** pour les dernières, et **trois styles pédagogiques : incitatif, interactif et normatif**.

2.2. Sur ce modèle de base, l'enseignant a intégré différents outils

Ces outils caractérisent la démarche et sont liés au modèle pédagogique avec lequel ils forment un système. Il s'agit de :

- la mise en évidence des **conceptions**, leur analyse, leur transformation jusqu'au niveau de formulation défini par rapport au concept ou à l'apprentissage ;
- la mise en place de quatre temps de **confrontation** : de l'élève par rapport à lui-même lors du recueil des conceptions, de l'élève par rapport à ses pairs lors de la confrontation collective, de l'élève par rapport à l'objet du questionnement, de l'élève par rapport au modèle élaboré par lui et ses pairs ;
- la présentation de **contrats** explicites pour chacune des tâches proposées ...
- une démarche proche de la **métacognition** couvre ce système afin que les apprenants prennent conscience de leurs conceptions, de leur évolution et du statut qu'ils leur attribuent.

conceptions, confrontations, contrats, métacognition s'articulent sur le modèle pédagogique de référence et constituent...

2.3. Les critères d'évaluation du système

Afin de savoir en quoi le système a atteint ses buts, à savoir l'auto-construction de l'apprenant, l'enseignant a relevé un certain nombre de critères qui seront repris lors de l'évaluation finale. Celle-ci portera sur la **fonction motivante** du modèle pédagogique nécessaire à tout apprentissage, sur sa **fonction d'aide à la construction de l'élève** à partir de ses conceptions en évaluant mémorisation, intégration et transfert de l'apprentissage (construction "**cognitive**"), sur sa fonction d'aide à la construction de l'élève en relation avec

un système pédagogique évalué autour de la construction des apprenants

ses pairs (construction "**sociale**"), sur sa fonction d'aide à la prise de conscience de ses propres conceptions et du statut qu'il leur donne (construction "**psychologique**").

Le concept de respiration a été retenu afin d'illustrer ce cheminement, qu'en est-il de ce concept et des conceptions des apprenants à son sujet ?

3. LE CONCEPT DE RESPIRATION OU "LA CONCEPTION DU SAVOIR SAVANT"

3.1. Les différents niveaux de formulation et portes d'entrées

Ce concept peut être étudié à différents niveaux.

- Sous l'angle des manifestations extérieures des mouvements respiratoires et de la ventilation pulmonaire, puis des organes en cause dans ces mouvements ; c'est l'aspect **mécanique** de la respiration.
- En fonction des échanges gazeux qui se font au niveau des alvéoles pulmonaires et au niveau des cellules. Le rôle du sang apparaît alors. L'étude des différents organes respiratoires peut être envisagée ainsi que les milieux de vie correspondants : c'est l'aspect **physico-chimique** de la respiration.
- Au niveau cellulaire, avec la réaction globale de la respiration, en faisant intervenir un paramètre nouveau : le nutriment ou combustible. Cette approche est une porte ouverte sur le concept de nutrition (sens strict) ; c'est l'aspect **cellulaire** de la respiration.
- Au niveau mitochondrial, en entrant dans l'intimité des réactions de la dégradation du glucose, vers le transfert des électrons et la signification du potentiel redox, jusqu'à la production de l'A.T.P. : ce sont les aspects **cyto-biochimiques et énergétiques** de la respiration.

Chacun de ces ensembles présente également des niveaux de complexité qu'il serait intéressant de dégager.

Les portes d'entrées possibles dans le concept sont également variées pour chacun des niveaux.

- Il peut être pris en compte sous l'angle des transformations, conservations, accumulations d'énergie : les **réactions chimiques** qui le caractérisent seront alors envisagées : décarboxylations, déshydrogénations, transfert d'électrons, flux de protons et synthèse d'A.T.P., seule molécule énergétique directement utilisable par la cellule.
- Il peut aussi être envisagé comme concept lié à d'autres concepts (alimentation, digestion, circulation, absorption, assimilation), afin de montrer l'unité des différentes fonctions de l'organisme. Il s'agit alors de présenter une **vue systémique** du fonctionnement de l'être vivant.

des niveaux de formulation de plus en plus "intimes" dans l'organisme...

par le biais de différentes portes d'entrées

- Il peut être placé dans un **contexte "écosystémique"**, comme étant un élément de la dynamique du flux de matière et du flux d'énergie qui traversent les êtres vivants des différentes chaînes alimentaires et des réseaux trophiques.

Les trois angles cités sont donc axés sur la biochimie, la physiologie ou l'écologie.

Il fut un temps où ce concept était abordé, comme les autres d'ailleurs, en et pour lui-même, donnant une vue "pointilliste" de l'être vivant.

3.2. Les niveaux et approches des instructions officielles et du maître

- Supervision des instructions officielles, du C.P. à la classe Terminale.

Elle permet de se faire une idée de la façon dont ce concept est abordé dans les différents niveaux du cursus scolaire.

- Au C.P. (6 à 7 ans), la respiration est une des manifestations du vivant. Elle est prise de conscience de mouvements d'expiration et d'inspiration.
- Au C.E. (7 à 9 ans), elle est présentée comme un phénomène généralisé à tous les animaux, et lié à un besoin d'oxygène.
- Au C.M. (9 à 11 ans), elle est intégrée au rôle du sang dans le transport des gaz.
- En classe de Sixième (11 à 12 ans), elle est étudiée d'une part au niveau des mouvements respiratoires, et des échanges, d'autre part comme un phénomène général avec les différents types d'organes possibles pouvant assumer cette fonction selon les milieux de vie. Elle est également reliée à la fonction de nutrition.
- En classe de Cinquième (12 à 13 ans), elle réapparaît non plus comme concept à étudier en tant que tel, mais comme paramètre à prendre en compte lors des variations d'activité des êtres vivants. Elle est corrélée à l'utilisation des aliments comme source d'énergie.
- En classe de Troisième (14 à 15 ans), il y a récapitulation des niveaux précédents ; mouvements respiratoires, organe en cause, échanges, transport par le sang, énergie libérée, le terme de mitochondrie est donné. La respiration est située au niveau des cellules où elle est définie comme oxydation permanente des métabolites fournissant de l'énergie et produisant des déchets.
- En classe de Seconde (15 à 16 ans), le concept est implicite, il s'agit du flux de matière organique et du flux d'énergie traversant un écosystème et de son rendement.
- En Première Scientifique (16 à 17 ans), le concept réapparaît, à l'échelle de l'organisme, des tissus et des cellules, il s'agit de dégager les aspects qualitatifs et quantitatifs des

un respect du contenu des instructions officielles...

échanges respiratoires et d'en donner la signification, elle apparaît comme une oxydation de métabolites porteurs d'énergie potentielle.

- En Terminale D (17 à 18 ans) avec la fermentation et la photosynthèse, elle est présentée comme mécanisme de transfert de l'énergie des molécules organiques sur de l'A.D.P. en vue de produire de l'A.T.P. L'oxygène est l'accepteur des électrons arrachés aux molécules organiques, les étapes de dégradation des métabolites sont analysées en détail.

Ainsi, le concept de respiration est envisagé sous des approches différentes : celle de l'organisme, celle de la cellule, celle de l'écosystème, avec des formulations adaptées aux différents niveaux scolaires. Il est abordé par touches successives *"en suivant un trajet en forme de spirale"* comme l'écrit J. de Rosnay(2) *"on fait un premier tour de l'ensemble du sujet afin de le délimiter, d'évaluer les difficultés et les territoires inconnus. Puis on y revient en détail au risque de se répéter"*.

- Et pour le maître en classe de Troisième qu'est-ce que "respirer" ?

... mais
présentées selon
la personnalité
du maître

Le niveau de formulation défini a été vu précédemment. Il s'agit d'envisager le concept parmi d'autres afin d'aboutir à celui d'énergie et à une vue systémique de l'organisme (cf. doc 1).

Différents angles sont abordés : les organes en cause, l'importance d'un transport de combustible et de comburant, les échanges entre le sang et les cellules, la réaction productrice d'énergie au niveau cellulaire.

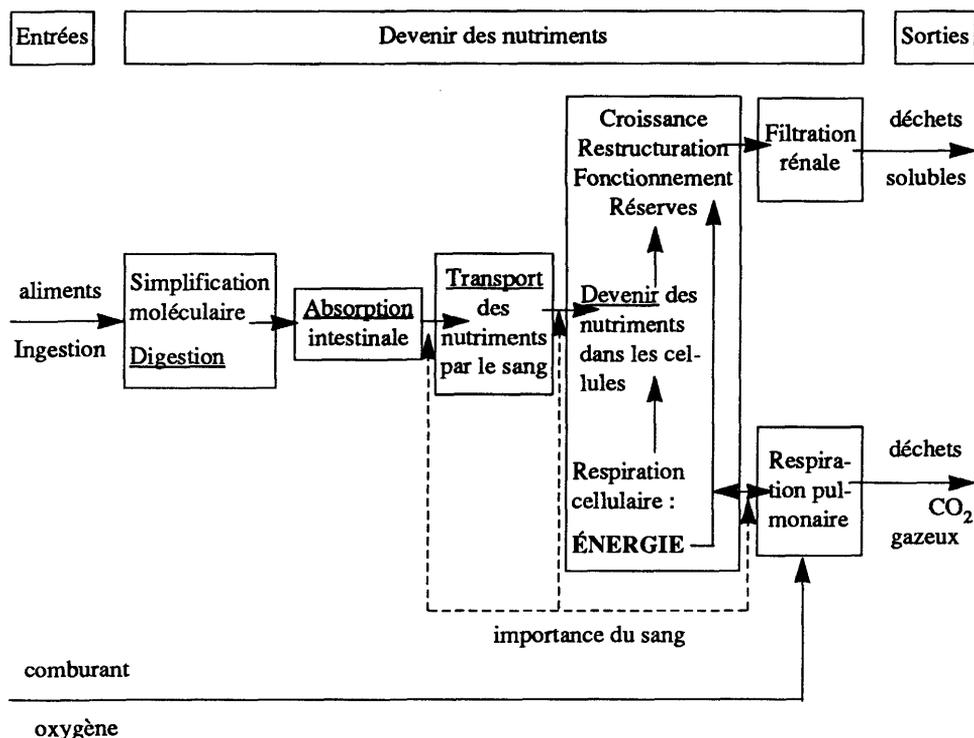
Le déroulement des étapes du cours est donné sur le document 1. ainsi que la façon dont sont liés entre eux les concepts pris en compte.

Après ces quelques remarques sur le concept, quelle est l'idée que les élèves se font de la respiration, quelles sont leurs conceptions sur le concept ?

4. LES CONCEPTIONS DES APPRENANTS OU : "S'IL VOUS PLAÎT... DESSINE-MOI UN MOUTON"

(Un clin d'œil à Antoine de Saint-Exupéry qui me donna, un jour de relecture du *Petit Prince*, l'idée de travailler à travers les conceptions.)

(2) Joël DE ROSNAY. *Le microscope*. Collection *Points* n° 80. Paris. Ed. du Seuil. 1975.



Doc. 1 - Ébauche de la trame conceptuelle basée sur un niveau de classe de Troisième

Respiration et différents concepts associés

(Le concept de "régulation" a été souligné aux élèves mais non traité en cours)

Les conceptions semblent être le propre de l'apprenant. Recueillies du C.P. à la formation des maîtres, elles montrent un enrichissement et une complexification avec l'âge.

4.1. Méthodologie de la recherche proposée

Cette recherche porte sur deux années, les élèves sont âgés de 15 à 17 ans et sont en classe de Troisième, ils constituent quatre groupes expérimentaux et sont de 19 à 20 par groupe. Un cinquième groupe est retenu comme témoin afin de comparer s'il y a des différences au niveau des acquis, groupes expérimentaux et témoin présentent le plus grand nombre de points communs, mais aussi des différences, cependant l'enseignant a malgré tout tenu à garder un groupe témoin tout en reconnaissant les limites des comparaisons possibles. L'enseignant est le même dans les cinq groupes, le modèle pédagogique identique, la seule différence repose sur le recueil et l'utilisation ou non des conceptions. Le contrat explicite qui en découle est donc lui

une méthodologie basée sur le choix de groupes expérimentaux et d'un témoin...

... avec ses avantages mais aussi ses limites

aussi différent. Le recueil des conceptions est écrit ou oral et dans ce cas il est enregistré sur cassette. Les questionnaires de recueil écrit des conceptions sont variés et concernent directement le sujet traité ou sont axés sur le transfert de ce concept. Les questionnaires portant sur le statut que les élèves attribuent à leurs propres conceptions et sur l'évaluation du système pédagogique sont de type "Q.C.M." et ont été établis après analyse a priori.

4.2. Un premier exemple illustre le travail à travers les conceptions

Que faire avec ces conceptions ? Différentes approches sont possibles. Une option parmi d'autres est proposée dans ce document : enseigner avec, à travers, vers une autre conception définie par le niveau de formulation retenu. L'analyse qui suit porte seulement sur une partie de l'étude du concept, celui-ci étant repris les deux-tiers de l'année sous des angles différents, sa prise en compte dans sa globalité aurait rendu complexe la rédaction de ce document et fastidieuse sa lecture.

- Déroulement des activités (cf. doc.2)

Trois types de recueil des conceptions ont été proposés, à des moments différents, sous des formes diverses, avec des objectifs définis (voir le tableau joint).

- **Avant tout travail sur la respiration, un premier recueil a été effectué sous forme d'un questionnaire écrit :**

"Pour toi, qu'est-ce que la respiration ?"

Ce recueil avait pour objectif de cerner le niveau des acquis des apprenants en début d'année scolaire et d'appréhender si ce niveau évoluait de lui-même.

Les analyses ont permis d'établir que pour une grande majorité des apprenants les réponses portaient sur une définition à base de connaissances exactes d'un niveau de la classe de Sixième (échanges gazeux, absorption d'oxygène, rejet de dioxyde de carbone) et qu'elle était complète. Cependant, le niveau de l'organisme où se font ces échanges est peu précis et en tout cas incomplet : ce sont les poumons, les voies respiratoires externes, les organes et le cœur.

- **Un deuxième recueil a été réalisé après avoir étudié la respiration tissulaire et les échanges qui se produisaient à ce niveau entre les tissus et le sang. La question posée, par écrit, était :**

"Que se passe-t-il au niveau des poumons, entre ceux-ci et le sang ?"

Les élèves avaient en effet soulevé le problème de l'élimination du dioxyde de carbone diffusant dans le sang lors de la respiration cellulaire, ils avaient émis l'hypothèse qu'elle devait se passer au niveau des poumons.

évaluer un niveau de départ

Activités	Contenus	Questionnements
<p>20.2.87 -----></p> <p>Activités "fonctionnelles" (sens large = motivation)</p> <p>27.2.87 -----></p>	<ul style="list-style-type: none"> Lors d'une épreuve d'endurance en E.P.S. <p>Il en découle un ensemble d'autres questionnements non figurés ici, qui ont conduit à des "activités de résolution de problème" variées</p> <ul style="list-style-type: none"> Recueil écrit de <u>conceptions individuelles</u> <p>Analyse des conceptions par le maître, hors classe, qui en dégage des obstacles à l'apprentissage</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Confrontation</u> des conceptions apparition d'un <u>conflit socio-cognitif</u> entre 2 tendances <u>2 conceptions collectives</u> s'en dégagent 	<p>"Pourquoi certains s'essouffent-ils plus vite que d'autres ?"</p> <p>"Que se passe-t-il au niveau des poumons, entre ceux-ci et le sang ?"</p> <p>"Comment sont faits les poumons et comment imaginez-vous ce qui se passe afin que le sang se débarrasse du CO₂ et s'enrichisse en O₂ ?"</p>
<p>Activités de <u>résolution de problème</u></p>	<p><u>Demande de vérification</u></p> <ul style="list-style-type: none"> observer des poumons frais, en observer le fonctionnement, faire une modélisation des échanges "sang-poumons". <p><u>Confrontation au "réel"</u></p>	<p>"Creux ou pleins ?"</p> <p>"Alternatif ou non ?"</p> <p>"Muscle ?"</p> <p>"Échanges identiques à ceux étudiés au niveau sang-cellule ?"</p> <p><u>Réponses partielles</u></p>
<p>Activités de <u>synthèse</u> ou <u>structuration</u></p>	<p>Élaboration en commun d'une <u>modélisation</u> des échanges "sang-alvéoles pulmonaires"</p> <p>Évaluation</p> <p>En permanence : aller-retour des conceptions individuelles, aux collectives, à la modélisation.</p>	<p>Nouveau questionnement : "Quels organes "aident" le poumons dans leurs mouvements respiratoires ?" etc...</p>

Doc. 2 - Un exemple d'utilisation des conceptions des élèves, par les élèves, intégrée au modèle pédagogique de référence

évaluer l'impact d'activités voisines mais différentes

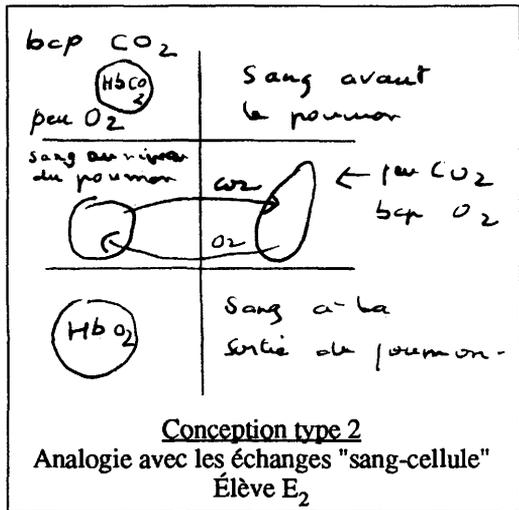
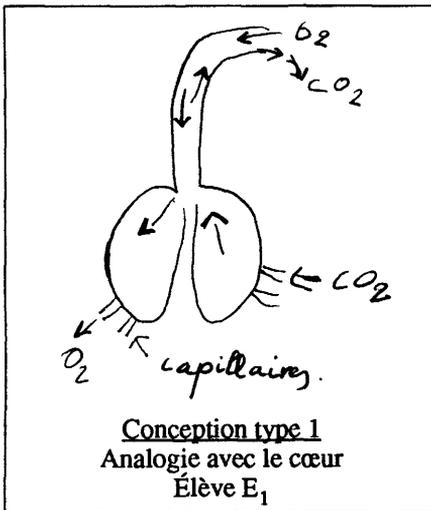
Ce recueil de conceptions avait trois objectifs :

- faire le point sur les connaissances ;
- cerner les capacités des apprenants à réinvestir, au niveau des poumons, les connaissances acquises lors de l'étude de la respiration tissulaire et des échanges gazeux se faisant à ce niveau ;
- cibler les obstacles pouvant poser problème pour la compréhension des échanges alvéolaires et du rôle des poumons, puis définir les objectifs qui en découlent.

A quels acquis se sont raccrochés les élèves pour apporter une solution au problème posé ?

Les élèves ont eu recours à l'écrit et au schéma pour expliquer comment, selon eux, cela se passait.

La schématisation porte d'une part sur une représentation des poumons, d'autre part sur une modélisation des échanges entre sang et air pulmonaire. (doc. 3)



Doc. 3 - Deux exemples de conceptions individuelles émises à la question : "Que se passe-t-il au niveau des poumons, entre ceux-ci et le sang ?"

l'impact de l'étude du cœur sur les conceptions que les élèves ont des poumons...

et de l'étude des échanges "sang-cellules"

Les poumons sont représentés :

- par un ou deux sacs, creux,
- reliés ou non entre eux,
- et présentant deux ou plusieurs conduits par lesquels circulent de l'air et du sang.

Un sens est donné à la circulation, il y a une entrée et une sortie.

Un faible pourcentage d'élèves fait un schéma exact au niveau explicatif sur ce qui se passe, la représentation de l'organe en tant que tel est à revoir : un seul élève produit un schéma correct.

En ce qui concerne la modélisation des échanges entre les capillaires et l'air, quelques élèves l'utilisent et de façon exacte.

Quant aux autres conceptions recueillies, la moitié des élèves réalisent un schéma explicatif incomplet et certains pensent qu'un poumon contient de l'oxygène et l'autre du dioxyde de carbone.

Diverses conclusions s'imposent.

Dans tous les cas, le cadre de référence retenu par les élèves est celui des échanges "sang-cellule", travaillé lors du cours précédent et pour certains, celui du fonctionnement du cœur.

Certains élèves font appel aux acquis précédents en les réutilisant tels quels, c'est le cas de ceux qui ont expliqué le fonctionnement des poumons à partir de leurs connaissances sur le fonctionnement du cœur (un poumon contenant l'oxygène, l'autre le dioxyde de carbone), et de ceux qui ont directement appliqué ce qui a été vu au niveau des échanges "sang-cellule", sans penser qu'au niveau des poumons le problème était différent et le processus inversé. Les apprentissages ont été mémorisés, mais non intégrés en vue de les transférer à de nouvelles situations.

D'autres élèves procèdent de même mais repèrent le sens du problème, ils vont s'appuyer sur ce qu'ils connaissent en prenant en compte les nouvelles données et fournissent ainsi une explication correcte.

Il est alors intéressant de relever quels obstacles vont émerger de cette analyse et s'imposer lors de la résolution du problème :

- . un obstacle porte sur la structure du poumon et qui n'est pas celle du cœur ;
- . un obstacle porte sur le fonctionnement du poumon en ce qui concerne la ventilation pulmonaire ;
- . un obstacle concerne la composition de l'air et le mélange des gaz ;
- . un autre obstacle est celui de la relation cœur-poumons ;
- . enfin l'obstacle qui semble essentiel est celui de la signification des échanges.

Les obstacles retenus comme étant ceux à dépasser, c'est-à-dire ceux transformés en objectifs, seront sélectionnés après le temps de confrontation.

- **Un troisième type de recueil des conceptions est mis en place sous forme orale, après analyse, par le maître, des conceptions ci-dessus et classification, une confrontation est proposée autour de la question de départ : (doc. 4)**

"Comment sont faits les poumons et comment imaginez-vous ce qui se passe à l'intérieur afin que le sang se débarrasse du dioxyde de carbone et s'enrichisse en oxygène ?"

Les élèves "ont oublié" en général le contenu de leurs productions écrites. Cependant, les conceptions qui ont émergé à l'écrit réapparaissent à l'oral.

un transfert
"brut" des
connaissances
antérieures

confronter les
conceptions
oralement pour
faire progresser le
groupe et créer
la motivation...

Premier temps de la confrontation (résumé afin de limiter la longueur du texte)
 Les poumons sont creux ou pleins ; ils sont formés de un ou deux ballons ; ils sont musclés ; ils présentent des capillaires.

Deuxième temps de la confrontation (transcription de l'enregistrement de la confrontation à ce moment)

- M : *Maintenant, que se passe-t-il entre le sang des capillaires et ces ballons ?*
 E1 : *Ça fait comme le cœur, une partie du ballon se gonfle, le CO₂ part, quand il est parti, c'est l'O₂ qui entre.*
 E2 : *Non, dans un ballon il y a O₂, dans l'autre ballon il y a CO₂.*
 M : *Il y a deux poumons...*
 E2 : *L'un s'occupe de l'O₂, l'autre du CO₂.*
 M : *Ah bon.*
 E3 : *Et ils ne fonctionnent jamais en même temps.*
 E4 : *C'est alternatif.*
 E1 : *Non, au contraire, c'est pas alternatif.*
 M : *E5, tu as bien une idée, tu as bien écrit quelque chose ? E6 ? E7 ?*
 E7 : *Moi aussi, je pensais, il y a deux ballons, un pour l'O₂, un pour le CO₂.*
 M : *Deux ballons, par exemple à droite pour O₂ et à gauche pour CO₂ ? Et comment tu les vois fonctionner ces deux ballons ?*
 E7 : *C'est alternatif.*
 E8 : *Et avec des valvules.*
 M : *Et alternativement...*
 E8 : *Ils se contractent.*
 E7 : *Par rapport à ma respiration (j'inspire profondément), comment ça se passe ?*
 E9 : *On inspire, ça rentre comme il a dit par la trachée, il y a des valvules donc ça va d'un côté et ça ressort.*
 M : *Ah.*
 E10 : *Oui, mais quand on respire, madame, c'est tout ça (E10 montre son thorax) qui se gonfle, c'est pas la moitié, les deux travaillent en même temps.*
 E11 : *Eh, oui, justement, c'est ça !*
 E8 : *Les deux travaillent en même temps donc les valvules se ferment.*
 E2 : *Mais non, quand on respire, il y a de l'O₂ dans une partie du poumon, ça fait que ça repousse le CO₂ et c'est bien obligé que ça se gonfle. Si y a dans une partie, si y a beaucoup d'O₂, ça fait une sorte de pression, ça fait que les deux poumons sont gonflés, un qu'est gonflé d'O₂, l'autre de CO₂.*
 M : *Et toi E12 ?*
 E12 : *Moi, je vois deux poumons, un pour O₂, un pour CO₂.*
 M : *Est-ce qu'il y a d'autres idées que celle-ci ?*
 E13 : *Un pour CO₂, l'autre pour O₂, mais il en reste un peu de CO₂, dans ce cas-là, quand on inspire c'est pour enlever du CO₂.*
 M : *Toi (E10), tu n'es pas d'accord.*
 E10 : *Non, moi c'est un poumon qui fait les deux.*
 E13 : *Oui, mais il y en a deux.*
 E10 : *Eh bien, c'est pareil pour les deux !*

Les élèves demandent à vérifier, très motivés pour savoir qui a raison.

Doc. 4 - Une partie de la confrontation

Ainsi, les poumons sont :

- . des "ballons" (un ou deux) ;
- . vides ou pleins ;
- . où se font les échanges gazeux ;
- . tapissés de capillaires ;
- . des "sacs" qui contiennent, l'un du dioxyde de carbone, l'autre de l'oxygène (la grande majorité des élèves le pense à ce moment-là, alors qu'une minorité l'écrivait lors du deuxième recueil) ;
- . des "sacs" qui contiennent les deux gaz en même temps (quelques élèves) ;
- . des muscles creux pour certains ;
- . pas tout à fait creux pour d'autres mais constitués de petites cavités.

Ils fonctionnent comme le cœur ; un poumon se remplit d'O₂ tandis que l'autre se vide de son CO₂, par analogie aux deux parties du cœur et aux systoles et diastoles.

Un élève s'oppose à cette hypothèse en soutenant que les deux poumons se remplissent et se vident en même temps et donne pour argument l'observation des faits c'est-à-dire de ses propres mouvements respiratoires, après une inspiration forcée il affirme qu'il a senti et vu les deux poumons "se gonfler" ensemble, il a fait la même remarque en regardant le maître respirer.

A la fin de cette confrontation, il y a deux groupes d'élèves ; le groupe d'élèves qui retient un modèle comparable à celui du cœur et qui semble majoritaire mais dont les affirmations sont ébranlées par les remarques du deuxième groupe (deux élèves) qui propose un modèle nouveau. Tous cependant sont d'accord pour admettre que les échanges entre le sang et l'air sont comparables aux échanges entre le sang et la cellule. Il est important de noter que la première hypothèse a été proposée par un élève "leader" dans la classe et reconnu pour ses bons résultats scolaires et ses capacités relationnelles positives. La deuxième hypothèse a été proposée par un élève obtenant des résultats scolaires moyens.

En conclusion, les conceptions de l'écrit sont précisées, explicitées par la confrontation et deux tendances se révèlent à l'oral dont le rôle a été de fixer pour un moment ces conceptions devenues "collectives", ce qui va permettre de définir quelles activités de résolution de problèmes vont être engagées.

A la fin de cette étape **les obstacles** sont pointés par les apprenants :

- . des poumons creux ou pleins ;
- . des poumons "actifs" c'est-à-dire de type muscle ;
- . un fonctionnement de type cœur ;
- . des échanges identiques à ceux qui s'effectuent entre le sang et la cellule.

Ils permettront de définir **les objectifs à atteindre**. L'obstacle créé par la conception "poumon musclé" ne sera pas sélectionné comme objectif, celui-ci étant jugé trop complexe au niveau de la classe de Troisième.

... mais aussi mettre à jour des phénomènes de groupes et le rôle des leaders

dégager des obstacles à transformer en objectifs afin d'aboutir à une vérification...

• Comment ces activités se situent-elles par rapport au modèle pédagogique retenu ?

En opérant un retour en arrière, il est aisé de replacer les trois types d'activités du modèle pédagogique de référence.

- **Les activités fonctionnelles**

... où le modèle pédagogique est respecté

Afin d'éveiller l'intérêt, de créer la motivation, selon l'angle à partir duquel on se place, ce sont des activités liées à la diététique par exemple, ou liées à des activités sportives comme ce fut le cas ici. Les apprenants, après une épreuve d'endurance, se sont posé la question *"pourquoi certains s'essouffent-ils plus vite que d'autres ?"* Cette question leur sera reposée en fin de cours, par le maître avec une formulation un peu différente.

Ces activités et la question qui en est issue ont conduit au recueil de conceptions puis à de nouveaux questionnements dont certains seulement ont été retenus pour illustrer cet article.

- **Les activités de résolution de problème**

Le problème étant : *"Comment et où le sang va-t-il se débarrasser du CO₂ récupéré au niveau des cellules et se réapprovisionner en O₂ indispensable à ces mêmes cellules ?"*

Ces activités font suite à la confrontation et sont sollicitées par les élèves qui veulent vérifier la validité de leurs hypothèses, avec d'autant plus de motivation que deux types de conceptions collectives s'opposent. En effet, la motivation est moindre lorsqu'une seule conception émerge de la confrontation.

Dans cet exemple, les élèves ont demandé à observer un appareil pulmonaire frais, ils ont sollicité également des documents type radiographies, écorché, diapositives de préparation histologiques de poumons, film sur la circulation du sang dans les poumons. Ces demandes sont "soufflées" par le travail de même type et préalablement fait à propos du cœur et des échanges capillaires-cellules.

vérifier des hypothèses mais accepter aussi les limites de certaines vérifications

Les vérifications des hypothèses émises ont débuté par l'observation d'un appareil pulmonaire de Mouton fraîchement récupéré chez un boucher. Il y a bien deux poumons et des conduits qui débouchent sur l'extérieur.

A la question *"les deux poumons se remplissent-ils en même temps ou alternativement ?"*, un élève propose de souffler dans la trachée artère : les deux poumons se gonflent en même temps. Il y a déstabilisation du groupe majoritaire bien que cette vérification ne soit pas une "preuve". Les élèves proposent ensuite de couper un poumon afin de vérifier s'il est creux ou non. Là encore, cette confrontation avec le réel permet d'abandonner la première hypothèse.

Il y a davantage de difficultés à vérifier s'il s'agit d'un muscle ou non, s'il est actif ou passif dans ses mouvements. Un élève fait remarquer *"qu'à l'inverse du cœur il s'étire et ne se contracte pas quand on souffle dedans et que sur le vivant, il est sûrement aidé par d'autres organes pour se gonfler"*. La

vérification sur coupe histologique de la nature non musculaire du tissu pulmonaire n'est pas faite, car trop difficile à aborder, il est simplement signifié aux élèves que les poumons ne sont pas des muscles, une question alors va émerger : *"s'ils sont passifs, quels organes vont permettre les mouvements respiratoires ?"*

Ces vérifications n'ont pas permis de s'assurer du fait qu'au niveau des poumons il se passait des échanges comparables à ceux décelés aux niveaux des organes. La confirmation ou l'infirmité se fait à partir de diapositives et de divers documents.

Sans détailler toutes les étapes de cette vérification, à la fin de ces activités, les élèves modélisent les échanges alvéolaires.

Il leur est ensuite demandé de reprendre leurs conceptions initiales et de les confronter aux différents modèles retenus, puis de noter les points satisfaisants et les points à corriger. Partis ainsi de leurs conceptions, ils y reviennent afin d'évaluer la distance entre l'état initial et l'état auquel ils ont abouti afin de l'ancrer. Il leur est précisé que cet état est provisoire, c'est une étape dans la connaissance, étape qui sera reprise plus tard pour aller au-delà.

Ainsi, ces activités conduisent les apprenants vers de nouveaux questionnements lorsqu'elles ont permis de répondre aux questions posées ou elles les renvoient à ces mêmes questions et à une révision de leur reformulation si les solutions infirment les hypothèses.

- Des activités de structuration ou de synthèse

Elles permettent de faire le bilan des diverses vérifications et de conclure cette étape d'investigation, tout en permettant une ouverture sur l'étape suivante :

"Quels organes sont en cause dans les mouvements respiratoires ?"

A la fin de ce module les élèves ont répondu aux deux questions de départ :

"Comment sont faits les poumons ?" et "Que se passe-t-il à l'intérieur afin que le sang se débarrasse du CO_2 et s'enrichisse en O_2 ?"

Une évaluation finale permet de vérifier si les objectifs visés sont atteints.

Deux termes reviennent dans ce commentaire car ils sont évalués comme essentiels par le maître : celui de **"temps de confrontation"** de l'élève par rapport à lui-même, par rapport aux autres, par rapport à l'objet et par rapport au modèle, ces temps sont source de "conflits" cognitifs et/ou socio-cognitifs, donc de motivation pour les dépasser en résolvant le problème posé. Le second terme est celui de **"conception"**, individuelle, collective, et de conception reconnue comme le savoir à retenir.

le retour aux conceptions initiales permet aux élèves d'apprécier le chemin parcouru

- Les différents "partenaires didactiques" ont des rôles clairement définis dans un tel scénario

un savoir certes...

- Le savoir à enseigner

Comme il l'a été écrit, il est délimité à partir des instructions officielles et défini par des niveaux de formulation. Il est considéré comme contenu à mémoriser certes, mais il est aussi un moyen de permettre aux apprenants d'acquérir de nouveaux apprentissages, de les réinvestir ou de les renforcer, notamment par rapport à la démarche expérimentale. Elle n'est pas mise en relief dans ces propos centrés sur les conceptions, mais elle est un souci permanent de l'enseignant, démarche non pas linéaire, mais faite d'allers et retours, succession de questionnements pouvant mener parfois à des impasses ou à des erreurs. Dans ce cas, il est nécessaire de faire une pause dans le déroulement de la séquence, et de demander aux élèves de s'interroger sur le sens de ces impasses et erreurs, pour en faire des moteurs de la réussite et non pas de l'échec.

... mais qui s'est construit par le biais d'erreurs utilisées comme portes ouvertes sur la réussite

Le savoir est également le moyen d'acquérir des comportements valables à l'échelle de la société, il en sera question par la suite.

- Les apprenants

Ce sont les acteurs de leurs apprentissages. Le référent théorique qui sous-tend cet enseignement est le constructivisme. Ils posent les questions, suggèrent les vérifications, prennent conscience de l'état initial, des états intermédiaires et de l'état final de leurs connaissances. Ils s'interrogent sur leur propre fonctionnement.

des apprenants responsables de leur savoir

- Le maître

Il s'est défini différentes tâches :

- par rapport au savoir, il propose le sujet et respecte les instructions officielles, il détermine le niveau de formulation des concepts enseignés ;
- par rapport aux pratiques pédagogiques mises en œuvre, il suggère des activités fonctionnelles, il aide à la formulation des questions, il prévoit les expériences et le matériel susceptible d'être demandé par les élèves, il recueille les conceptions et les analyse ou les fait analyser par les élèves ;
- par rapport aux relations entre les participants, il gère la confrontation, guide : c'est un animateur, il accepte toutes les propositions et ne donne pas son avis pendant cette phase ; il rappelle les consignes de fonctionnement durant cette étape.

un maître gestionnaire de différentes fonctions

Il établit et communique le contrat didactique aux élèves : consignes à respecter, démarche de travail, rôle des partenaires, objectifs du travail, définition des conceptions et importance de leur prise en compte dans l'apprentissage, référents théoriques utilisés, importance et définition du conflit socio-cognitif. Les apprenants sont considérés comme capables de gérer ces éléments de leur apprentissage.

Il met également les élèves en situation de prise de conscience de leur propre fonctionnement face à un problème à résoudre.

Il assume un rôle différent lors des activités de synthèse au cours desquelles il apporte des informations complémentaires et participe à la rédaction d'une trace écrite. Selon le modèle I.N.R.P., il a un mode de fonctionnement tantôt incitatif, tantôt normatif, tantôt interactif.

- **L'environnement**

Il est pris en compte au niveau des activités fonctionnelles et des épreuves de transfert des acquis. C'est lui qui va permettre de replacer ou de relier l'acte d'apprentissage à la réalité socio-culturelle de l'élève.

Tous ces partenaires sont liés par un **contrat**. Le contrat définit aux élèves la démarche pédagogique suivie, le travail à travers les conceptions et le statut que le maître leur reconnaît, mais aussi les attitudes à développer pour travailler à travers elles, c'est-à-dire l'empathie, l'argumentation et le doute positif, il définit le statut de l'erreur, et les types d'évaluations proposées, formatives et non notées, normatives et sanctionnées.

4.3. Un deuxième exemple afin d'évaluer les capacités des apprenants à transférer les acquis antérieurs dans des situations nouvelles

La démarche utilisée est identique à la précédente et ne sera donc pas reprise. Cet exemple permettra de préciser si les conceptions sont ou non un levier possible pour les apprentissages.

Si le maître lie les concepts entre eux dans sa progression, qu'en est-il des apprenants ?

• Un pré-test, avant tout travail sur la respiration

Ce test fait suite à une activité sportive et porte sur les problèmes de résistance à l'effort qui ont suivi.

A la question : *"Lors d'une course d'endurance, que se passe-t-il au niveau de ton cœur, quelles explications peux-tu donner ?"*

Les réponses proposées sont de 2 types :

- celles qui font appel au "ressenti" (rythme, battement, essoufflement) et pour lesquelles "dire c'est expliquer",
- et celles qui, au-delà du ressenti, passent à un niveau d'explication plus rationnel.

Pour ce deuxième type de réponses, il y a passage de la constatation de faits, à un raisonnement tendant à expliquer ces faits. Dans ce cas le vocabulaire employé est plus scientifique : effort, rythme, sang, respiration, oxygénation, énergie et le raisonnement est de type déductif.

Le point de départ du raisonnement est, pour la majorité des élèves, le sang : *"c'est parce que le sang circule plus vite que le rythme du cœur s'accélère"*. Pour d'autres, c'est le

un quotidien qui s'articule avec les acquis

évaluer la capacité à transférer et intégrer des concepts

manque ou le besoin en oxygène qui est à l'origine de l'accélération, ou encore l'accélération du rythme respiratoire, enfin le besoin en énergie.

Certains élèves établissent donc un lien entre respiration, circulation du sang, rythme cardiaque, oxygénation et besoin d'énergie, mais de façon confuse et incomplète.

- Comment les élèves mobilisent leurs acquis sur la respiration, la circulation et la production d'énergie

Ce test est postérieur à l'étude de ces trois notions. La question posée est la suivante :

“Explique pour quelles raisons, lors d'un effort musculaire, le rythme cardiaque et le rythme respiratoire s'accroissent.”

Les trois notions ont été étudiées sans être mises en relation et c'est cette démarche qui est demandée aux élèves.

A ce moment de l'apprentissage, les élèves délaissent l'explication purement factuelle et se placent à deux niveaux d'interprétation :

- le niveau des organes en cause et de leur fonctionnement,
- le niveau de la respiration cellulaire, en utilisant les mots “oxygène” et “énergie”. Les conceptions, au départ axées sur des faits, se déplacent vers l'approche biochimique du phénomène.

- Après un travail sur ces conceptions par les élèves et une synthèse faite par le maître, que deviennent-elles ?

En classe, le maître propose comme exercice de lier les trois concepts en cause, à l'aide des acquis. Le travail se fait par deux, un organigramme explicatif est demandé aux élèves, le vocabulaire à utiliser est le suivant : activité physique, énergie, oxygène, glucose, circulation du sang, rythmes cardiaque et respiratoire, échanges gazeux.

Les organigrammes proposés sont ensuite confrontés et une production commune est retenue.

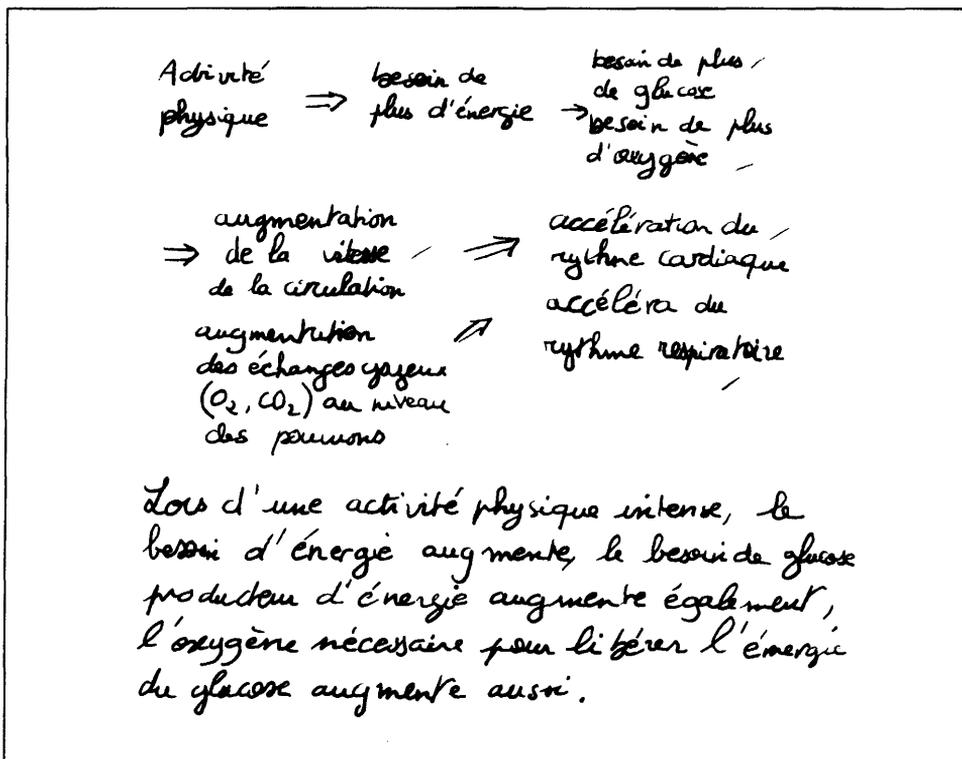
Un test suit ce travail, une semaine plus tard. La question posée est la même que précédemment (doc. 5).

Les résultats sont les suivants : aucun élève n'énonce des faits, les réponses portent en partie sur le fonctionnement des organes en cause.

Le point de départ du raisonnement est désormais le besoin en énergie de l'organisme pour la grande majorité des élèves, puis en oxygène, et enfin en glucose.

A cette étape de l'évolution des conceptions, l'axe de réflexion de tous les élèves se situe au niveau cellulaire.

Au cours de l'apprentissage, il y a glissement progressif d'une explication factuelle vers un raisonnement organisé, d'un niveau de formulation initiale vers le niveau défini par le maître, du concret vers l'abstrait.



Doc. 5 - Un exemple de réponse, donnée par la majorité des élèves, après une séquence d'activité de résolution de problème, à la question : "Explique pour quelles raisons, lors d'un effort musculaire, le rythme cardiaque et le rythme respiratoire s'accélèrent". (Évaluation normative)

- Mais que reste-t-il de ces acquis... à la fin de l'année scolaire ?

En fin d'année, un dernier test est proposé aux élèves afin d'évaluer ce qu'ils ont retenu... après avoir tout oublié ! Ce test ne reprend pas la question précédente, car il n'aurait évalué alors que leur faculté à mémoriser. Il s'agissait surtout de vérifier si le sens même de la respiration avait été intégré. Il leur fut proposé un Q.C.M. libellé ainsi :

"Quelle est la cause première de l'accélération des rythmes cardiaque et respiratoire lors d'un effort musculaire :

- le besoin plus important en énergie ?
- l'effort musculaire ?
- la circulation plus rapide du sang ?
- le manque d'oxygène ?
- le manque de glucose ?
- trop de dioxyde de carbone ?"

une approche systémique de la fonction de respiration exige une capacité à intégrer les différents concepts

L'analyse des réponses montre que presque tous les élèves donnent comme raison première, un besoin plus important d'énergie. Les élèves restants donnant comme cause première l'effort musculaire lui-même.

Ainsi, dans le délai considéré, bien que le test soit formulé différemment, **le pourcentage d'élèves donnant la réponse attendue est le même que trois mois auparavant, il n'y a pas eu de phénomène d'oubli et la réintégration des acquis demeure.**

Pour les autres élèves, il semble qu'ils en soient restés à l'interprétation de départ, à la constatation des faits, ce phénomène a déjà été constaté à propos d'autres tests, soit un passage se fera à un autre niveau, mais plus tard, soit une présentation différente du concept permettra un déblocage, c'est ce qui a été observé lors de cas antérieurs. Ce ne sont probablement pas les seules options.

4.4. Les conceptions sont-elles un levier dans l'acquisition des connaissances ?

Il est opportun de se poser la question. Et si les résultats étaient identiques... sans les prendre en compte, sans mettre en place le dispositif de leur utilisation ?

Ce questionnement mérite réponse et parallèlement à ces quatre groupes d'élèves ayant travaillé à travers les conceptions, un autre groupe retenu comme témoin avec toutes les limites que cela implique, a permis de donner une ébauche de réponse ou tout du moins de recherche (cf. 4.1. Méthodologie).

Les performances du groupe témoin sont identiques à celles du groupe expérimental en ce qui concerne les tests précédant et suivant la réalisation de l'organigramme de mise en relation des différentes notions liées à la production d'énergie (cf. 4.3.)

Le bilan de fin d'année de type Q.C.M. donne des résultats différents : les réponses sont plus diverses dans le groupe témoin et font retour aux conceptions initiales pour la plupart. La cause première de l'accélération des rythmes cardiaque et respiratoire étant l'effort musculaire pour la moitié des apprenants, le besoin plus important en énergie n'étant évoqué que par une minorité.

Lorsque le test change dans sa forme, le groupe expérimental maîtrise beaucoup mieux la manipulation des différents concepts que le groupe témoin et maintient son raisonnement à un niveau abstrait. Est-ce dû uniquement au fait de travailler à travers les conceptions, ou à d'autres facteurs indépendants de ces dernières ?

En conclusion, **l'utilisation des conceptions** dans la pratique pédagogique **ne semble pas modifier les capacités de mémorisation** des apprenants, mais leurs aptitudes à demeurer au niveau de formulation défini, semblent renforcées, les conceptions initiales ne resurgissent pas dans la

travailler avec les conceptions ne semble pas modifier la mémorisation, mais semble améliorer nettement les capacités de transfert

majorité des cas, à la fin de l'année scolaire ; de même, **les compétences de transfert des apprentissages** à de nouvelles situations **sont acquises dans le groupe expérimental**.

4.5. De l'utilisation qui peut être faite du concept

Le concept de respiration présenté en partie dans cet exposé, est pour le maître un concept parmi d'autres permettant d'atteindre celui d'énergie, plus fondamental dans la progression envisagée en classe de Troisième. Deux finalités sont à prendre en compte quant à l'utilisation que l'enseignant fait de ce concept, soit étudié comme fin en soi, soit utilisé comme moyen, comme support.

- Le concept est utilisé comme fin en soi

au delà du
concept à
maîtriser comme
fin en soi...

Lorsqu'il y a un niveau initial des apprenants par rapport au concept, un niveau final à atteindre défini par les instructions officielles, et entre les deux, un chemin à parcourir par les élèves dans les conditions d'apprentissage définies précédemment. Les capacités à développer sont celles d'une mémorisation d'une part, l'élève est capable de réexpliquer ce qu'il a entendu, et d'autre part d'une intégration, d'un transfert des apprentissages, l'élève est capable, dans un autre contexte, de mobiliser ses connaissances et de donner une interprétation raisonnée des faits. Dans le cas étudié, l'objectif est d'acquérir un certain vocabulaire et d'organiser des notions entre elles de façon logique. le concept visé étant celui d'énergie, le chemin à suivre est celui qui donne un sens à la respiration entre autres et aux concepts qui lui sont liés.

- Le concept est utilisé également comme moyen

- **C'est un moyen de gérer les apprentissages de savoir-faire** : savoir faire une démarche expérimentale, cet objectif n'est pas développé dans ce texte, mais il a été l'objet de séquences antérieures portant sur la respiration au niveau des cellules. Savoir gérer une argumentation afin de retenir des éléments pertinents à une proposition, une conception. Cet objectif est particulièrement mis en œuvre pendant les temps de confrontation où les apprenants gèrent les conflits socio-cognitifs qui émergent suite à l'affrontement de conceptions différentes.
- **C'est aussi un moyen de donner sens aux problèmes quotidiens** des élèves, comme le problème de résistance à l'effort ou les problèmes de diététique. Le premier problème est celui qui est abordé dans cet exemple, le deuxième a été abordé par la suite, après acquisition du concept d'énergie.
- **C'est encore le moyen de prendre conscience des comportements** et de les modifier, ce sont les attitudes qui sont objet d'observation dans ce cas. Les moments de

... le concept est
aussi un moyen
de construction
de l'apprenant

confrontation vont permettre de mettre l'accent sur la nécessité de l'écoute, de l'empathie, de l'acceptation de la différence au cours de l'argumentation et de la mise en cause, par l'élève, de ses propres conceptions. Le maître, dans ce cas, met l'accent sur ces points à repérer, les élèves sachant que l'observation du déroulement de confrontation porte sur ces points, pour cette séquence-là.

- **C'est le moyen d'acquérir la capacité de s'auto-analyser** quant à son propre fonctionnement intellectuel face à un problème, l'élève est sollicité à se regarder faire, raisonner, par exemple lorsqu'il mobilise ses connaissances face à une question posée, ou lorsqu'il est en situation de mémorisation. Dans ce cas, l'enseignant se rapproche des thèses de Britt Mari Barth(3) sur la métacognition qu'elle définit "*...comme le besoin d'analyser et de réfléchir sur la démarche cognitive et la capacité de mettre en œuvre consciemment un raisonnement*".
- **Enfin, c'est le moyen de prendre conscience que le savoir est une conquête personnelle** et que chaque apprenant a sa part de responsabilité lors de son acquisition, ce qui est le corollaire de la métacognition. L'élève est amené à opérer un changement de 180° au niveau de ses conceptions sur le rôle du maître et sur le sien. Il est acteur, et le maître ...catalyseur, personne ressource, animateur, expert.

5. LES CONCEPTIONS AU SERVICE DE LA CONSTRUCTION DE L'APPRENANT OU "QUAND LE SYSTÈME ATTEINT LES OBJECTIFS QUI LUI ÉTAIENT CONFÉS"

Quelle évaluation les élèves font-ils du système d'apprentissage proposé ?

L'évaluation de fin d'année scolaire porte sur les critères retenus au paragraphe 2.3. et sur une pratique généralisée sur toute l'année et non pas uniquement mise en place pour l'exemple retenu dans ce texte. Des questions ouvertes ont été posées aux élèves en début d'année, alors qu'ils se familiarisaient avec la méthode. Des questionnaires types Q.C.M. ont été donnés en fin d'année alors qu'ils l'avaient régulièrement pratiquée.

les conceptions des élèves sur leurs conceptions rejoignent les courants de pensée à ce sujet

En début d'année, le recueil des conceptions et leur utilisation sont perçus positivement par la majorité d'entre eux : "*elles (les conceptions) réduisent les erreurs et permettent un approfondissement du travail*". Certains élèves se disent cependant "*obligés d'inventer des réponses fausses qu'ils vont alors se mettre dans la tête*", bien que tous les élèves

(3) Britt-Mari BARTH. *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris. Retz. 1987.

affirment "qu'elles permettent de prendre conscience de leurs connaissances".

Les élèves se situent mal face à leurs connaissances antérieures, ils sont hésitants entre "un déjà-là" qui peut être entaché d'erreurs et "un terrain vierge" que la méthode entacherait d'erreurs. Ils soulignent deux courants de pensées qui se sont affrontés à propos de l'existence ou non des conceptions, de l'utilité ou non de les faire émerger et de les utiliser.

En fin d'année scolaire, que donne l'analyse des questionnaires ?

les conceptions acquièrent un statut dynamisant au cours de l'année...

et sont à prendre en compte, selon l'opinion des apprenants

- Évaluation de la fonction motivante du modèle pédagogique : la majorité des apprenants "trouve plaisir et intérêt à travailler de cette façon".
- Évaluation de la fonction "construction cognitive" de l'apprenant : la grande majorité des élèves disent "mieux comprendre" et "approfondir davantage leur travail" par cette méthode. Cependant "elle n'apporte pas plus de facilité pour apprendre".
- Évaluation de la fonction "construction sociale" des apprenants : la méthode a permis "plus d'écoute entre les pairs", "une confrontation positive des idées". Les élèves pensent "qu'elle les concerne tous et qu'elle est tolérante".
- Évaluation de la fonction "construction psychologique" : la méthode permet de "mettre en évidence des idées", des connaissances implicites, afin de "s'appuyer dessus pour apprendre", "ces connaissances fausses sont des étapes normales de l'évolution du savoir. Elle facilite la prise de distance entre les conceptions et le concept".

Cette pratique est ressentie comme "difficile", "exigeante" notamment quant à la rigueur dans le raisonnement qu'elle nécessite.

Par rapport à leurs propres conceptions, les élèves les perçoivent positivement en fin d'année, comme un "déjà-là" et leur accordent un rôle dynamique dans la construction du savoir.

En conclusion, et en considérant les résultats des évaluations au premier degré, le système mis en place s'est révélé fonctionnel pour travailler à travers les conceptions. Quant à l'utilisation des conceptions comme levier dans les apprentissages, elles semblent particulièrement efficaces lors des activités de transfert, dans le contexte donné. Peut-on généraliser à tous les transferts ? Que reste-t-il des capacités à long terme ?

En fait, qu'est-ce qui a motivé ainsi les apprenants et a permis le maintien de la compréhension et du sens du concept de respiration ? L'utilisation des conceptions ? Le concept lui-même ? L'approche systémique des fonctions de nutrition ? Le souci de replacer les diverses questions par rapport au quotidien des élèves ? Le modèle pédagogique de

référence ? Le fait de donner les rôles essentiels aux formés ? La motivation du maître face à une pratique en laquelle il croit ?... D'autres variables ? Un "je ne sais quoi... un presque rien..." qui fait la différence...?

Madeleine PACCAUD
IUFM de Lyon
Centre local de
Bourg-en-Bresse

LES MANUELS, UN MODE DE TEXTUALISATION SCOLAIRE DU SAVOIR SAVANT

Michèle Grosbols
Graciela Ricco
Régine Sirota

Comment dans la sphère scolaire, la transposition didactique transforme-t-elle un objet scientifique en objet d'enseignement ?

A cette question l'analyse des manuels scolaires permet de répondre de manière privilégiée, dans la mesure où ceux-ci, mettant en œuvre programmes et instructions officielles, peuvent être considérés comme incarnant la forme scolaire du savoir.

Nous avons considéré les manuels comme des "acteurs" de la transposition didactique car ils opèrent d'une part une sélection des objets de savoir, et d'autre part une textualisation.

Trois aspects du fonctionnement de la transposition didactique du concept de respiration ont été retenus :

1) Quel savoir recouvre la notion de respiration dans les manuels ?

2) Comment l'évolution des savoirs, et l'actualité scientifique sont-elles prises en compte ?

3) Quel modèle de démarche scientifique est privilégié dans les manuels ?

Que deviennent les savoirs concernant la respiration, dans l'enseignement secondaire ? Comment dans la sphère scolaire, la transposition didactique(1) transforme-t-elle un objet scientifique en objet d'enseignement ?

A cette question l'analyse des manuels scolaires permet de répondre de manière privilégiée, dans la mesure où ceux-ci, mettant en œuvre programmes et instructions officielles, peuvent être considérés comme incarnant la forme scolaire(2) du savoir.

Si nous nous sommes centrés sur la respiration, c'est que ce concept organisateur de la biologie tout au long de son histoire jusqu'à la biologie la plus contemporaine, est enseigné de l'école primaire aux classes terminales de l'enseignement secondaire.

les manuels,
forme scolaire du
savoir

(1) Nous nous référons ici au concept de transposition didactique introduit par M. Verret et systématisé par Y. Chevallard et qui analyse "le passage d'un contenu de savoir précis à une version didactique", l'analyse de ce passage implique de pointer une distinction entre trois sortes d'objets : objet de savoir, objet à enseigner, objet d'enseignement. Le passage du savoir, à travers la constitution de ces différents objets, ne se fait pas dans la restitution exacte mais dans la "transformation", la "variation" et parfois "la substitution". CHEVALLARD Y., *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble, Ed. La pensée sauvage, 1985.

(2) VINCENT G., *L'école primaire française*, P.U.L., Lyon, Ed. de la M.S.H., 1980.

les sphères
institutionnelles
de légitimation
du savoir

Afin d'analyser la transposition didactique de cette notion, nous nous sommes placés dans une perspective de reconstruction des éléments de la "chaîne didactique" qui produit et structure cette transposition, dont nous avons cherché à identifier les ancrages institutionnels à l'oeuvre dans la structuration des curricula(3).

La chaîne de la transposition didactique se constitue à partir de plusieurs sphères institutionnelles de légitimation du savoir(4).

- **La sphère de la production scientifique**, où s'élabore le savoir savant, identifiable par les communications et publications de résultats originaux.
- **La sphère de la planification didactique**, où sont prescrits les curricula formels à travers les instructions officielles, et les programmes d'enseignement assortis de leur concrétisation à travers les manuels.
- **La sphère de la formation**, où se structure la formation des maîtres à travers le cursus académique initial, dont l'Université - et les programmes des concours de recrutement (Agrégation et CAPES).
- **La sphère scolaire**, où les curricula formels sont mis en oeuvre, à travers des situations didactiques engendrant le curriculum réel.

comment le
savoir se
transforme-t-il ?

Comment le savoir se transforme-t-il au fil de cette chaîne, quels tris, quels choix s'effectuent à travers les passages successifs d'une sphère de légitimation à l'autre ? En fonction de quels débats scientifiques, et au sein de quelles institutions ces glissements s'opèrent-ils ?

Le parti pris de notre recherche(5) a été précisément de parcourir d'un bout à l'autre cette chaîne de transposition didactique, nous ne présenterons dans cet article, qu'une partie de cette étude concernant les modalités de la transposition didactique dans les manuels.

-
- (3) Nous reprendrons ici la définition proposée par J.C.FORQUIN "Un curriculum scolaire, c'est tout d'abord un parcours éducationnel, un ensemble suivi d'expériences d'apprentissages effectuées par quelqu'un, sous le contrôle d'une institution d'éducation formelle au cours d'une période donnée. Par extension, la notion désignera moins un parcours effectivement accompli qu'un parcours prescrit par une institution scolaire, c'est-à-dire un programme ou un ensemble de programmes d'apprentissages organisés en cursus". FORQUIN J.C., *Revue Française de Sociologie* XXV, 1984, "La sociologie du curriculum en Grande-Bretagne; une nouvelle approche des enjeux sociaux de la scolarisation".
- (4) Bien entendu cette chaîne de transposition didactique ne fonctionne pas dans une apesanteur sociale, elle est soumise aux enjeux sociaux des savoirs, ceux-ci se manifestant de manière plus ou moins marquée suivant les maillons de la chaîne.
- (5) GROSBOIS M., RICCO G., SIROTA R., *Le parcours du savoir dans la chaîne de transposition didactique, à propos de la respiration*, 1988. Cette recherche analyse le travail de la transposition didactique dans les différentes sphères décrites précédemment.

les manuels
acteurs de la
transposition
didactique

Nous avons considéré les manuels comme des "acteurs" de la transposition didactique car ils opèrent d'une part une sélection des objets de savoir, et d'autre part une textualisation.

Trois aspects du fonctionnement de la transposition didactique ont été retenus :

- 1) Quel savoir recouvre la notion de respiration dans les manuels ?
- 2) Comment l'évolution des savoirs et l'actualité scientifique sont-elles prises en compte ?
- 3) Quel modèle de démarche scientifique est privilégié dans les manuels ?

L'actualité du contenu des manuels nous a paru particulièrement intéressante à analyser, au moment où la mise en place d'une réforme (la réforme Haby, de 1975) a permis une actualisation du savoir, celle-ci étant d'ailleurs préconisée par les auteurs des programmes : "les choix des thèmes d'études sont dictés par le souci de familiariser les élèves avec les acquisitions récentes de la connaissance biologique et notamment dans les disciplines les plus performantes"(6).

l'actualisation du
savoir à partir de
la réforme Haby

Le manuel se trouvant à l'intersection des différentes sphères de production, d'authentification et de diffusion des savoirs, il reflète le travail de tri, de choix des connaissances, et de conceptualisation du savoir qui s'est produit par glissements successifs de celui-ci d'une sphère de légitimation à l'autre. De quels enjeux de constitution et de diffusion des savoirs, un manuel est-il donc la résultante ? Comment se construit la transposition didactique ?

Ce travail de tri et de choix des savoirs a été jusqu'à présent beaucoup plus analysé à propos des manuels d'histoire ou de littérature, mais bien peu d'études portent sur les manuels scientifiques(7).

Les manuels pourraient-ils se situer en dehors de tout débat épistémologique dans la mesure où ils ne représenteraient

(6) Ministère de l'Education Nationale. *Sciences Naturelles*, Classes de Seconde, Première et Terminale, p.62. C.N.D.P. (1982).

(7) Ainsi J.C.FORQUIN, dans une revue de synthèse portant sur l'approche sociologique des contenus et programmes d'enseignement parue dans *Perspectives documentaires en Sciences de l'Education* n°5, 1985, souligne-t-il combien peu de sociologues français se sont intéressés aux contenus et programmes d'enseignement malgré la contribution exemplaire et fondatrice de DÜRKHEIM dans *L'évolution pédagogique en France*. Certains analysent comme G.VINCENT dans *L'école primaire Française*, P.U.L., 1980, les modèles idéologiques véhiculés par les exemples des manuels de mathématiques, d'autres se situent dans une perspective plus proche de la nôtre et discutent les choix épistémologiques ou paradigmatiques des manuels. On peut alors citer dans le champ des Sciences Naturelles, les travaux d'ASTOLFI J.P. et al., (1978) et plus précisément ceux de RUMELHARD, G., *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*, Peter Lang, Berne (1986).

le manuel,
garant social de
la compétence
professionnelle
des enseignants

comme le dit un éditeur (8) "qu'un rouage de démultiplication entre un ministère qui prend les grandes décisions et les professeurs qui sont sur le terrain avec les classes".

Que l'on considère les prescriptions officielles (au travers des notes de service définissant l'usage des manuels(9)) ou l'usage réel des manuels dans les établissements scolaires(10), force est de constater qu'il ne s'agit pas d'un support pédagogique marginal, mais au contraire central, tant du point de vue du professeur que de celui de l'élève. Son usage n'est d'ailleurs pas limité à l'enseignement secondaire, si l'on en croit les rapports du jury du CAPES de Sciences Naturelles qui conseillent la "connaissance des manuels de Sciences Naturelles des lycées et collèges afin de maîtriser les notions fondamentales et de connaître les orientations des programmes dont s'inspirent souvent les sujets exposés"(Rapport de CAPES Sc.Nat.,1985).

Jouant ainsi tant du côté de la planification didactique que dans la pratique effective un rôle de garant social de la compétence professionnelle des enseignants - à la fois sur le plan académique et sur le plan pédagogique - les manuels deviennent un des principaux vecteurs de la transposition didactique.

1. LA CONSTRUCTION DU SAVOIR SAVANT : QUELQUES REPÈRES POUR L'ANALYSE DES MANUELS

L'analyse du concept de respiration(11) a montré qu'il englobe de multiples champs de connaissances(12).

-
- (8) *Cahiers pédagogiques n°132*, Mars 1975. Interview du Directeur des manuels scolaires chez Hachette.
- (9) Note de service n°86-133 du 14 Mars 1986 - "Manuels scolaires de collèges : fonction, choix, achats à la rentrée de septembre 1986". Les textes réglementant les manuels scolaires ont été analysés par A. CHOPPIN dans une série d'articles : "Histoire des manuels scolaires : une approche globale" in *Histoire de l'Education*, Déc.1980, "Le cadre législatif et réglementaire des manuels scolaires I. De la révolution à 1939" in *Histoire de l'Education*, n° 29, janv.1986. "Le cadre législatif et réglementaire des manuels scolaires II. de 1940 à nos jours" in *Histoire de l'Education* n°34, Mai 1987.
- (10) TOURNIER A., NAVARRO M., *Les Professeurs et le manuel scolaire*, Collection Rapports de recherches , n° 5, I.N.R.P., 1985. Les auteurs dans ce rapport précisent qu'en sciences expérimentales, le manuel est jugé indispensable ou très utile par 2/3 des enseignants de second cycle, seul 3% considère les manuels comme accessoires, inutiles ou néfastes.
- (11) L'historique détaillé du concept est présenté au chapitre I du rapport : *Le parcours du savoir dans la chaîne de transposition didactique*, op.cit.
- (12) DEBRU C., *L'esprit des protéines*, Paris, Hermann, 1983.

les ruptures
épistémologiques

Historiquement(13) il apparaît comme central et organisateur de plusieurs disciplines majeures en biologie. On peut distinguer dans les approches concernant la respiration un point de vue "externe" anatomique et fonctionnel qui va du souffle à la spécification des échanges gazeux. Depuis le début du XXème siècle, les recherches sur la respiration ont parcouru les quatre niveaux successifs d'emboîtement formulés par F. Jacob dans *"La logique du vivant"*(14) à propos de l'histoire de la génétique. Le concept de respiration a été de ce fait intériorisé et soumis à une exploration biochimique puis biophysique.

L'histoire de l'élaboration de ce concept nous a mis en présence de quatre changements paradigmatiques majeurs. Il s'agit du passage de la conceptualisation de la respiration en tant que combustion, aux oxydations par déshydrogénations successives montrant que la respiration est fondamentalement différente d'une combustion, puis du passage pour interpréter la phosphorylation oxydative de la notion d'enzymes de couplage à la théorie chimiosmotique (Théorie de Mitchell).

Les nombreuses questions encore en suspens à l'heure actuelle nous montrent d'ailleurs le caractère toujours en devenir des connaissances concernant la respiration.

2. QUE RECOUVRE LA NOTION DE RESPIRATION DANS LES MANUELS DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE ?

Nous avons choisi de centrer notre analyse sur les manuels des classes scientifiques du second cycle de l'enseignement secondaire général (ce niveau représentant le degré de connaissances le plus approfondi et le plus complexe qu'offre le cycle secondaire)(15).

Notre analyse ne prétend pas à l'exhaustivité, nous avons retenu les manuels qui d'après leur vente semblent les plus utilisés dans les lycées.

La respiration est abordée dans le premier cycle des études secondaires. Elle est décrite d'un point de vue purement

(13) GIORDAN A., *Histoire de la Biologie*, Tome I, Technique et Documentation, Paris, Lavoisier, 1987.

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

(15) En effet le manuel de la collection dirigée par J. ESCALIER va jusqu'à l'exposé de la théorie chimiosmotique de la phosphorylation alors que par exemple le manuel de la collection TAVERNIER n'actualise pas le savoir jusqu'à la description des mécanismes de la phosphorylation oxydative et s'arrête à une description succincte des oxydations terminales.

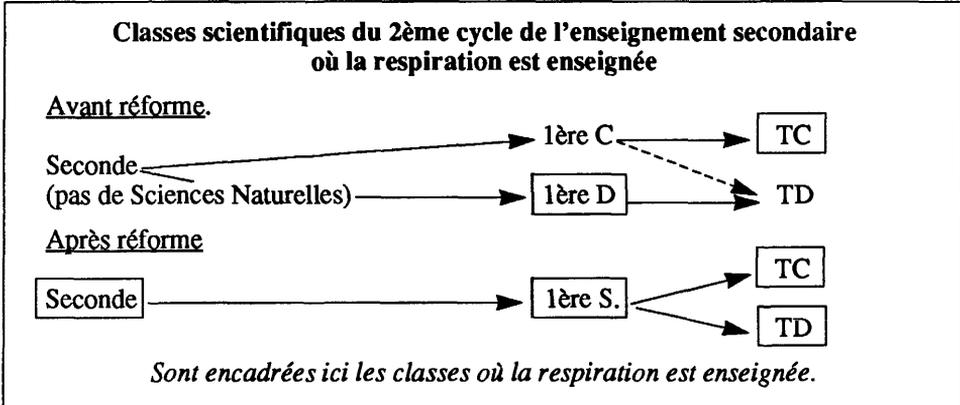
la respiration, les échanges gazeux

"naturaliste"(16) et son étude s'attache à faire reconnaître son existence universelle chez les êtres vivants, malgré la diversité de ses manifestations externes : identité de la nature des échanges gazeux, diversité des modalités de leur accomplissement, mouvements respiratoires éventuels, etc. Elle s'accompagne de notions anatomiques sur les appareils respiratoires, en particulier des mammifères et de l'homme, ce qui ramène le phénomène à l'élève lui-même. La nécessité d'un fluide de transfert des gaz de la surface d'échange de l'organisme aux organes est abordé. L'aspect de l'hygiène respiratoire est souligné. Enfin, la respiration est reliée à la production de chaleur et à l'apport d'énergie nécessaire à l'activité de l'organisme. Cette présentation de la respiration, indispensable à un certain niveau de connaissances, est en dehors des recherches fondamentales contemporaines sur ce sujet et il n'y a donc pas lieu d'en étudier l'actualité scientifique.

L'exposé de la respiration dans le second cycle scientifique cadre au contraire avec notre problématique.

La réforme Haby

Avant la Réforme Haby dans les classes scientifiques du second cycle, la respiration était enseignée en Première dans la filière D ou en Terminale dans la filière C, donc dans les deux cas sur une année scolaire seulement. Depuis l'application de la réforme, elle est traitée en : Seconde, Première S, Terminales D et C, donc sur trois années scolaires au total(17).



(16) "Le naturaliste, c'est l'homme du visible structuré et de la dénomination caractéristique"
FOUCAULT M., *Les mots et les choses*, Gallimard, 1966, p.174.

(17) Ministère de l'Éducation Nationale, *Sciences Naturelles*, Collection : horaires, objectifs, programmes, instructions, C.N.D.P., 1977.

Ministère de l'Éducation Nationale, *Sciences Naturelles*, Classes de Seconde, Première et Terminale. Collection : horaires, objectifs, programmes, instructions, C.N.D.P., 1982.

Notre comparaison porte donc sur les contenus des manuels de Première D et de Terminale C (avant réforme) et de Première S et Terminale D et C (après réforme).

3. PRÉSENTATION DE LA RESPIRATION DANS LES MANUELS AVANT LA RÉFORME HABY

Pour la période que nous avons qualifiée "avant la réforme Haby", nous avons étudié un manuel de Première D (édition 1980) et un manuel de Terminale C (édition 1981).

3.1. La respiration dans un manuel de Première D avant réforme (18)

toujours les échanges gazeux

Dans ce livre de Première D, le sujet est traité sur 14 pages. Une première idée de l'importance accordée par les auteurs aux différents aspects proposés de la respiration se retrouve dans le nombre de pages respectif qui leur est consacré. La mise en évidence des échanges gazeux respiratoires (au niveau organisme, organe, tissu) prend trois pages et demie. La mesure des échanges gazeux, selon deux méthodes, suivie d'une page et demie de calculs d'intensité respiratoire (IR) et de quotient respiratoire (QR) occupe quatre pages. Si l'on ajoute à ceci trois pages consacrées aux transports des gaz (rôle du sang et de l'appareil circulatoire chez les animaux), on voit que 70% du sujet est consacré aux échanges gazeux. Ce savoir a été établi dès la fin du XVIIIème siècle et pendant la première moitié du XIXème. Il s'agit de la description de la respiration au niveau de l'agencement des surfaces et de son intériorisation au niveau des tissus (structures I et II définies par Jacob). La définition du Quotient Respiratoire (QR) et son étude datent de 1872 (Pflüger).

sur quatorze pages, trois consacrées à la respiration cellulaire

Trois pages sont consacrées à la respiration cellulaire. Le contenu de cette partie est particulièrement intéressant, puisque l'on est supposé atteindre là l'analyse du mécanisme au niveau moléculaire, c'est-à-dire son appréhension contemporaine (réactions chimiques, relations structure/fonction, correspondant à la structure d'ordre IV définie dans "*La logique du vivant*").

L'exposé de la respiration cellulaire est précédé d'un court paragraphe d'introduction rappelant des expériences attribuées par les auteurs du manuel à Paul Bert (1870) et se rapportant aux échanges gazeux d'un fragment de tissu isolé, suit leur mesure précise par la méthode de Warburg (1910). Puis la présentation de la respiration cellulaire part de la question : "*Que devient l'O₂ absorbé par un tissu et quelle est l'origine du gaz carbonique dégagé ?*". Il est précisé qu'il s'agit d'un mécanisme d'oxydation cellulaire des métabolites (ce dernier terme est défini à ce propos) catalysé par des enzymes spécifiques pour chaque réaction. L'origine du CO₂ est présentée comme le résultat du fonctionnement de "carboxylases" (Voir encadré p. 66).

● *Décarboxylations et déshydrogénations*

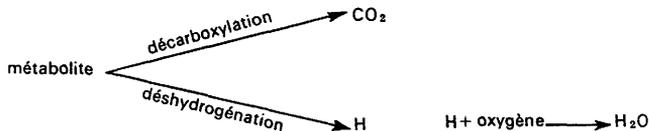
Sous l'action d'enzymes, appelées *carboxylases*, les métabolites perdent des molécules de CO_2 , qui diffusent hors des cellules : telle est l'origine du gaz carbonique dégagé par la respiration d'un tissu. Sous l'action d'autres enzymes, les *déshydrogénases*, les molécules de métabolites perdent de l'hydrogène; c'est ce qu'on exprime en disant que de l'hydrogène se trouve « mobilisé » (c'est-à-dire rendu mobile) à l'intérieur des cellules. Cet hydrogène, on va le voir, ne se dégage pas hors des cellules. Décarboxylations et déshydrogénations donnent naissance à divers composés dont l'existence est transitoire; de nombreuses enzymes participent à ces réactions.

● *Fixation de l'hydrogène par l'oxygène*

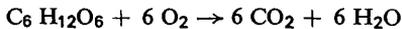
L'hydrogène « mobilisé », n'est sous la forme moléculaire H_2 , qui est celle de l'hydrogène libre; il est sous une forme atomique, particulièrement active au point de vue chimique, et il se combine à l'oxygène (qui, chez les animaux, est apporté aux cellules par le sang); l'oxydation de l'hydrogène donne de l'eau. La combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène fait encore intervenir des enzymes, ainsi que des corps (appelés *transporteurs d'hydrogène*) qui facilitent cette combinaison.

Bilan des oxydations cellulaires: quotient respiratoire

On peut, en simplifiant à l'extrême, résumer comme suit les nombreuses réactions qui se produisent dans les oxydations cellulaires :



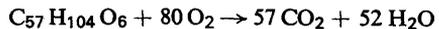
L'ensemble de ces réactions est globalement équivalent à la réaction de combustion du métabolite; ainsi, la consommation du glucose, comme nous l'avons vu (p. 221), équivaut à la réaction



d'où le quotient respiratoire $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{6}{6} = 1$.

Si les métabolites utilisés sont des lipides, le quotient respiratoire descend à 0,7 parce que les lipides sont beaucoup

moins riches en oxygène que les glucides; ainsi, avec l'oléine, on a :



$$\text{Q.R.} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{57}{80} \simeq 0,7.$$

Avec les protides, enfin, le quotient respiratoire a une valeur intermédiaire, proche de 0,8. Ainsi, la valeur du quotient respiratoire d'une plante ou d'un animal - ou d'un être humain - dépend des métabolites utilisés par les oxydations cellulaires.

Il est expliqué que "sous l'action de déshydrogénases les métabolites perdent de l'hydrogène, l'hydrogène est mobilisé c'est-à-dire rendu mobile...Décarboxylation et déshydrogénation donnent naissance à divers composés...de nombreuses enzymes participent à ces réactions...L' H_2 est sous forme atomique, il se combine à l' O_2 ce qui donne de l'eau".

des explications
bien vagues

Ce qui frappe dans cet exposé, c'est la caractère vague des explications fournies : "divers composés", "de nombreuses enzymes" "la combinaison de l' H_2 avec l' O_2 fait intervenir des transporteurs d'hydrogène qui facilitent cette combinaison".

Dans le bilan des oxydations cellulaires donné sous forme d'un schéma, on retrouve la préoccupation sous-jacente de justifier les échanges gazeux. D'ailleurs les auteurs reviennent immédiatement à ces échanges en comparant les Quotients Respiratoires obtenus avec le glucose, la trioléine ou les protéines comme source d'énergie.

Ils soulignent à ce propos l'identité de l'équation de la respiration avec une combustion, point sur lequel nous reviendrons.

Les concepts très vaguement évoqués datent du début de ce siècle, tel que la déshydrogénase (Batteli et Stern, 1912). Pour le reste, le texte est si peu précis qu'il est difficile de rapporter son contenu à la respiration telle qu'on la décrit actuellement. "La combinaison de l' H_2 avec l' O_2 fait encore intervenir des enzymes ainsi que des corps (appelés transporteurs d'hydrogène) qui facilitent cette combinaison".

Cette présentation est ambiguë puisque, en réalité, l'hydrogène en tant que tel n'est pas transféré à l'oxygène, ce sont des électrons qui passent par des systèmes rédox et finalement sont cédés à l'oxygène par le complexe cytochromeoxydase et non pas par des transporteurs d'hydrogène.

Quel savoir l'élève qui a étudié la respiration a-t-il pu acquérir ?

la prégnance de
l'association
combustion/res-
piration

Essentiellement l'existence d'échanges gazeux caractéristiques. Pour faire bon poids, faire sérieux et quantifié, donc scientifique, il aura vu deux méthodes de mesure des échanges gazeux et fait deux pages de calculs sans grand intérêt. Or, les échanges gazeux ne sont en réalité que des manifestations secondaires de la respiration, même si ce sont les plus manifestes et les premières à avoir été étudiées. Replacés dans le contexte de la fin du XVIIIème siècle, les travaux de Lavoisier sur les échanges gazeux représentent un tournant décisif dans la connaissance : pour la première fois, des phénomènes vitaux étaient interprétés en terme de chimie, ce qui changeait radicalement la nature du cadre conceptuel d'études des organismes vivants.

Si la comparaison soulignée dans le livre avec une combustion est d'un intérêt historique indéniable (pour les raisons évoquées plus haut), elle peut prêter à confusion pour l'élève. La respiration n'est pas une combustion ; les étapes d'oxydation sont toutes des déshydrogénations (sauf la der-

nière). Mais, comme le fait très justement remarquer Alexandre (19) : *"La respiration/combustion ne possédait-elle pas toutes les qualités pour devenir un dogme ? Présentée par un savant qui ne faisait plus de la physiologie spéculative, cette théorie était "parlante" pour le sens commun et bien davantage pour celui du savant. Sa "simplicité" appelait une vaste adhésion. Il était inévitable que la combustion pulmonaire soit liée à celle des poêles : "véritable combustion semblable à la combustion de nos foyers" dit Claude Bernard en 1867. Il est remarquable que de nos jours, bien que la théorie de Lavoisier soit dépassée, elle continue néanmoins de vivre par le langage des plus avertis. Il est en effet courant, sinon de règle, de dire que les aliments sont "brûlés" par nos cellules ou de parler de "combustion cellulaire" et manifestement les guillemets atténuent bien faiblement la connotation des mots".*

On retrouve donc là un obstacle épistémologique. Le livre, plutôt que d'aider l'élève à prendre conscience de cet obstacle, semble au contraire le renforcer.

3.2. La respiration dans un manuel de Terminale C avant réforme(20)

Dans la filière D la respiration était enseignée en Première, en C elle l'était en Terminale ; elle était donc traitée une seule fois dans chaque filière, le contenu du programme officiel se rapportant à ce thème était d'ailleurs strictement identique dans les deux filières, si ce n'est l'ajout de la notion de chaîne alimentaire et d'interdépendance des êtres vivants en Terminale C.

Si nous conduisons maintenant une analyse semblable à celle que nous avons effectuée sur le livre de Première D, nous constatons que la respiration y est également traitée en quatorze pages. La démarche est à peu de chose près la même (il s'agit pourtant d'une autre collection et d'autres auteurs). Ici encore 60% de l'exposé sont consacrés aux échanges gazeux, mesures assorties de calculs (Intensité Respiratoire et Quotient Respiratoire) avec quelques commentaires sur la variation physiologique de ces facteurs ; trois pages et demie sont réservées aux transferts des gaz respiratoires par le sang. Quatre pages décrivent la respiration des tissus, à laquelle nous nous sommes particulièrement intéressées, car à partir de cette notion commence l'intériorisation du phénomène.

La mise en évidence de la respiration des tissus est présentée par la description d'une expérience - la même que celle du livre de Première D - mais attribuée cette fois à

démarche peu
différente de
celle de
Première D

(19) ALEXANDRE B., "La respiration avant Magendie et Claude Bernard", in *Bulletin A.P.B.G.* Fasc. 247, n°1, 1983.

(20) *Biologie*, Terminale C - Collection Escalier - Nathan, 1980.

Spallanzani (1804). Puis une expérimentation plus précise avec l'appareil de Warburg est exposée.

La respiration cellulaire, comme dans le livre précédent, est introduite par un questionnement sur l'origine du CO₂ *"le véritable problème est de connaître l'avenir de l'oxygène absorbé et l'origine du dioxyde de carbone rejeté"*.

- Présentation et interprétation d'une expérience sur le devenir de l'oxygène

une
expérimentation
proposée au
niveau cellulaire

L'expérience est proposée dans le cadre d'un problème qui est posé à la fin du paragraphe précédent : *"on peut donc mettre en évidence les échanges gazeux au niveau des tissus mais le véritable problème est de connaître l'avenir de l'oxygène absorbé et l'origine du dioxyde de carbone rejeté"* et elle est présentée sous le titre : *"Devenir de l'oxygène absorbé"*, qui définit la perspective dans laquelle cette expérience est montée et interprétée. Cette expérience est décrite dans le but de montrer que la respiration cellulaire s'accompagne d'un transfert d'hydrogène sur un accepteur, ici le bleu de méthylène. Le bleu de méthylène est présenté comme un substitut de l'oxygène dans les conditions expérimentales.

- Problématique et expériences originales

Pour comprendre exactement la construction de cette expérience par rapport aux expériences originales dont elle s'inspire, il est nécessaire de rappeler très brièvement le cadre de celles-ci.

origine historique
de
l'expérimentation

Ces recherches avaient pour but de comprendre comment s'opère la dégradation des métabolites intermédiaires lors de l'oxydation du glucose par les organismes vivants. Elles se plaçaient dans le cadre de l'étude générale des processus d'oxydation. Les travaux de Wieland (datant de la première décennie du siècle) portaient sur l'oxydation de molécules organiques en présence de platine colloïdal et montraient que l'oxydation pouvait se produire en l'absence d'oxygène moléculaire, par retrait d'hydrogène. Ces travaux avaient permis d'établir la théorie de l'oxydation par déshydrogénation.

Les recherches en biologie - dont l'expérience proposée dans le manuel est une transposition - avaient pour but de comprendre l'oxydation des métabolites apparaissant lors de la dégradation du glucose, catalysée par les tissus vivants, en généralisant à ceux-ci la théorie de l'oxydation par déshydrogénation établie en chimie organique. Dans ces expériences conduites par Thunberg, Batelli et Stern (1910-1920) les auteurs étudiaient le transfert de l'hydrogène depuis un acide organique, métabolite intermédiaire supposé, subissant une oxydation en anaérobiose (acide succinique, fumarique, citrique) vers un système rédox artificiel, le bleu de méthylène.

B. Devenir de l'oxygène absorbé

Le bleu de méthylène existe sous deux formes : à l'état oxydé il est bleu, c'est sa forme normale; à l'état réduit il est incolore, c'est la forme leuco-dérivée*.

Dans cinq tubes à essais on place du liquide de Ringer auquel on ajoute :

- dans les tubes 1 et 2, des Moules sorties de leur coquille,
- dans des tubes 3 et 4, des fragments de Navet.

Les tubes 2 et 4 sont soumis à une courte ébullition.

Dans chacun des tubes on ajoute la même quantité de bleu de méthylène pour obtenir une légère teinte bleue. Le tube 5 sert de témoin (fig. 15a).

Les cinq tubes sont placés au bain-marie à 37° pendant une heure puis observés : les tubes 1 et 3 sont décolorés, il y a donc eu réduction du bleu de méthylène. Le phénomène ne se produit que dans les tubes contenant de la matière vivante (fig. 15b).

Dans certaines conditions les cellules peuvent utiliser le bleu de méthylène à la place de l'oxygène. Or la réduction du bleu de méthylène est due à la fixa-

* Le bleu de méthylène est un produit commode mais il semble que d'autres substances que l'hydrogène soient capables de le décolorer, l'expérience n'est donc pas totalement satisfaisante.

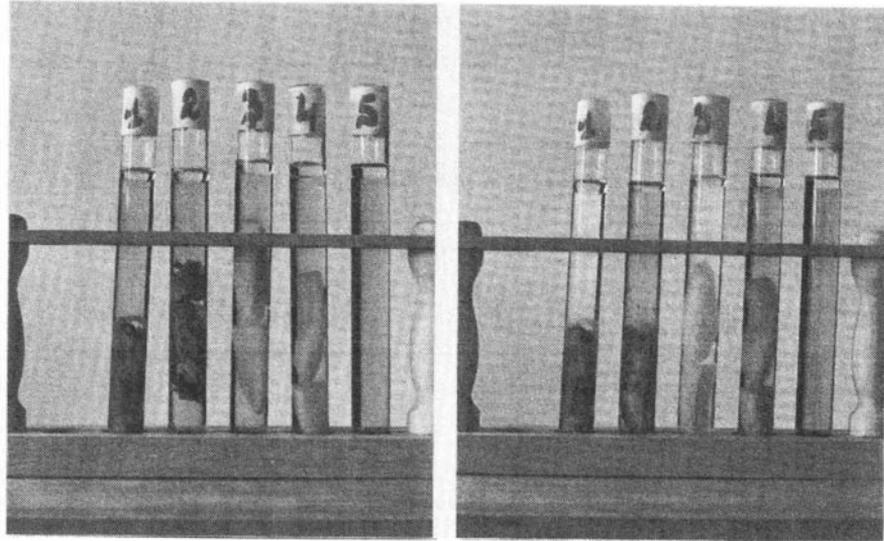
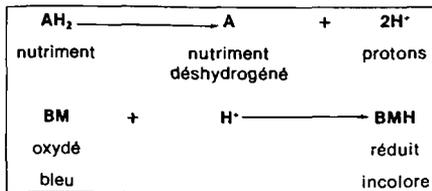


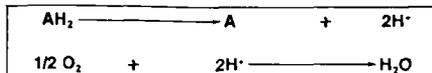
Fig. 15 Mise en évidence de la respiration tissulaire.

tion d'hydrogène atomique sur la molécule; la respiration cellulaire commence donc par une déshydrogénation : l'oxygène joue le même rôle que le bleu de méthylène c'est-à-dire celui d'accepteur d'hydrogène; le résultat est la synthèse de l'eau.

■ En présence de bleu de méthylène (donc en absence d'oxygène)

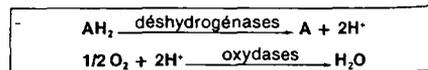


■ En présence d'oxygène



La formation de l'eau au cours de la respiration est le résultat de deux réactions successives, d'abord une déshydrogénation puis une oxydation; dans les deux cas la présence d'enzymes est indispensable.

Les **déshydrogénases** arrachent l'hydrogène des métabolites le libérant dans la cellule. Les **oxydases** assurent le transfert de l'hydrogène jusqu'à l'oxygène accepteur final.



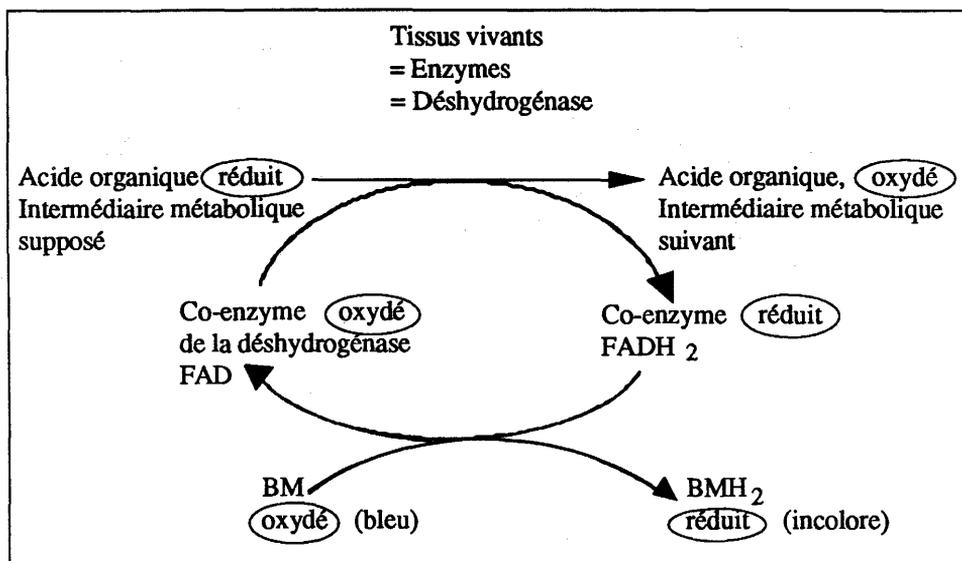
Les expériences utilisant le bleu de méthylène sont nombreuses. L'appareil de Thunberg est basé sur ce principe; on l'utilise non pas avec des cellules mais avec des extraits cellulaires.

On broie des graines de Haricot en cours de germination, on centrifuge à grande vitesse et on ne conserve que le liquide qui surnage.

Ce liquide est mélangé à du bleu de méthylène puis mis en contact avec une solution de glucose.

On assiste à une décoloration identique à celle que l'on obtient avec des tissus vivants, le liquide contient donc la partie active présente dans les cellules. Le broyage a libéré les enzymes intracellulaires.

Le système réactionnel mis en jeu peut être schématisé ainsi, il représente un ensemble de systèmes couplés d'oxydo-réductions :



De telles expériences ont permis d'identifier certains acides organiques intermédiaires de la dégradation du glucose, apparaissant par déshydrogénation en anaérobiose. Mais ce n'est qu'en 1935 que Szent-Györgyi, par des mesures précises de consommation d'oxygène, démontra que la déshydrogénation du succinate se trouvait directement impliquée dans les réactions de dégradation aboutissant à CO_2 et H_2O , montrant par là un lien entre le fonctionnement d'une déshydrogénase et la consommation d' O_2 , due à la respiration.

- Mode de transposition de l'expérience dans le manuel

Transformation de perspective et de problématique

un bricolage
pédagogique

Examinons l'expérience telle qu'elle est reconstruite à des fins didactiques.

Dans le manuel, le problème n'est pas posé en termes de transfert d'hydrogène d'un métabolite intermédiaire de la dégradation du glucose vers le bleu de méthylène en anaérobiose ; l'expérience est supposée montrer directement que la respiration, au niveau cellulaire, commence par une déshydrogénation. On assiste donc à une transformation de perspective par rapport aux expériences originales. Posé ici dans le cadre du devenir de l'oxygène absorbé, l'ensemble du processus cellulaire de la respiration se trouve envisagé d'emblée.

Un protocole expérimental incohérent par rapport à la problématique

les éléments du système couplé d'oxydoréduction n'apparaissent pas tous

Pour être cohérent, le protocole expérimental proposé devrait faire apparaître clairement les éléments du système couplé d'oxydoréduction décrit plus haut. Or seuls sont mis en place les enzymes (fragments d'organes) et l'accepteur. Le donneur d'hydrogène (c'est-à-dire le métabolite qui va s'oxyder) n'est pas évoqué. Dans la formulation du résultat il est question d'un nutriment (AH_2) qui est déshydrogéné au cours de l'expérience pour donner A. Dans l'expérience proposée où situer ce métabolite intermédiaire : est-il ajouté au milieu réactionnel ? ou bien s'agit-il des substrats endogènes présents dans les tissus mis en expérimentation ? Les enzymes catalysant le transfert sont également dans les cellules, il faut donc postuler que substrats et enzymes ont diffusé dans le milieu extérieur aux tissus, puisque c'est là que l'on observe la réaction de réduction du bleu de méthylène.

L'apparition du leucodérivé (BMH_2) ne peut par ailleurs, être détectée qu'à condition de déposer une couche d'huile à la surface du milieu réactionnel, pour empêcher sa réoxydation immédiate par l'oxygène de l'air. Cette couche d'huile très visible sur la photographie n'est pas signalée dans le protocole expérimental ; la paraffine permet pourtant de réaliser effectivement des conditions approximatives d'anaérobiose, comme dans les expériences originales, conditions tout à fait logiques dans la problématique initiale.

Interprétation et généralisation erronées des résultats

la réduction du bleu de méthylène...

Lorsque l'auteur du manuel dit: *"Dans certaines conditions les cellules peuvent utiliser le bleu de méthylène à la place de l'oxygène. Or la réduction du bleu de méthylène est due à la fixation d'hydrogène atomique sur la molécule ; la respiration cellulaire commence donc par une déshydrogénation : l'oxygène joue le même rôle que le bleu de méthylène c'est-à-dire celui d'accepteur d'hydrogène ; le résultat est la synthèse de l'eau"*. Que nous propose ce commentaire ? Nous avons vu apparaître le leucodérivé du bleu de méthylène en présence de tissus vivants, et l'auteur en déduit que *"la respiration cellulaire commence donc par une déshydrogénation..."* parce que *"les cellules peuvent utiliser le bleu de méthylène à la place de l'oxygène"*. En quoi cela constitue-t-il une preuve que la réduction du bleu de méthylène que nous avons observée, soit réellement reliée à la respiration si ce n'est le fait de sa contextualisation dans le chapitre "Respiration" du manuel ?

reliée à la respiration ?

De telles oxydations par déshydrogénations sont très nombreuses et se produisent par exemple, dans le catabolisme des acides gras et des acides aminés. Les nucléotides réduits produits ne rejoignent pas forcément la chaîne respiratoire, et dans ce cas ne participent pas à la respiration cellulaire. Enoncer que le bleu de méthylène joue le même rôle que l'oxygène, sans explications supplémentaires, ne peut qu'entraîner une représentation fallacieuse.

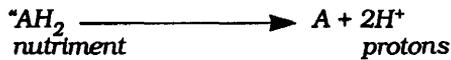
une
interprétation
distordue

La volonté d'interpréter à tout prix cette expérience en se référant à la consommation d'oxygène, en distord complètement la signification : que peut illustrer cette expérience telle qu'elle est présentée ? Seulement le fait que les cellules vivantes en anaérobiose sont susceptibles de catalyser le transfert d'hydrogène vers le bleu de méthylène, rien de plus. Mais c'est justement cet aspect de la respiration, assurant un ensemble d'oxydoréductions en dehors de l'oxygène qui est caractéristique, et différencie radicalement ce phénomène biologique d'une combustion. L'illustration expérimentale que nous venons d'analyser, en l'explicitant plus rigoureusement, permettrait de souligner cette caractéristique mais il faudrait pour cela rendre à l'oxygène sa simple place d'accepteur final.

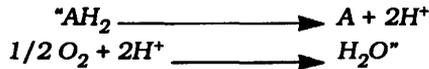
D'ailleurs les premiers auteurs avaient juste montré avec ces expériences qu'un tissu vivant en anaérobiose était capable de catalyser l'oxydation de certains acides organiques et le transfert d'hydrogène sur un accepteur ! Le rapport avec l'oxydation ultime par l'oxygène donc avec la respiration a été établi plus tard comme nous l'avons vu et au moyen d'autres expériences.

Présentation erronée du rôle des protons

Les formulations proposées pour résumer les conclusions de l'expérience décrite aux élèves sont inexactes et illogiques :

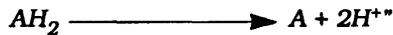


Les protons ne sont pas des équivalents réducteurs puisqu'ils représentent la forme oxydée du système $\text{H}_2/2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ et le bleu de méthylène oxydé ne peut donc pas être réduit par un proton ! La même remarque s'applique à la formule proposée en présence d'oxygène :

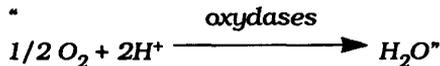


Les formules résumant le rôle des déshydrogénases et des oxydases sont incompréhensibles et, pour notre part, nous ne voyons même pas à quelles données des mécanismes respiratoires elles peuvent faire référence.

"déshydrogénases



Les déshydrogénases catalysent le transfert d'hydrogène ou d'hydrogène et d'électrons (ce que l'on appelle des équivalents réducteurs) mais pas des protons sur leurs cofacteurs (accepteurs d'équivalents réducteurs fonctionnant conjointement avec les déshydrogénases).



où passent les
électrons ?

On appelle oxydases (complexes cytochrome-oxydases) des systèmes rédox couplés qui, dans la dernière étape de la respiration cellulaire, transfèrent des électrons jusqu'à l'oxygène de l'air, qui est alors réduit en O_2^- et réagit ensuite avec les protons présents dans la mitochondrie pour donner l' H_2O respiratoire. Ces incorrections sur le rôle des protons sont d'autant plus graves que les protons ont un rôle très important dans la transduction d'énergie au niveau de la mitochondrie mais radicalement différent de celui qui est décrit ici à tort.

concept
d'oxydoréduction
jamais clairement
explicité

Il s'agit là d'erreurs de fond dénotant une incompréhension des mécanismes fondamentaux de la respiration cellulaire, qui reposent sur le transfert d'équivalents réducteurs (hydrogène ou électrons) dans des systèmes couplés d'oxydoréductions. Le concept d'oxydoréduction qui est l'une des références fondamentales de compréhension de la respiration cellulaire n'est jamais clairement explicité.

Une expérience qui "n'est pas totalement satisfaisante"

à quoi est due la
formation du
leucodérivé ?

La démonstration expérimentale de déshydrogénations au cours de la respiration cellulaire, à l'aide du bleu de méthylène, a déjà été remise en question il y a une vingtaine d'années par certains enseignants du secondaire(21). Ceci d'ailleurs, est évoqué dans le manuel étudié. La critique portait d'une part, sur la pertinence de la démonstration, le changement de couleur ne traduisant pas forcément la réduction du colorant par le fonctionnement d'une déshydrogénase mais pouvant être dû à la réduction par le glucose (sucre réducteur) ou par l'ascorbate, susceptible de transférer spontanément (sans catalyse enzymatique) des équivalents réducteurs au bleu de méthylène (potentiels standard d'oxydo-réduction très voisins). D'autre part divers artefacts sont également envisagés. Les auteurs concluent finalement que dans les conditions proposées, l'apparition du leucodérivé est bien due au fonctionnement des déshydrogénases tissulaires.

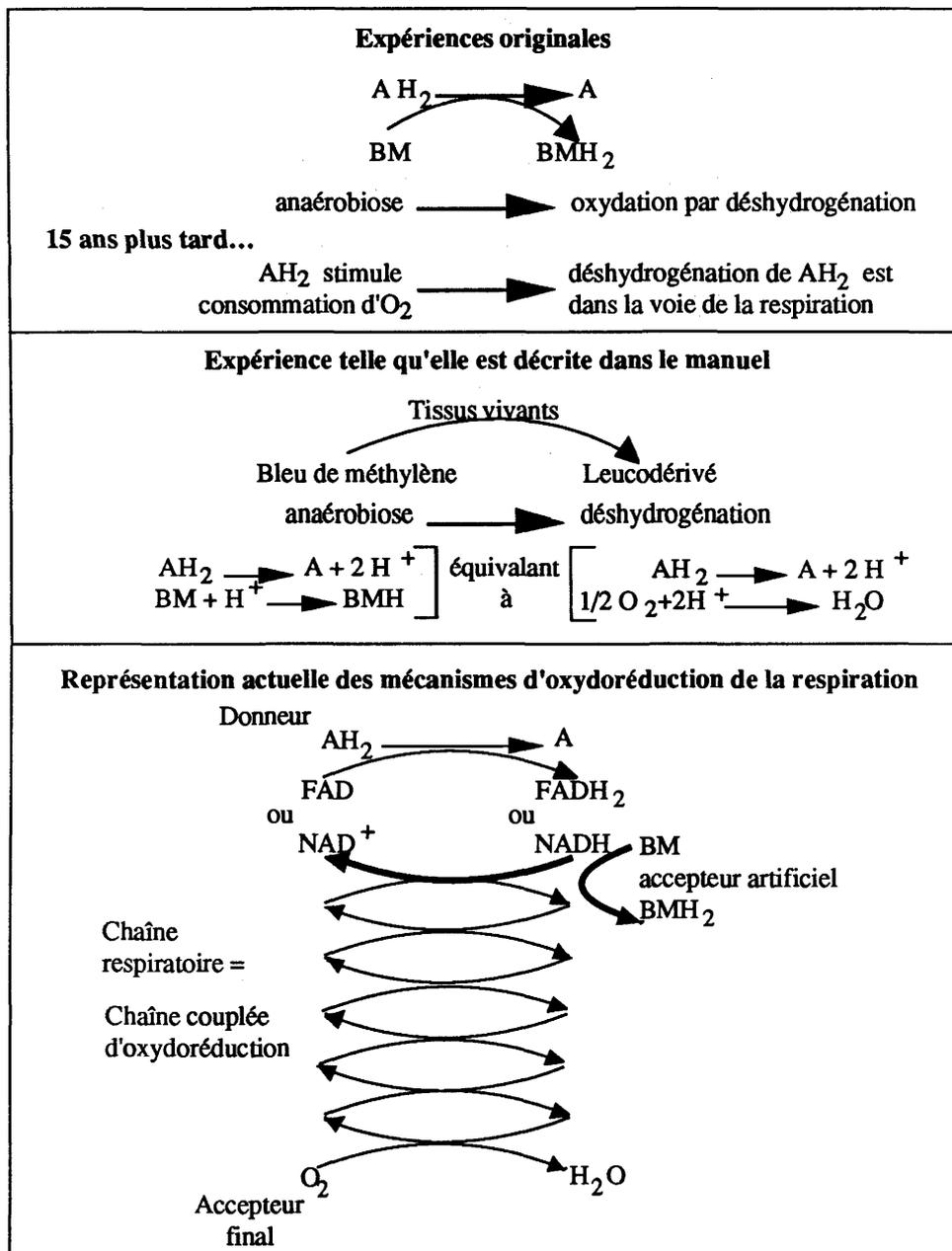
Une expérience qui pourrait être totalement satisfaisante

Pour notre part, ce type de confirmation nous semble accessoire et sans grand intérêt. Ce que nous mettons en cause est bien différent et porte sur le fond; l'expérience en classe ne sera jamais qu'une illustration puisqu'elle reprend ou s'inspire d'une expérimentation antérieure aboutie, dont les résultats sont connus et interprétés. Ceci ne lui retire aucunement son intérêt, sa vocation n'est pas de prouver une hypothèse, ce qui est déjà accompli, mais de permettre

(21) BOURGEOIS C., "Utilisation du bleu de méthylène pour mettre en évidence les déshydrogénases respiratoires" in *Bulletin de l'A.P.B.G.*, 1966.

GOHAU G. "Difficultés d'une pédagogie de la découverte dans l'enseignement des sciences" in *Aster n°5. Didactique et histoire des sciences*, 1987.

d'illustrer un cheminement intellectuel de type scientifique et expérimental, et de voir un mode opératoire. Pour cela il faut contextualiser l'expérience, lui rendre son histoire. Il faudrait énoncer une problématique et montrer comment le protocole expérimental a été construit, en fonction de cette problématique. Il faudrait ensuite décrire comment



Cheminement de la transposition didactique

l'expérience est conduite matériellement. Vouloir tout dire ou vouloir faire dire à une expérience, plus que le questionnement dont elle est issue, aboutit malheureusement à l'incohérence que nous avons soulignée et ne peut entraîner chez l'élève (tout au moins chez celui qui se pose des questions, et qui n'apprend pas seulement pour passer l'examen) une impression d'inintelligibilité.

Si nous avons mené une étude approfondie de l'expérience utilisant le bleu de méthylène, c'est parce qu'elle est la seule expérimentation proposée par le manuel, concernant les mécanismes cachés de la respiration cellulaire. D'autres expériences sont bien évidemment présentées dans ce manuel et dans celui de Première D, mais elles portent uniquement sur la mise en évidence d'échanges gazeux respiratoires. L'approche expérimentale y est concrétisée par la présentation d'un ensemble de dispositifs destinés à constater que la respiration s'accompagne d'absorption d'oxygène et de rejet de CO₂.

Dans tous les cas il s'agit - comme le soulignaient déjà en 1978 les auteurs de *"Quelle éducation scientifique pour quelle société ?"*(22) - d'illustrations-démonstrations qui ne restituent pas la démarche expérimentale dans ses étapes caractéristiques, c'est-à-dire un protocole expérimental élaboré dans le cadre d'un questionnement : *"une expérience scientifique à la différence d'une rencontre commune, est préparée, imaginaire avant d'être réelle ; la mise en rapport des concepts et des objets est d'abord préalable à l'expérience réelle"*(23).

les étapes
caractéristiques
de la démarche
expérimentale
ne sont pas
restituées

- Présentation d'un bilan de la respiration cellulaire,
ou "de l'effet de la compaction extrême des savoirs"

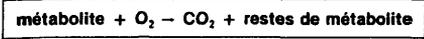
Avant de quitter ce paragraphe du manuel, nous voudrions revenir sur la représentation synthétique faisant le *"Bilan de la respiration cellulaire"*.

(22) ASTOLFI J.P., et al., *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris, P.U.F., 1978.

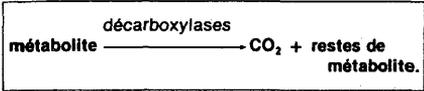
(23) RAYMOND P., *Le passage au matérialisme*. Paris, Maspéro, 1973.

C. L'origine du dioxyde de carbone

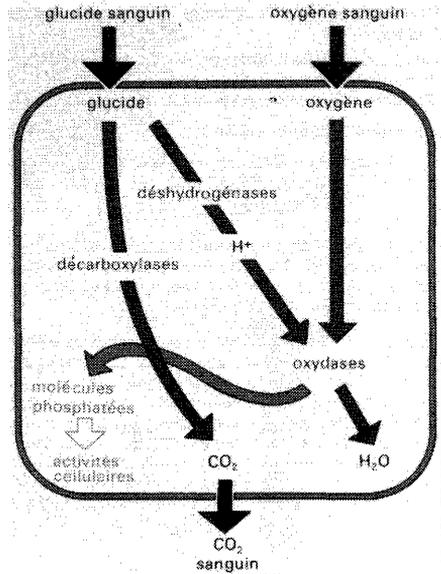
L'oxygène, nous venons de le voir, intervient dans la formation de l'eau; il ne peut pas se retrouver en même temps dans le dioxyde de carbone selon l'équation :



Sous l'action d'enzymes, les **décarboxylases**, les métabolites perdent des groupements CO₂ directement éliminés sous forme gazeuse.



L'utilisation de nutriments à carbone marqué, (radioactif), permet de confirmer ce fait, le carbone marqué se retrouve dans le CO₂ éliminé alors que le marquage de l'oxygène absorbé montre qu'il se retrouve dans l'eau.



Biologie, Terminale C, Collection J. Escalier, F. Nathan 1980, p. 179.

Ce schéma prête à de nombreuses critiques : le cadre représente vraisemblablement la cellule et les phénomènes respiratoires n'y sont absolument pas compartimentés.

Sur le schéma déshydrogénations et décarboxylations empruntent des voies totalement séparées, alors qu'il s'agit toujours de décarboxylations oxydatives, c'est-à-dire d'une décarboxylation associée étroitement à une déshydrogénation et ceci au sein d'un même complexe enzymatique.

Comme dans le texte les déshydrogénases semblent transférer des H⁺(point que nous avons déjà largement discuté). La condensation extrême de la présentation des mécanismes entraîne encore une fois des représentations erronées. En fait, le schéma est certainement construit pour rendre compte des échanges gazeux cellulaires, qui étalent le cadre de référence de l'expérience proposée. La volonté de cette démonstration gauchit totalement l'expression simplifiée des mécanismes de la respiration cellulaire. La description ultérieure plus détaillée de la respiration cellulaire devra substituer à ce schéma une représentation radicalement différente, et ne pourra en aucune manière s'appuyer sur cette première représentation simplifiée, pour restituer à la fois les étapes et la localisation précise des phénomènes de la respiration cellulaire (glycolyse, cycle de Krebs, oxydations terminales).

représentation erronée par condensation extrême de la schématisation

Pour résumer, les auteurs des manuels (publiés avant la réforme Haby) que nous avons analysés, donnent une place prépondérante aux descriptions anciennes au niveau des structures I et II décrites par F. Jacob, datant en gros du XIX^{ème} siècle, et lorsqu'ils abordent la respiration cellulaire, ils se limitent à des descriptions évitant la formulation propre à la biochimie.

cent ans de
savoir à rattraper

Les élèves sortant des études secondaires en 1981 avaient une représentation de la respiration centrée essentiellement sur les échanges gazeux, pas très éloignée du "sens commun actuel" et à peu près cent ans de connaissances à rattraper pour aborder des concepts contemporains, ils étaient dépourvus des savoirs essentiels se rapportant aux phénomènes cellulaires, sans compter qu'ils avaient quelques notions confuses ou fausses à éliminer.

4. PRÉSENTATION DE LA RESPIRATION DANS LES MANUELS APRÈS LA RÉFORME HABY

Nous avons cherché à savoir par l'examen des nouveaux ouvrages destinés aux classes scientifiques si l'application de la réforme "Haby" amenait de nouvelles perspectives dans la transposition didactique du concept de respiration et plus spécifiquement quant à l'actualité du contenu et à la présentation de la démarche scientifique.

La respiration est alors enseignée en Première S (rentrée 1982) et en Terminales C et D (rentrée 1983). Ce sujet s'inscrit donc dans un contexte différent puisqu'il est abordé sur deux années successives : Première S puis Terminale D, ou Première S puis Terminale C.

la respiration
dans une
nouvelle
perspective

Au niveau de la Première S, la respiration s'insère dans une perspective nouvelle. En Première D elle était rattachée à "quelques problèmes d'alimentation et de nutrition". Dans les programmes de Première S, elle est traitée dans la perspective plus générale "des transformations de la matière chez les êtres vivants - Production et consommation".

Il faut voir là une modernisation : en effet la cellule vivante est maintenant définie et étudiée du point de vue des transferts de matière, d'énergie et d'information dont elle est le siège. Respiration/Fermentation/Libération d'énergie font un tout explicite dans le nouveau programme, ce qui n'était pas le cas dans l'ancien. Si l'on se reporte aux contenus détaillés des programmes, on trouve plusieurs recommandations très importantes :

"des connaissances biochimiques plus détaillées (glucides, lipides, protides) sont acquises au fur et à mesure qu'elles sont ressenties comme des outils indispensables pour le naturaliste. L'étude de la photosynthèse et de la respiration sera faite à l'échelle de l'organisme, des tissus, de la cellule (organites, chaînes réactionnelles, phosphorylations et rôle de

l'ATP relevant de la classe de Terminale). Un bilan final relatif à l'énergie libérée sera fait en liaison avec la physique"(24).

Comment se traduisent ces nouvelles perspectives dans les manuels ?

4.1. La respiration dans un manuel de Première S après réforme

L'examen du livre de Première S (25) montre que les auteurs ont transféré tel quel le contenu du livre de Terminale C avant réforme (1980) !...Ils y ont seulement inséré l'étude de deux fermentations conformément au programme.

Tous les commentaires sur le caractère vague, peu compréhensible voire faux (confusion constante entre proton et hydrogène) de l'exposé du manuel de Première D s'appliquent ici puisqu'il s'agit du même texte et des mêmes expériences !

Nous retrouvons l'importance considérable réservée aux échanges gazeux et à leur mesure, et si nous regardons le court paragraphe (nouveau) consacré aux phénomènes chimiques de la fermentation, l'exposé est si vague qu'il est à nouveau incompréhensible, voire faux. Encore une fois, comment comparer la respiration et la fermentation au niveau de leurs mécanismes et de leur cohérence sans utiliser la chimie ? Cet exposé est sans utilité pour ces élèves car il faudrait connaître la biochimie des phénomènes décrits pour comprendre vraiment le sens du texte ou des schémas résumant en un tableau comparatif : respiration, fermentation lactique - fermentation alcoolique.

4.2. La respiration dans un manuel de Terminale C après réforme

Dans les programmes de Terminale C et de Terminale D (après réforme Haby), seule l'étude de la respiration cellulaire est proposée, insérée dans un chapitre de biologie cellulaire consacré à "*Matière et Energie*", sous la forme : "*L'ATP : production, utilisation*" en Terminale C ou "*Phénomènes énergétiques - Photosynthèse, Respiration, Fermentation*" en Terminale D. Les deux manuels de Terminale C(26) et de Terminale D(27) présentent à peu près le même contenu, mêmes documents, mêmes illustrations, etc. disposés différemment.

Nous examinerons successivement trois aspects de la transposition didactique : l'actualisation du savoir, la contextualisation historique et la présentation de la démarche expérimentale.

(24) Ministère de l'Education Nationale, *Sciences Naturelles*, classes de Seconde, Première et Terminale, Collection horaires, objectifs, programmes, instructions, C.N.D.P., 1982.

(25) *Biologie-Géologie 1ère S*, Collection Escalier - Nathan, 1982.

(26) *Biologie Terminale C*, Collection Escalier - Nathan, 1983.

(27) *Biologie Terminale D*, Collection Escalier - Nathan, 1983.

transposition de
l'ex-Terminale C
en Première S !

• Actualisation du savoir

transformations
et transfert
d'énergie
et respiration

production d'ATP

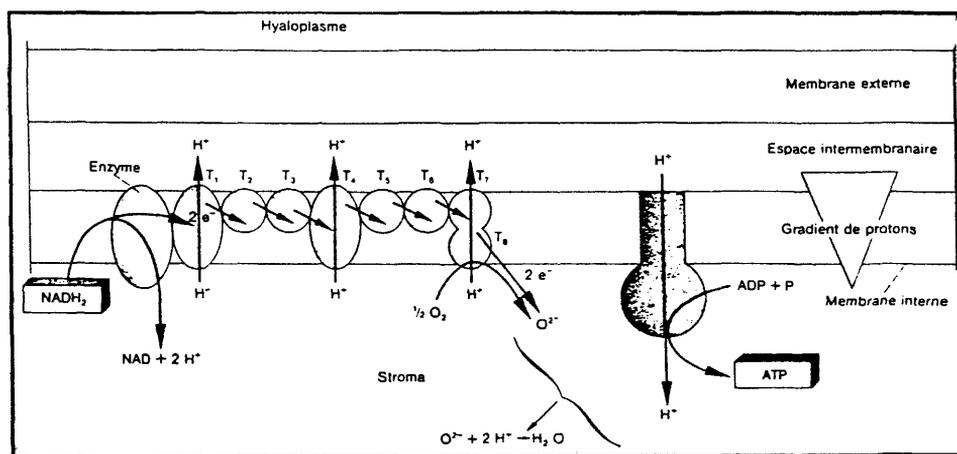
la théorie de
Mitchell

La perspective d'étude de la respiration est d'emblée intégrée dans le cadre plus large des mécanismes de transformations et de transferts d'énergie conduisant dans la cellule vivante à la formation d'ATP. Les phénomènes étant étudiés au niveau intracellulaire, on aborde là les mécanismes moléculaires et la relation fondamentale structure/fonction, c'est-à-dire le savoir contemporain. La présentation est faite suivant un thème : "ATP, production, utilisation" réunissant des phénomènes (photosynthèse et respiration, fermentation) qui deviennent comparables et explicitement cohérents au niveau des mécanismes moléculaires. Mais ceux-ci sont décrits sans utiliser la conceptualisation de la biochimie : formules développées, réactions chimiques, concepts de systèmes couplés d'oxydo-réduction, notions de déshydrogénases et de cofacteurs, transporteurs d'équivalents réducteurs, etc...et on aboutit à une présentation des mécanismes moléculaires purement discursive, imprécise et pouvant sur certains points fondamentaux encore prêter à confusion.

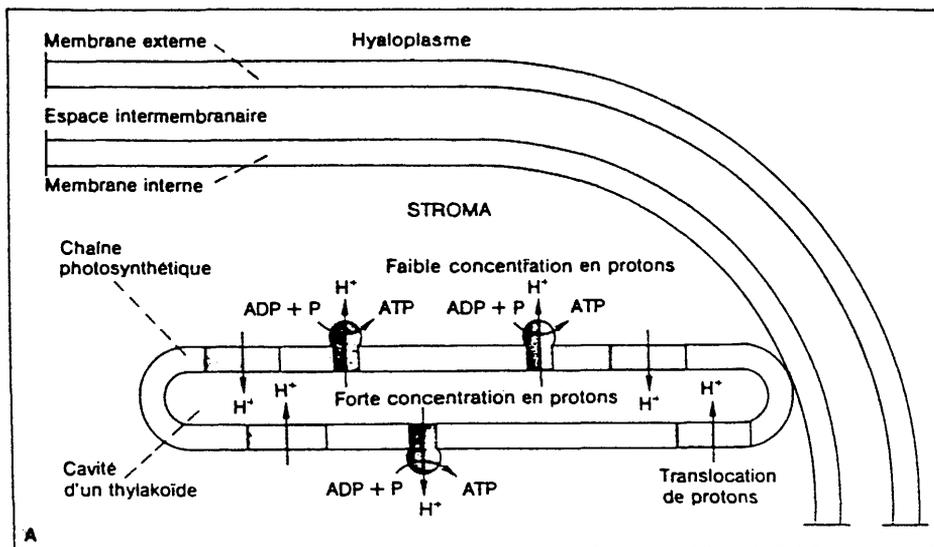
L'énoncé d'une des dernières théories explicatives des mécanismes transducteurs de l'énergie (mécanismes opérant dans la photosynthèse et dans la respiration) - théorie de Mitchell - est exposé à l'aide de trois schémas et quelques lignes de texte explicatif, donc d'une façon extrêmement résumée sans aucune allusion, ni au contexte théorique, ni aux expérimentations qui ont permis l'épanouissement du paradigme actuel de la communauté scientifique concernant les mécanismes de la respiration cellulaire.

13. Relation entre l'organisation membranaire de la mitochondrie et son fonctionnement : la phosphorylation oxydative (le mécanisme est le même lors de l'oxydation d'une molécule de FADH_2).

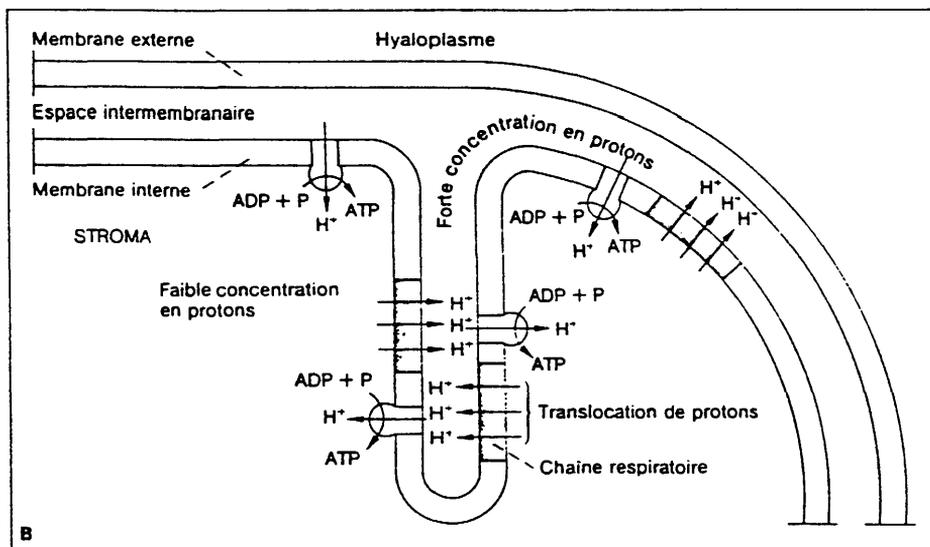
T_1 - T_8 : Transporteurs d'électrons



Biologie Terminale C, Collection J. Escalier, F. Nathan (1983), p. 277.



A



B

2. Mécanisme de la phosphorylation.

A. Dans les chloroplastes ;

B. Dans les mitochondries.

Dans les deux cas il est lié au compartimentage de l'organelle ce qui permet l'établissement d'un gradient de protons engendré par un transport intramembranaire

d'électrons à l'origine d'une translocation de protons. L'identité fonctionnelle apparaît encore plus grande si l'on considère que les thylakoïdes dérivent de replis de la membrane interne comme les crêtes mitochondriales.

Ces deux schémas permettent de comparer les mécanismes responsables de la formation d'ATP dans le chloroplaste et dans la mitochondrie. Ils sont présentés dans le chapitre *Autotrophie/Hétérotrophie* au niveau cellulaire.

savoir actualisé
en trois schémas

Ce qu'il faut bien souligner c'est que ces schémas, apparemment très clairs, résumant les étapes de la respiration cellulaire, ne peuvent à notre sens être vraiment assimilés donc utiles(28), qu'après une étude plus détaillée. Ces pages apparaissent plus comme un "aide mémoire" du baccalauréat que comme un exposé organisé pour que l'élève acquière un savoir intégré. Ceci est en partie dû au fait que les concepts essentiels et nécessaires qui sous-tendent l'établissement de ces schémas n'ont pas été préalablement définis et travaillés et qu'aucun rapport avec l'expérimentation n'est effectué.

condensation,
simplification
prêtent à
confusion

Nous avons par ailleurs noté que des concepts essentiels sont présentés de façon si condensée, que l'on aboutit à une simplification effaçant la complexité et prêtant finalement à confusion, en voici deux exemples :

"...l'ATP qui est le vecteur usuel de l'énergie dans la cellule. "Déchargé" de son énergie par hydrolyse, il permet les différentes activités cellulaires".

"La plupart des molécules à liaisons riches en énergie correspondent à des dérivés phosphorylés".

hydrolyse de l'ATP
à approfondir

Reprenons le concept de l'hydrolyse de l'ATP, en effet, si l'énergie libre d'hydrolyse est un moyen permettant de classer différentes molécules d'un point de vue énergétique, la réaction d'hydrolyse elle-même ne fournit en aucun cas une énergie utilisable dans les conditions cellulaires. Si l'on considère l'hydrolyse de l'ATP, l'énergie libre est tout simplement perdue sous forme d'un dégagement de chaleur. En fait l'utilisation de l'énergie libre en biochimie passe par le transfert de groupes activés - Phosphoryl - dans le cas de l'ATP. Il se forme des composés intermédiaires phosphorylés au cours de réactions couplées. Le rôle énergétique réel de l'ATP repose sur le fait qu'il participe de manière stœchiométrique à ces réactions ; le rôle du catabolisme étant de maintenir constamment le rapport de concentration ATP/ADP loin de l'équilibre thermodynamique.

validité de la
notion de liaison
riche en
énergie ?

De même la notion de liaison riche en énergie n'est pas adéquate, une liaison ne fournit pas d'énergie puisqu'il faut en fournir pour la rompre - les composés phosphorylés ne faisant pas exception. On voit ici que l'évocation de l'hydrolyse de l'ATP autant que la notion de liaison "riche en énergie"

(28) Nous nous appuyons ici, sur une autre partie de cette recherche où nous avons testé à l'aide d'un questionnaire, entre autres, la compréhension des connaissances résumées par ces deux schémas. Il s'avère que seulement 1/10 des étudiants arrivent à dégager l'identité des mécanismes de la phosphorylation au niveau membranaire, dans la photosynthèse et la respiration. D'autre part la notion fondamentale de compartimentation liée à ces deux schémas est totalement scotomisée.

telles qu'elles sont proposées dans le manuel, sans plus d'explications, ne peuvent que conduire à des conceptualisations trompeuses.

le savoir est
actualisé mais...

L'analyse des manuels des sections scientifiques avant réforme nous avait montré un décalage important entre leur contenu et l'actualité scientifique. Ce décalage a disparu dans les manuels étudiés au niveau des Terminales C et D après réforme. Des concepts contemporains ont-ils été véritablement transmis à l'élève ? Les commentaires du programme indiquent que celui-ci "...rejette tout parti pris encyclopédique...Les choix des thèmes d'étude sont dictés par le souci de familiariser les élèves avec les acquisitions récentes de la connaissance biologique et notamment dans les disciplines les plus performantes"(29).

Or les acquisitions récentes de la biologie qui se sont opérées au niveau moléculaire s'expriment presque toutes en termes de biochimie. L'intention du programme ne peut donc aboutir que partiellement puisqu'aucun enseignement élémentaire de biochimie n'est envisagé pour accompagner l'actualisation.

• Dimension historique du savoir

S'il y a bien actualisation du savoir, dans les conditions qui viennent d'être évoquées, on peut cependant s'interroger sur les modalités d'introduction de cette actualisation, laisse-t-elle la place à une dimension historique ?

Avant la réforme Haby, l'actualisation du savoir nous l'avons vu s'arrêtait à la fin du XIX^{ème} siècle, la référence à la dimension historique se résumait :

avant la réforme
on cite Lavoisier
et Warburg...

- soit à l'introduction d'un mémoire de Lavoisier présenté à l'Académie de Médecine en 1785, signé et daté, dans le cadre de la partie documentation qui accompagne le chapitre (Escalier) ;
- soit à une note de bas de page mentionnant "Paul Bert, physiologiste français (1833-1886) et Otto Warburg, biochimiste allemand, né en 1883, prix Nobel en 1931 pour ses travaux sur les oxydations cellulaires"(Oria).

après on leur
ajoute Pasteur,
Spallanzani...

Après la réforme Haby, le même texte de Lavoisier est repris dans le manuel de Première S (Escalier), dans la partie documentation, ainsi qu'un extrait de la revue "Pour la Science" portant sur Pasteur, père de la microbiologie (A.Demain et N.Salomon). Dans le texte même, figure la méthode de Warburg, et le nom de Spallanzani à qui est attribué en 1804 une expérience de mise en évidence de la respiration cellulaire. Dans les manuels de Terminales D et C alors que le savoir présenté va jusqu'aux recherches contemporaines, seuls, en Terminale D, les noms de Spallanzani (1804) et Warburg (sous le vocable de "Méthode de Warburg") sont cités à propos de la démonstration de l'existence d'une respiration cellulaire.

(29) Voir (24).

et Krebs associé
à son cycle

Krebs est cité, associé au cycle qui porte son nom, il est précisé qu'il en est le "découvreur", un astérisque renvoie à un index situé à la fin de l'ouvrage : *"Krebs Hans Adolf (1900-1981), Biochimiste allemand auteur de travaux sur le métabolisme cellulaire. Prix Nobel de physiologie et médecine en 1953"*.

en Terminale pas
d'auteur cité

Dans le livre de Terminale C, figure un paragraphe entier intitulé *"Historique des recherches sur l'énergétique cellulaire"*. Cet historique, ponctué de cinq dates allant de 1887 à 1939, rappelle quelques étapes de la compréhension de l'énergétique de la contraction musculaire, sans qu'aucun auteur ne soit cité. L'exposé développe l'idée d'une succession de découvertes qui s'articulent les unes par rapport aux autres et qui font finalement ressortir le rôle fondamental de l'ATP dans la contraction musculaire.

A l'actualisation du savoir, que nous avons vu s'accomplir dans les manuels étudiés, ne correspond aucune construction historique des savoirs sur la respiration. La dimension historique se résume à l'évocation de deux noms attachés pour l'un à une méthode de mesure - méthode de Warburg - pour l'autre à un cycle biochimique - le cycle de Krebs.

• Présentation de la démarche expérimentale

Dans les commentaires des instructions officielles il est également souhaité que : *"Pour ce qui concerne le domaine de la formation intellectuelle, l'enseignement des sciences biologiques ambitionne de parfaire l'apprentissage de l'attitude scientifique. Pour cela, cet enseignement se propose de montrer l'efficacité de la démarche expérimentale..."*.

le dialogue
expérimental
pratiqué par le
science
moderne...

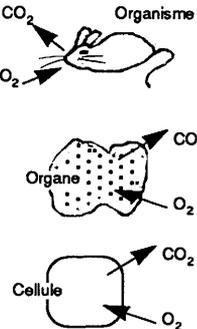
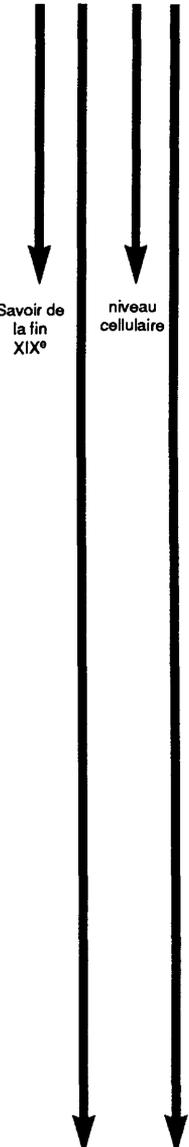
Nous partirons de cette intention pour nous interroger sur la place réservée à la démarche expérimentale dans les manuels que nous avons analysés. Le dialogue expérimental tel qu'il est pratiqué par la science moderne se développe tel que l'a défini Prigogine (30). *"L'expérimentation ne suppose pas la seule observation fidèle des faits tels qu'ils se présentent, ni la seule quête de connexions empiriques entre phénomènes. L'expérimentation exige une interaction entre théorie et manipulation pratique, qui implique une véritable stratégie. Un processus naturel se trouve arraisonné comme clef possible d'une hypothèse théorique ; et c'est en tant que tel qu'il est alors préparé, purifié, avant d'être interrogé dans le langage de cette théorie. C'est là une entreprise systématique qui revient à provoquer la nature, à lui faire dire de manière non ambiguë si elle obéit ou non à une théorie"*.

Aucun des manuels étudiés ne présente l'expérimentation sous cette forme. Toutes les "expériences" proposées sont de simples démonstrations montrant un dispositif expérimental, précisant des conditions opératoires de mise en oeuvre

(30) PRIGOGINE I , STENGERS T., *La nouvelle Alliance*, Paris, Gallimard, 1979.

n'apparaît pas dans les manuels	<p>ou de collecte de mesures, donnant des résultats à l'élève-spectateur. A aucun moment on ne propose de réfléchir sur le cadre théorique de l'expérience ou sur les questions qui la suscitent et qu'ensuite elle pose. Les expériences sur les échanges gazeux par exemple, pourvu qu'elles soient restituées dans leur cadre conceptuel d'origine (fin XVIIIème) auraient pu permettre de comprendre les modalités de fonctionnement d'une démarche expérimentale. Elles perdent beaucoup de leur intérêt intellectuel lorsqu'elles ne sont plus que de simples démonstrations.</p>
sans contexte théorique du questionnement	<p>A propos de savoirs plus récents, nous avons vu que les expériences décrites dans le manuel de Terminale C avant réforme (et donc de Première S après réforme...) à propos de la respiration d'un fragment d'organe en présence de bleu de méthylène, n'avaient plus aucun sens, reconstruites en dehors du contexte théorique de leur questionnement.</p>
juxtaposition des paradigmes actuels	<p>Dans les livres de Terminale C ou de Terminale D après réforme, la description des mécanismes de la respiration cellulaire est coupée de toute expérimentation, et de toute référence théorique explicite. Ce mode de textualisation en dehors de toute référence expérimentale aboutit à une accumulation descriptive des paradigmes actuels sans tenir compte des ruptures propres à la constitution des savoirs. On arrive à une simple juxtaposition ; aucun cadre théorique n'est proposé, aucune critique n'est avancée.</p>
Mitchell pas cité...	<p>Si l'on examine plus en détail la façon dont la phosphorylation oxydative est présentée dans les manuels de Terminale D et de Terminale C que nous avons étudiés, on constate qu'elle est interprétée dans la cadre de la théorie de Mitchell sans que celle-ci soit formellement présentée ni même nommée. Cette théorie est exposée sous forme d'un schéma représentant un simple mécanisme de transfert d'électrons et de pompage des protons.</p>
sa théorie qu'effleurée	<p>D'après le schéma (de la page 81) il semble que le pompage des protons est représenté selon les mécanismes proposés par Wikström(31) en 1979. Il s'agit d'une réactualisation scientifique prenant en compte, sous une forme extrêmement condensée et lapidaire, les développements les plus récents de la théorie de Mitchell. Mais le sens profond de la théorie de Mitchell dans ces aspects novateurs, universels, n'est pas mis en lumière ; pourtant ce qui est intéressant dans cette théorie, c'est la rupture conceptuelle qu'elle représente dans l'interprétation de la transduction d'énergie : importance de la compartimentation et de la structure membranaire, dans l'établissement d'une différence de concentration ionique représentant une forme de potentiel énergétique, or, rien de ce qui est réellement "performant" (comme dit le programme) dans cette théorie n'est évoqué ici.</p>

(31) WIKSTRÖM M., KRAB K., "Proton-pumping cytochrome c oxydase" in *Biochemica et Biophysica Acta*, 549, 1979.

SPHÈRE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE			SPHÈRE DIDACTIQUE		
Évolution historique du concept de respiration	Niveau d'exploration du concept respiration	Ruptures épistémologiques	Transposition didactique dans les manuels de l'enseignement secondaire		
			Actualité du savoir	Niveau d'exploration du concept	Démarche expérimentale
Avant/Après la Réforme HABY (appliquée à partir de 1982)					
<p>XVIII^e Lavoisier Caractérisation des échanges gazeux Respiration = Combustion</p> <p>XIX^e Transfert des gaz par le sang Hémoglobine Quotient respiratoire</p> <p>Fin XIX^e Mitochondries du muscle Études métaboliques Cytochromes</p> <p>XX^e 1910-20 Batteli et Stern Déshydrogénases Enzymes respiratoires Glycolyse Fermentations Rôle Red/ox des cytochromes</p> <p>1937 Krebs rôle des acides tricarboxyliques</p> <p>1939 Rôle de l'ATP</p> <p>1948 Lehninger Oxydations terminales</p> <p>1951 Rôles des oxydations terminales</p> <p>1961 Mitchell Théorie chimio-osmotique</p> <p>1968 Racker - Isolement de particules submitochondriales</p> <p>1980 Wikström - Remaniements et approfondissement de la théorie chimio-osmotique</p>	 <p>Organisme</p> <p>Organe</p> <p>Cellule</p>	<p>RESPIRATION = COMBUSTION</p> <p>RESPIRATION ≠ COMBUSTION</p> <p>ENZYMES de COUPLAGE INTERMÉDIAIRES ACTIVÉS</p> <p>THÉORIE CHIMIO-OSMOTIQUE</p>	 <p>Savoir de la fin XIX^e</p> <p>niveau cellulaire</p> <p>savoir actuel sans utiliser la biochimie</p> <p>niveau moléculaire</p>	<p>Construction d'expériences "ad hoc" de type pédagogique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Démarche inductiviste - Décontextualisation du savoir - Déproblématisation - Absence de rupture épistémologique <p>- Absence totale d'expérimentation</p> <p>- Absence d'hypothèses et de preuves expérimentales</p> <p>- Décontextualisation</p> <p>- Déproblématisation</p> <p>- Absence de rupture épistémologique</p>	

5. POUR CONCLURE, LES MANUELS UN MODE DE TEXTUALISATION SCOLAIRE DU SAVOIR SAVANT

Plusieurs conclusions majeures ressortent de l'étude de ces manuels. Reprenons-les, suivant les deux grands axes de la transposition didactique que nous avons privilégiés : l'actualisation des savoirs et la présentation de la démarche scientifique. Avant la réforme Haby, les contenus des manuels avaient un décalage d'une centaine d'années par rapport à l'actualité scientifique. L'accent était porté sur les échanges gazeux respiratoires, et les notions relatives à la respiration cellulaire n'étaient données que pour justifier ceux-ci.

L'application de la réforme s'est traduite par une actualisation du savoir, jusqu'au niveau ultrastructural. L'étude est alors placée dans la perspective contemporaine des flux énergétiques. Tandis que l'essentiel des savoirs acquis dans la sphère savante à propos de la respiration au cours du XX^{ème} siècle, est fondé sur la biochimie, sa conceptualisation en ce qui concerne l'enseignement classique dans la sphère scolaire, n'est quasiment pas utilisée pour décrire les connaissances récentes.

La présentation de la démarche expérimentale se limite à de simples démonstrations, décrivant un dispositif expérimental ou des conditions opératoires de mise en oeuvre ou de collecte de mesures, ces illustrations pratiques ne concernent d'ailleurs que les connaissances se rapportant au niveau de surface.

Pour ce qui est de la présentation des savoirs plus récents, au niveau moléculaire, celle-ci est coupée de toute référence à l'expérimentation.

Expérimentations et savoirs, qu'ils soient passés ou contemporains sont de toute façon décontextualisés et dépersonnalisés.

Ce mode de textualisation des savoirs aboutit d'une part, à une accumulation descriptive des paradigmes, sans qu'il soit tenu aucun compte des ruptures que nous avons observées dans la production du savoir savant, d'autre part, à une condensation simplificatrice et confuse du texte où, chaque mot recouvre une notion, qui demanderait explication pour n'être pas qu'un mot, pour ne pas en rester à "l'illusion d'identifier le sens à celui des mots"(32).

Les connaissances sont effectivement actualisées dans les manuels, mais leur décontextualisation tant théorique qu'expérimentale produit un savoir fini, assorti d'une abréviation considérable de l'exposé qui comme le souligne Lehninger "ne facilite jamais la compréhension initiale"(33). Le doute scientifique est évacué, et on assiste à

(32) LEVY LEBLOND J.M., *L'Esprit de sel*, Paris, Fayard, 1981.

(33) LEHNINGER A., *Principles of Biochemistry*, N.Y. Worth, 1982.

éviction de
la biochimie,
une querelle
d'école ?

une présentation figée de la science. L'intelligibilité du concept actualisé s'évanouit totalement. Avec ce mode de transposition, apparaît donc dans la sphère scolaire *"un savoir exilé de ses origines, et coupé de sa production historique dans la sphère du savoir savant, se limitant en tant que savoir enseigné de n'être d'aucun temps ni d'aucun lieu"*(34).

Le paradoxe que constitue l'éviction de la discipline fondamentale de référence, dans la présentation d'un savoir, nous a amenées à nous poser les questions suivantes : la biochimie n'est-elle pas utilisée parce que les enseignants rédacteurs de manuels ne l'on pas étudiée ? ou bien s'agit-il de la manifestation de "points de vue d'école" ?

Le problème ne se pose pas en fait en termes de savoirs ignorés, mais bien en termes de choix délibéré d'une des perspectives de la biologie. A l'université, on peut assister à partir de 1957, à l'introduction de la biochimie dans l'ensemble des cursus universitaires, elle se diffuse ensuite progressivement dans les programmes des classes préparatoires, ces cursus étant constitutifs des programmes des concours de recrutement des enseignants (CAPES et Agrégation) la biochimie est ici introduite au moins formellement.

La reconstruction des curricula que nous avons menée par ailleurs(35) fait nettement apparaître que l'objet de savoir que nous avons étudié, pour devenir objet enseigné passe par un véritable travail de transformation et de définition au sein de la sphère de la planification didactique. L'objet à enseigner est ainsi perçu et désigné à partir d'une perspective naturaliste.

Alors qu'à l'université, de par la proximité avec la recherche, une approche contemporaine de la respiration cellulaire a été introduite et régulièrement actualisée, le poids des sciences descriptives au niveau des concours de CAPES et d'Agrégation est resté prépondérant, la plupart des sujets posés concernant la respiration en témoignent par leur caractère naturaliste.

Une présentation "naturaliste" du savoir se justifie tout à fait à condition d'être explicite et cohérente avec les buts que l'on se fixe. La connaissance descriptive du monde vivant, des notions générales d'anatomie, de physiologie descriptive sont certainement indispensables pour ordonner des savoirs ultérieurs de nature fonctionnelle. En fait un aller-retour continu entre ces différents niveaux de savoir devrait s'effectuer pour que les acquis de détail ne masquent pas finalement le fonctionnement plus global. Mais si l'on choisit l'approche descriptive et naturaliste, on se trouve alors de fait, en dehors du champ d'interprétation de la respiration cellulaire et on ne peut plus prétendre actualiser totalement ce savoir. Pour notre part nous pensons que

(34) CHEVALLARD Y., op.cit. (1).

(35) Voir (5).

l'acquisition d'un outil intellectuel tel que la démarche scientifique dans sa dimension expérimentale, ancrée dans un savoir précis, est tout au moins aussi importante que d'actualiser le savoir jusqu'au dernier paradigme en cours dans la recherche.

De toute façon, l'actualisation ne devrait pas consister à accoler simplement de nouveaux savoirs aux anciens, mais devrait opérer une refonte et remettre l'ensemble des savoirs en perspective, évitant ainsi de "lire" les nouveaux faits avec les grilles anciennes de lecture. Ainsi *"les manuels...sont à réécrire, en totalité ou en partie, chaque fois que le langage, la structure des problèmes ou les normes de solution des problèmes de la science normale changent; bref à la suite de chaque révolution scientifique"*(36).

Michèle GROSBOIS
Laboratoire de Physiologie cellulaire
et moléculaire
Université P. et M.Curie
CNRS - UA 1180

Graciela RICCO
U.F.R. de Sciences de L'Education
Laboratoire de Psychologie du
développement et de l'Education
Université R.Descartes
CNRS - G.R.-Didactique

Régine SIROTA
Équipe de Sociologie de l'Education
U.F.R.de Sciences de l'Education
Université R.Descartes
CNRS URA 887

BIBLIOGRAPHIE

ASTOLFI J.P. et al., *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?*, Paris, P.U.F., 1978.

BACHELARD G., *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J.Vrin, 1983.

BOURGEOIS C., "Utilisation du bleu de méthylène pour mettre en évidence les déshydrogénases respiratoires" in *Bulletin A.P.B.G.*, 1966.

CANGUILHEM G., *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, J.Vrin, 1983.

CHEVALLARD Y., *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble, Ed. La Pensée Sauvage, 1985.

(36) KUHN T.S., *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1972.

DEBRU C., *L'esprit des Protéines - Histoire et Philosophie Biochimiques*, Paris, Hermann, 1983.

FORQUIN J.C., *Ecole et Culture*, Bruxelles, De Bœck, 1989.

GIORDAN A., *Histoire de la Biologie*, Tome I - Technique et Documentation - Paris, Lavoisier, 1987.

GROSBOIS M., RICCO G., SIROTA R., *Le parcours du savoir dans la chaîne de transposition didactique. A propos de la respiration*. Rapport de recherche. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, mars 1988.

ISAMBERT-JAMATI V., *Les savoirs scolaires*, Paris, Editions Universitaires, 1990.

JACOB F., *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Paris, Gallimard, 1970.

KUHN T.S., *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1972.

LEHNINGER A., *Principles of Biochemistry*, N.Y., Worth, 1982.

LEVY-LEBLOND J.M., *L'esprit de sel*, Paris, Fayard, 1981.

MITCHELL P., "Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism" in *Nature*, 191 : 144-148, 1961.

PRIGOGINE I., STENGERS I., *La nouvelle Alliance*, Paris, Gallimard, 1979.

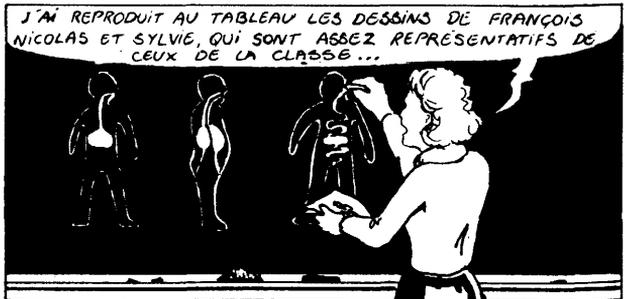
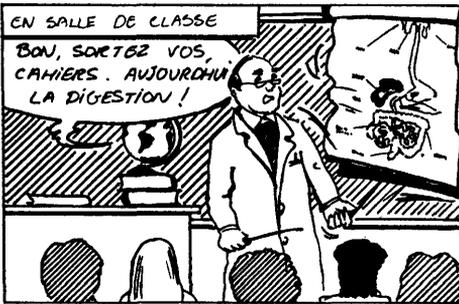
RAYMOND P., *Le passage au matérialisme*, Paris, F.Maspéro, 1973.

SOURCES

Manuels du secondaire :

- *Géologie-Biologie, Première D*, cours ORIA, Hatier, 1980.
- *Biologie, Terminale C*, Collection Escalier, F. Nathan, 1980.
- *Biologie-géologie, 1ère S*, Collection Escalier, F. Nathan, 1982.
- *Biologie, Terminale C*, Collection Escalier, F. Nathan, 1983.
- *Biologie, Terminale D*, Collection Escalier, F. Nathan, 1983.

TUYAUX POUR UN ENSEIGNEMENT PLUS DIGESTE



Extrait de *Les amours secrètes de Bernard Pagure pour Anémone Demer*, Yves GIRAULT - Éric MAILLARD, Boissy-Saint-Léger, Ed. La Maison du Papier et du Soleil, 1991.
Voir suite p. 156.

LA DIGESTION AU COLLÈGE : TRANSFORMATION PHYSIQUE OU CHIMIQUE ?

Marie Sauvageot-Skibine.

Depuis le V^e siècle av.J.C. la digestion a connu des définitions bien différentes. La naissance du mot français au XIII^e siècle, a précédé le concept tel qu'il est connu aujourd'hui. L'étymologie du mot nous renseigne sur un certain nombre d'obstacles qui peuvent encore exister. Le mot digestion recouvre un concept qui n'a été construit qu'au début du XIX^e siècle, avec la découverte des enzymes.

Les manuels de collège montrent une réelle ambiguïté pour présenter la digestion comme transformation chimique, autrement que par des mots. Pourquoi ? Quel est l'obstacle ?

"La digestion est une fonction privilégiée qui est un poème ou un drame, qui est source d'extase ou de sacrifice. Elle devient donc pour l'inconscient un thème explicatif dont la valorisation est immédiate et solide. On a coutume de répéter que l'optimisme et le pessimisme sont questions d'estomac...La digestion correspond en effet à une prise de possession d'une évidence sans pareille, d'une sûreté inattaquable. Elle est l'origine du plus fort des réalismes, de la plus âpre des avarices. Elle est vraiment la fonction de l'avarice animiste."
Ainsi pour Bachelard,

digérer = posséder.

la digestion : une question complexe aux racines préscientifiques très fortes

La question de la digestion est une question complexe qui a des racines préscientifiques extrêmement fortes. L'enseignement a à se situer par rapport à des mythes qu'il doit transformer et déconstruire : *"un des mythes les plus persistants...c'est l'assimilation des semblables par la digestion...On veut toujours que le semblable attire le semblable, que le semblable ait besoin du semblable pour s'accroître."*

Bachelard pointe un autre obstacle, avec la survalorisation de l'estomac, en citant Roy Desjoncades décrivant ainsi ce que l'Antiquité nommait "le roi des viscères" : *"cette meule philosophique et animée qui broie sans bruit, qui fond sans feu, qui dissout sans corrosion...elle agit sans éclat, elle opère sans violence, elle remue sans douleur."* Ce vase de digestion est aussi un récipient de cuisson des aliments : *"la digestion est une lente et douce cuisson, donc toute cuisson est une digestion."* La digestion apparaît comme un des noeuds les plus embrouillés de la biologie, car ce concept est englué dans la connaissance commune.

Il paraît souhaitable d'examiner la construction historique du concept, pour voir comment, dans un premier temps, cette assomption progressive a pu se faire, comment s'est dégagée la connaissance scientifique de la connaissance commune ; dans un second temps, nous essaierons de voir comment ceci se traduit dans les manuels, car les auteurs actuels de manuels, s'ils parlent tous de transformations chimiques, quand ils abordent la digestion, l'expliquent avec un vocabulaire et des schémas qui induisent une ambiguïté pour ne pas dire une confusion.

1. LES ÉTAPES HISTORIQUES DE L'ÉMERGENCE DU CONCEPT

Le concept de digestion semble établi, entre 1752, date à laquelle Réaumur, suivi en 1777 par Spallanzani, a démontré par l'expérience, la qualité indiscutablement chimique de la digestion, et 1833 date de mise en évidence d'une enzyme par Payen.

L'ambiguïté entre transformation physique et transformation chimique peut-elle venir du mot digestion ?

l'étymologie du mot digestion...

Ce mot est attesté pour la première fois dans un écrit du XIII^e siècle, *"Le roman de la Rose"*, poésie didactique de Jean de Meung et de Guillaume de Lorris.

du verbe digerer...

On trouve le verbe latin **digere**, chez Sénèque, employé comme synonyme de diviser, séparer : *"les nuages se condensent, se désagrègent"*.

Le naturaliste Pline (79 av. J.C.) est encore plus explicite : *"les dents qui divisent les aliments"*.

Celse, médecin sous Tibère (1^{er} siècle après J.C.), lui donne le sens de :

distribuer, répartir : *"ces aliments sont distribués par tout le corps"*,

mais aussi de : dissoudre ou fondre en médecine,
relâcher le ventre,
digérer,
affaiblir le corps,
remuer, agiter le corps.

du nom digestio...

Quant au nom féminin **digestio**, il évoque l'image :

- 1- d'une distribution, d'une répartition, d'un classement, d'un arrangement, d'un ordre ;
- 2- en rhétorique chez Cicéron, d'une division d'idée générale en points particuliers ;
- 3- de la répartition de la nourriture dans le corps, chez Quintilien (sous l'empereur Domitien, 1^{er} siècle après J.C.).

ne montre que des transformations physiques

Les Anciens avaient donc perçu dans ce phénomène :

- * un aspect mécanique (diviser),
- * un aspect distributeur (répartir),

- * un aspect physique (dissoudre, fondre),
- * un aspect dynamique par rapport au corps (relâcher, affaiblir, remuer, agiter).

On peut s'étonner que le mot digestion, provenant de **digestio**, ne soit pas attesté en français, avant le XIII^e siècle. On peut émettre l'hypothèse d'un emprunt direct au latin savant quand le besoin s'en est fait sentir, au XIII^e siècle.

La polysémie du mot se cantonne, étymologiquement parlant, dans les transformations physiques !

Si le mot français date du XIII^e siècle, le concept fut défini à la fin du XVIII^e siècle, dans l'Encyclopédie, comme une fonction de "l'oeconomie" animale, une de *"celles que les scolastiques appellent naturelles, dont l'effet le plus sensible est le changement des aliments en chyle et en gros excréments ; changement opéré dans l'estomac et dans les intestins par le concours nécessaire des humeurs digestives et le plus souvent par celui d'une boisson non alimentaire, ou de la partie non alimentaire d'une boisson nourrissante."*

la connaissance scientifique se dégage peu à peu de la connaissance commune

Digérer = Transformer les aliments grâce aux sucs digestifs.

Cette définition fut précédée d'un grand nombre d'affirmations et ceci depuis le V^e siècle avant J.C.

la digestion est une coction...

Pour Hippocrate (460-377 av. J.C.) la digestion est une coction des aliments sous l'action de la chaleur animale.

Digérer = Cuire.

Au IV^e siècle av. J.C., Plistonius pense que les aliments pourrissent dans l'estomac.

Asclépiade (124-40 av. J.C.) conteste les affirmations d'Hippocrate et assure que *"les matières passent dans le sang aussi crues qu'elles avaient été avalées."*

Galien (131-201) reprend les idées d'Hippocrate et fait cuire les aliments dans le foie. Son ouvrage *"De la Digestion"* fera autorité pendant treize siècles ! Pour lui les aliments passent de l'estomac au foie où ils se transforment en "esprit naturel", qui remontera au cœur droit par la veine cave. Pour Galien, le sang se forme dans le foie.

De la chute de l'empire romain à celle de Constantinople, la dissection des cadavres humains est interdite, bien que ce soit une pratique très ancienne, puisque Anaxagore disséquait les cadavres au V^e siècle av. J.C. Les chercheurs disséquent donc des porcs et des singes et ils pratiquent la vivisection. C'est au cours d'une opération sur un chien, qu'Aselli redécouvre les vaisseaux chylifères déjà aperçus par Hérophile et Erasistrate qui ne leur avaient pas accordé d'importance.

Après les découvertes de Pecquet en 1651, qui montre que les vaisseaux chylifères rejoignent le système veineux, et la

Jusqu'à la découverte du système lymphatique

mise en évidence des vaisseaux lymphatiques par Bartholin en 1653, tout le système lymphatique est connu et avec lui sera revu le rôle du foie et le trajet des aliments.

Après la découverte des anatomistes, les aliments vont de l'estomac aux intestins, et de là dans le sang et la lymphe, d'où la couleur blanche des vaisseaux chylifères chargés des graisses, qui ont traversé la paroi intestinale, la théorie de Gallien ne fera plus l'unanimité.

la digestion est une fermentation pour les chimistes

Comme l'affirme l'Encyclopédie : *"la secte des chimistes renverse le dogme des galénistes."* Pour eux les aliments subissent toutes *"les espèces d'altération que les sujets chimiques éprouvent dans les laboratoires."* Le suisse Paracelse (1493-1541), le flamand Van Helmont (1577-1644) et le hollandais François Le Boë dit Sylvius (1614-1672) sont tous trois iatrochimistes c'est-à-dire médecins et chimistes à la fois. Pour eux :

Digérer = Fermenter.

Mais qu'appellent-ils ferments ? Van Helmont en donne la définition suivante : *"...ce sont des puissances propres à chaque espèce et à chaque digestion qui sont vitales et qui véritablement transmutent les aliments."* Selon lui, les ferments dissolvent les aliments, au cours de six digestions.

Pour François Le Boë, la salive, le suc pancréatique et un suc secrété par le foie digèrent les aliments. Les sucs agissent comme l'eau forte sur les métaux. La digestion appelée dissolution, est taxée de chimique par comparaison avec l'action de l'acide sur les métaux.

la digestion est un broyage pour les mécanistes

Pour l'Encyclopédie, *"la secte des solidistes mécaniciens réfute les chimistes."* La conception mécaniste prend une très grande importance au début du XVII^e siècle avec la parution du *Discours de la méthode* de Descartes en 1637. C'est Borelli (1608-1679) physicien, physiologiste et mathématicien italien qui fut le fondateur de l'iatromécanique. Redi (1626-1697), Baglivi (1668-1707), docteur en philosophie et en médecine de l'Université de Salerne, Claude Perrault architecte, médecin et physicien français et Boerhaave (1668-1738) médecin et chimiste hollandais en furent des partisans convaincus. Pour eux :

Digérer = Broyer.

Les aliments sont broyés par les dents et la paroi de l'estomac. Borelli compare les mâchoires à des espèces de tenailles et le gésier à un pressoir.

1752 : Réaumur

Le 18 mars 1752, René Antoine Ferchault de Réaumur, physicien et naturaliste français (1683-1757) communique à l'Académie des Sciences deux mémoires intitulés : *"Sur la*

digestion des oiseaux." A l'aide d'une expérimentation précise, Réaumur arrive aux conclusions suivantes :

- la digestion est surtout une trituration chez les animaux à estomac musculueux,
- la digestion est surtout une dissolution chez les animaux à estomac membraneux.

A chaque estomac sa digestion, à chaque espèce son dissolvant. Pour Réaumur :

Digérer = soit Broyer, soit Dissoudre.

1777 : Spallanzani

la digestion est une dissolution, dans tous les estomacs

C'est en 1777, que l'Abbé Lazzaro Spallanzani reprend et poursuit les travaux de Réaumur. Ses très nombreuses expériences devaient lui permettre de trancher entre les opinions émises jusqu'alors : la digestion est-elle due à une trituration ? une dissolution ? une fermentation ? une putréfaction ? ou est-elle l'effet de toutes ces causes réunies comme Boerhaave l'avait pensé ? Pour Spallanzani :

Digérer = Dissoudre, dans tous les estomacs.

la digestion est une régulation

C'est également à la fin du XVIII^e siècle que Lavoisier relie la respiration à la digestion, qu'il définit ainsi : *"la machine animale est principalement gouvernée par trois régulateurs principaux : la respiration qui consomme de l'oxygène et du carbone et qui fournit du calorique ; la transpiration qui augmente ou diminue suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique ; enfin la digestion qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration."* Pour Lavoisier:

Digérer = Réguler.

la découverte de la première diastase...

En 1833, Payen isole le catalyseur biologique qui transforme l'amidon au cours de recherches sur les fermentations, et lui donne le nom de diastase et plus particulièrement d'amylase.

Claude Bernard permet une avancée décisive dans la construction du concept de digestion. Sa thèse de doctorat de 1853 s'intitule : *"Recherches sur une nouvelle fonction du foie considéré comme producteur de matière sucrée chez l'homme et les animaux."*

Auparavant il travaille *"Sur le suc gastrique et son rôle dans la nutrition"* sujet de sa thèse de médecine, en 1843, et sur le rôle du suc pancréatique (1849). Pour Claude Bernard :

Digérer : Dissoudre et Digérer = Réguler

et des autres...

1855 : Découverte de la pepsine.

1890 : Découverte de la trypsine.

1906 : Conheim découvre une enzyme dans le suc intestinal. Il l'appelle érepsine.

permet de définir
le concept

Le concept de digestion semble construit. Le *Précis de Physiologie* de Vander et Sherman le définit ainsi : *"La fonction du système digestif consiste à transporter des molécules organiques, des sels et de l'eau, du milieu extérieur au milieu intérieur où ces éléments peuvent être distribués aux cellules, par le système circulatoire."* La digestion est une dégradation des aliments en molécules isolées et plus petites, capables de traverser la paroi du tube digestif. Cette simplification moléculaire est réalisée principalement sous l'effet de l'acide chlorhydrique, de la bile et des enzymes digestives.

La digestion est bien une suite d'hydrolyses, transformations chimiques par excellence.

au départ le
même
problème...

Cette histoire du concept de digestion, met en évidence les différents sens de ce mot : cuire, pourrir, fermenter, broyer, dissoudre, réguler, qui ont été, à un moment ou un autre, des synonymes de digérer.

Tous ces chercheurs tentaient de répondre à la même question, jamais formulée : qui est responsable, des transformations subies par les aliments, entre l'ingestion et la sortie des excréments, à l'intérieur de l'organisme ?

Les médecins grecs et romains, qui sont aussi des philosophes, essaient d'expliquer la digestion, à l'intérieur de leur système de pensée.

les médecins
grecs et romains
raisonnent à
l'intérieur de leurs
théories

Dans sa théorie des trois âmes, Platon loge l'âme immortelle dans la tête et l'âme mortelle dans la poitrine et l'abdomen : *"Pour la partie de l'âme qui a l'appétit du manger et du boire et de tout ce que la nature du corps lui rend nécessaire, les dieux l'ont logée dans l'intervalle qui s'étend entre le diaphragme et le nombril, et ont construit dans tout cet espace une sorte de mangeoire pour la nourriture du corps, et ils ont enchaîné là cette partie comme une bête sauvage, mais qu'il faut nourrir à l'attache, si l'on veut qu'il existe une race mortelle."* Ayant ainsi situé l'estomac, vraisemblablement, Platon émet une théorie sur la digestion, en accord avec son grand principe explicatif, selon lequel *"le semblable se porte toujours vers son semblable."*

Hippocrate, lui émet sa théorie des quatre humeurs et Galien sa théorie des quatre tempéraments, qui emprunte beaucoup à ses deux illustres prédécesseurs.

des emprunts à
la chimie au XVI^e
siècle par les
iatrochimistes

Il faut attendre le XVI^e siècle, et les travaux des médecins-chimistes, pour apporter une autre réponse à la question posée. La digestion devient fermentation, avec Van Helmont, qui argumente contre Galien à la lumière des connaissances acquises dans les laboratoires de chimie.

XVII^e siècle :
terme à la
théorie de Galien
avec les
anatomistes

L'apport des anatomistes, au XVII^e siècle, contribuera très fortement à faire sombrer définitivement la théorie de Galien, qui aura vécu quinze siècles !

Le XVII^e siècle voit arriver *"les solidistes mécaniciens"*, médecins-physiciens cartésiens qui font de la digestion un broyage par les dents et l'estomac.

les iatrochimistes
sont cartésiens

De la fin du XVII^e siècle à 1752, de nombreux et obscurs médecins français font un grand nombre d'observations décrites, dans les publications de l'Académie des Sciences. Ils essaient d'expliquer la digestion à partir de ce qu'ils voient. Pour eux l'anatomie est la clé de la découverte. De grandes divergences subsistent entre les partisans du broyage et ceux qui croient à une dissolution.

le triomphe de
l'expérience
avec Réaumur et
Spallanzani

C'est dans cette atmosphère, que Réaumur commence ses très nombreuses expériences, pour essayer de trouver où est la vérité. En 1752, l'Académie Royale des Sciences publie ses deux mémoires, en les présentant ainsi : *"Toute question physique dont on ne cherche la solution que par la voie du raisonnement est sujette à rester longtemps indécidée. M. de Réaumur a cru devoir tenter de décider celle-ci d'une manière plus sûre, c'est-à-dire par l'expérience."* Pour Réaumur la digestion varie selon le type d'estomac, mais se limite à l'estomac. De plus chaque espèce possède son dissolvant propre.

Trente cinq ans plus tard, Jean Senebier publie les écrits de l'Abbé Spallanzani, après les avoir traduits. Pour lui la question n'est pas tranchée : *"Il me fallut rechercher si elle (la digestion) s'opérait par la trituration, ou par des liqueurs dissolvantes, ou par la fermentation, ou par un principe de putréfaction, ou enfin si elle était l'effet de toutes ces causes réunies, comme Boerhaave l'avait pensé."* Les très nombreuses expériences réalisées, relatées au long de six *"Dissertations"*, vont lui permettre de donner une réponse. Il reprend, les expériences de Réaumur, améliore les dispositifs expérimentaux, et surtout recommence les essais de digestion in vitro, dont Réaumur avait eu l'idée. Il conclut que la trituration prépare les aliments, à la digestion opérée par les sucs gastriques, dans les estomacs musculeux. Dans les estomacs moyens et membraneux, *"les sucs gastriques sont la seule cause efficiente de la digestion."* Et, de plus, *"les sucs gastriques de ces animaux ne perdent pas leur propriété digestive, quand ils sont tirés hors du corps de l'animal."*

Comme pour Réaumur, l'estomac reste le seul lieu de digestion. La découverte de l'action du suc gastrique, hors de l'organisme, fait reculer les idées vitalistes. Les conclusions de Spallanzani déstabilisent également la théorie de Boerhaave, *"qui sut accorder toutes les opinions de son temps."*

1824 : de l'acide
chlorhydrique
dans l'estomac

Le début du XIX^e siècle voit persister l'intérêt des chercheurs pour le suc gastrique. En 1824, William Prout démontre que l'acidité du suc gastrique est due à la présence d'acide chlorhydrique. William Beaumont publie ses travaux, en 1833. Il a pu prélever très facilement du suc gastrique, grâce à une ouverture fistuleuse de l'estomac d'un patient, blessé par balles. Cette situation accidentelle fut à l'origine d'une technique très couramment utilisée par la suite, en particulier chez les chiens, pour se procurer ce suc digestif.

1833 :
découverte de la
première
diastase, par des
chimistes
travaillant sur les
fermentations

La première diastase est découverte en 1833, par des chimistes travaillant sur les fermentations. L'apport des chimistes à la biologie va augmenter tout au long du XIX^e siècle, et atteindre son apogée au XX^e siècle, avec la biochimie.

Une autre avancée très importante est due à Claude Bernard. Contrairement à l'idée répandue à l'époque, il va affirmer, que, comme les plantes, *"les animaux sont capables de produire des principes immédiats ; de sorte qu'il n'est pas nécessaire, pour qu'un animal vive, qu'il prenne absolument dans ses aliments, tous les principes immédiats dont son corps est constitué. Il faut sans doute, qu'il prenne les éléments de ces principes immédiats ; mais il peut les modifier pour en faire des principes immédiats nouveaux et les approprier à sa substance."*

Il peut paraître étonnant de constater, que Claude Bernard affirme que *"la salive n'est pas un fluide actif dans les actes chimiques de la digestion"*, de même que *"le suc gastrique agit comme la cuisson dans l'eau bouillante"*, et que *"le suc intestinal n'est pas la sécrétion d'une glande particulière."* Pour lui la digestion est due à l'action des sucs gastrique et pancréatique, et à l'action de la bile.

la physiologie
explique la
présence du
sucre dans le foie

A propos de la présence du sucre dans le foie, l'idée couramment répandue était *"que cette matière était d'origine végétale et avait été introduite par l'alimentation."* Claude Bernard explique lui-même, pourquoi le rôle du foie n'a pas été découvert plus tôt : *"D'abord quand on cherche à pénétrer les phénomènes de la vie, on a toujours l'habitude de se tenir à un point de vue anatomique, ou chimique, ou physique, et l'on ne se place pas assez du point de vue du phénomène vital, qu'il faut cependant toujours considérer quand on veut faire de la physiologie."*

l'analyse
chimique des
aliments permet
l'idée de
simplification
moléculaire

En 1853, apparaît l'idée que la digestion implique la formation de substances plus simples. Pour arriver à la notion de simplification moléculaire, il faut intégrer l'idée que beaucoup d'aliments sont constitués de molécules complexes, ce qui ne sera possible qu'après l'analyse chimique des aliments. Celle-ci commencée en 1827, prendra tout son sens avec les travaux de Graham en 1861, lorsque la taille des molécules de protéines sera mise en relation avec la traversée de la paroi de l'intestin grêle.

La seconde moitié du XIX^e siècle et le début du XX^e verront la découverte des autres diastases, grâce aux progrès de la biochimie. Ce n'est donc qu'au début du XX^e siècle, que les lieux de la digestion sont précisés comme lieux d'action des enzymes. Le concept de digestion se détache peu à peu de celui d'absorption et d'assimilation.

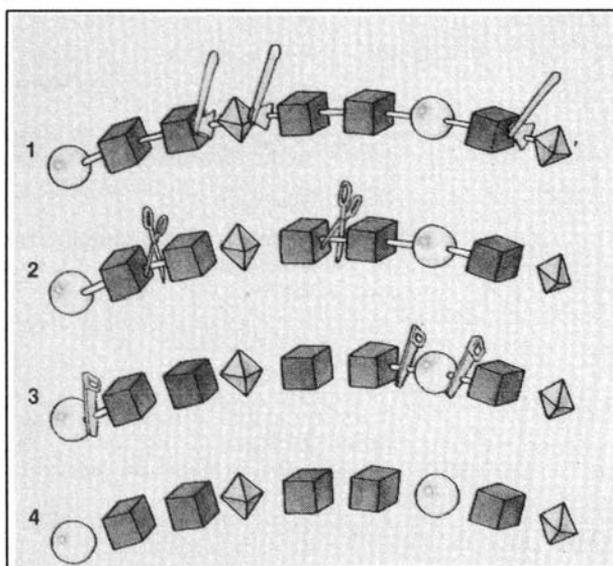
2. QUE SIGNIFIE DIGÉRER DANS LES MANUELS ?

la digestion est due à l'action des sucs digestifs et des enzymes

Sous le titre, *"La digestion dans l'organisme"*, le manuel de sixième des éditions Belin (1986) note : *"la plupart des substances organiques sont démolies sous l'action des sucs digestifs. Les substances organiques donnent des produits plus petits, solubles dans l'eau. On peut comparer cette action à celle d'un maçon qui démonte un mur et en récupère les briques intactes."* La représentation graphique modélise les enzymes sous forme de haches, de ciseaux et de scies ; pour ce manuel :

digérer = couper, scier, trancher, démolir.

enzyme-hache,
enzyme-ciseaux,
enzyme-scie



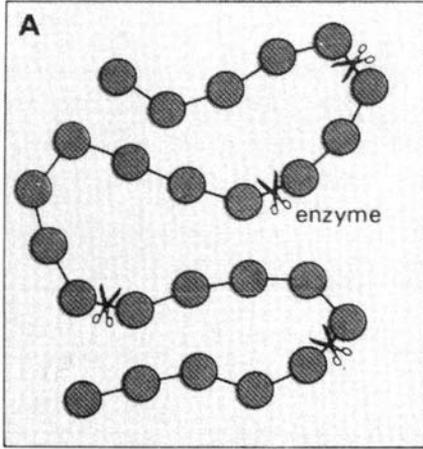
Doc. 3 Représentation schématique de l'action des sucs digestifs sur une substance organique.

BIOLOGIE 6^e, éd. Belin (1986), p. 33

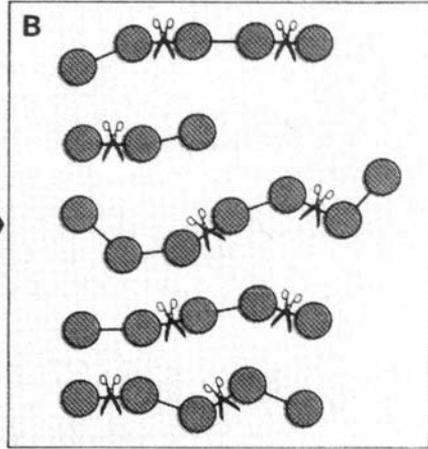
Le manuel de sixième des éditions Bordas et Fils (1986) titre *"Des transformations chimiques"*, et explique: *"Les enzymes contenues dans les sucs digestifs "simplifient" les aliments. Ainsi, dans la bouche, sous l'action, d'une enzyme de la salive, les grosses molécules d'amidon (féculent du pain) sont découpées en de très nombreuses petites molécules de sucre."* Simplifier, quand on ne peut faire le lien avec le sens chimique de molécule, ce qui est le cas des élèves de sixième, renvoie au verbe découper de la phrase suivante. Quant au passage de l'amidon en sucre, c'est une opération magique.

digérer = simplifier = découper.

**Une grosse molécule
(exemple : amidon)**



**Plusieurs molécules
plus petites**



Doc. 4 Une simplification : les enzymes sont des substances capables de «couper» les molécules.
BIOLOGIE 6^e, éd. Bordas et fils (1986), p. 21.

Le schéma montre des enzymes-ciseaux coupant un collier de perles-molécules, pour obtenir un grand nombre de diades. Malgré le titre du paragraphe, le vocabulaire et l'image des ciseaux, laissent croire que la digestion est une transformation physique.

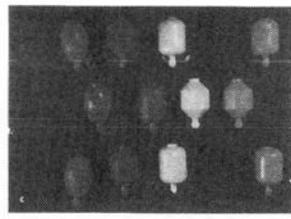
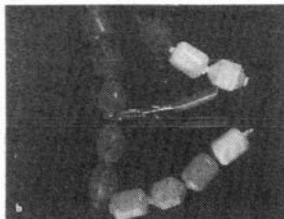
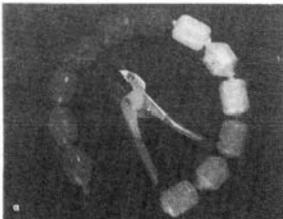
Dans le manuel des Editions Magnard (1989) pour la classe de troisième, la modélisation utilisée en sixième est reprise, à ce détail près que l'enzyme est devenu sécateur : "le sécateur représente l'enzyme qui attaque cette protéine."

Le verbe attaquer donne à l'enzyme un statut agressif étonnant, qui ne va pas manquer dans l'esprit des élèves, de rejoindre l'acide qui attaque le fer, prototype de la réaction chimique pour eux. Par contre l'eau qui attaque l'aliment, est absente, comme si cette image de l'eau gênait.

enzyme-sécateur

L'enzyme belligérant induit une réaction physique, l'enzyme belligérant fait songer à une réaction chimique, mais pas à une hydrolyse, dans laquelle l'enzyme est un catalyseur, et non un des deux acteurs de la réaction.

digérer = couper.



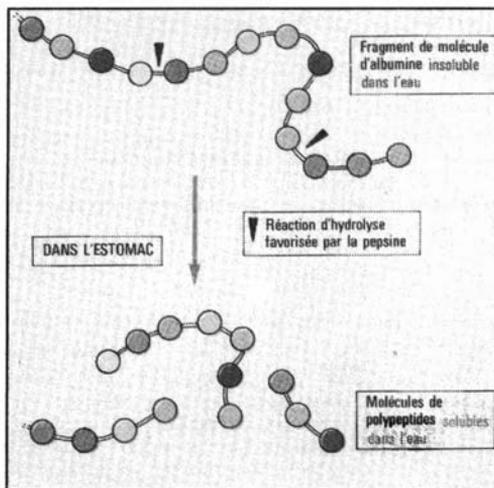
4 a. On a modélisé de façon simple un fragment de molécule de protéine. La couleur et la forme des éléments différencient les acides aminés qui la composent. Le sécateur représente l'enzyme qui attaque cette protéine.

En b, les liaisons sont rompues en deux endroits distincts. La position du sécateur indique l'impact de la prochaine coupure. **En c,** 12 molécules simples d'acides aminés sont isolées : de proche en proche, toutes les liaisons ont été "cassées".

BIOLOGIE 3^e, éd. Magnard (1989), p. 55.

Le manuel de troisième istra, des éditions Casteilla (1989), précise que la digestion est "une réaction d'hydrolyse favorisée par" une enzyme, mais les schémas ne montrent pas de molécules d'eau ! L'enzyme, modélisée sous forme de deux flèches, est aussi une enzyme-sécatteur.

digérer = couper.



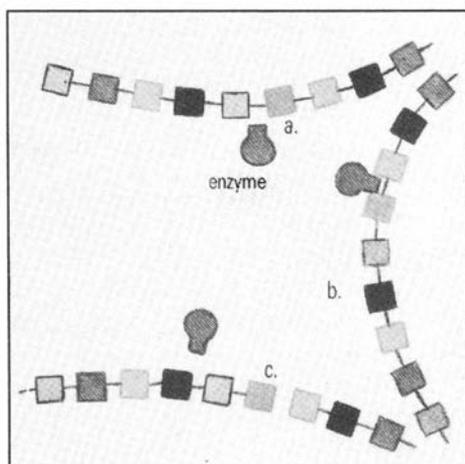
11. Digestion de l'albumine sous l'action de la pepsine contenue dans le suc gastrique.

BIOLOGIE 3^e, istra, éd. Casteilla (1989), p. 62.

Le Biologie 3^e de chez Hatier (1989), évoque la fixation de l'enzyme à un endroit précis de la molécule : "La pepsine se fixe en un endroit précis sur la macromolécule, et y provoque la rupture de la chaîne d'acides aminés la découpant ainsi en deux fragments ; la molécule enzymatique libérée se fixe à un autre endroit..."

Les formes de l'enzyme et de la macromolécule permettent de penser que cette introduction peut se faire n'importe où.

digérer = découper.



16. Représentation schématique de l'action de la protéase contenue dans le suc gastrique.

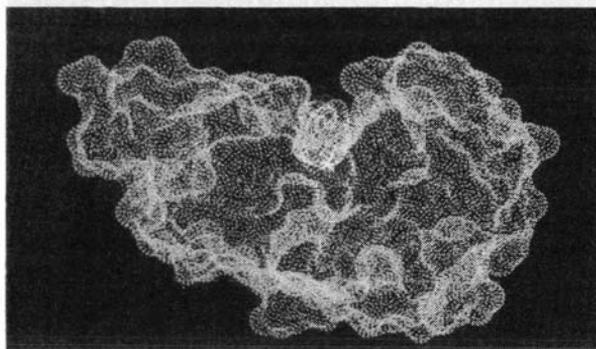
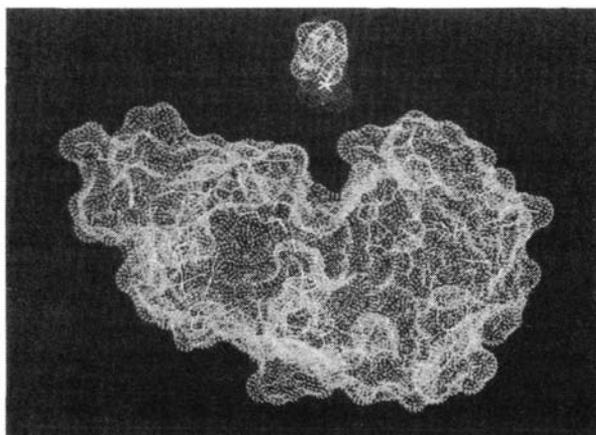
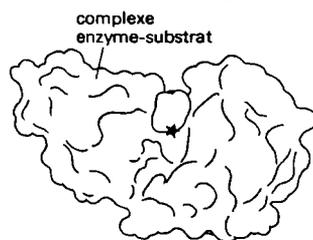
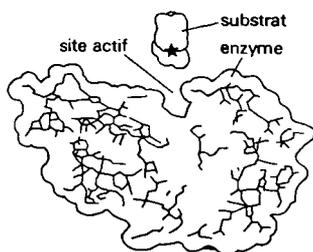
BIOLOGIE 3^e, éd. Hatier (1989), p. 58.

enzyme-clé

Le manuel de troisième de chez Bordas (1989), explique l'action des enzymes à l'aide du modèle clé-serrure, en schématisant une photo d'écran d'ordinateur : "De même qu'une clé doit avoir une forme adaptée à la serrure à laquelle elle est destinée, il y a adaptation de la forme du substrat et du site actif de l'enzyme."

Ce schéma permet de comprendre la spécificité de l'enzyme, mais pas sa façon, d'agir, dans la digestion.

Toutes les enzymes sont des protéines formées de l'enchaînement de centaines d'acides aminés. Ce sont donc des molécules de grosse taille. Ceci explique que sur la photographie présentée ici (il s'agit de l'image d'une enzyme obtenue par ordinateur) l'enzyme est beaucoup plus grosse que la substance sur laquelle elle agit. La spécificité d'une enzyme pour un substrat donné est due à la configuration de la protéine dans l'espace. De même qu'une clé doit avoir une forme adaptée à la serrure à laquelle elle est destinée, il y a adaptation de la forme du substrat et du site actif de l'enzyme.



hydrolyse sans
eau

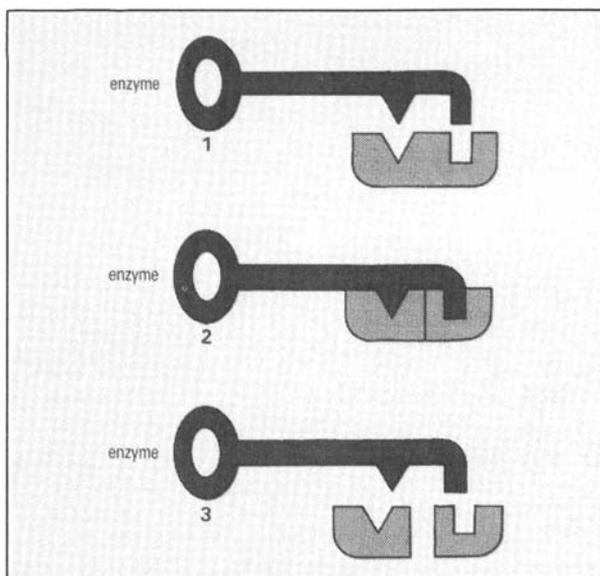
Le Bordas et Fils de troisième (1989), au cours d'un exercice, pose une question : "On compare souvent le mode d'action des enzymes à celle de ciseaux ou à celle d'une clef. Explique pourquoi ces deux comparaisons sont justifiées. Pourquoi une enzyme donnée ne peut-elle agir que sur une molécule précise ?"

La clé qui d'habitude ouvre une porte, est ici une clé-couteau, qui coupe le substrat en deux parties inégales, et se retrouve intacte à la fin de la réaction. La présence d'eau n'est pas signalée. Cette modélisation permet de comprendre la spécificité de l'enzyme mais pas son action.

digérer = ouvrir et couper.

7 L'action des enzymes

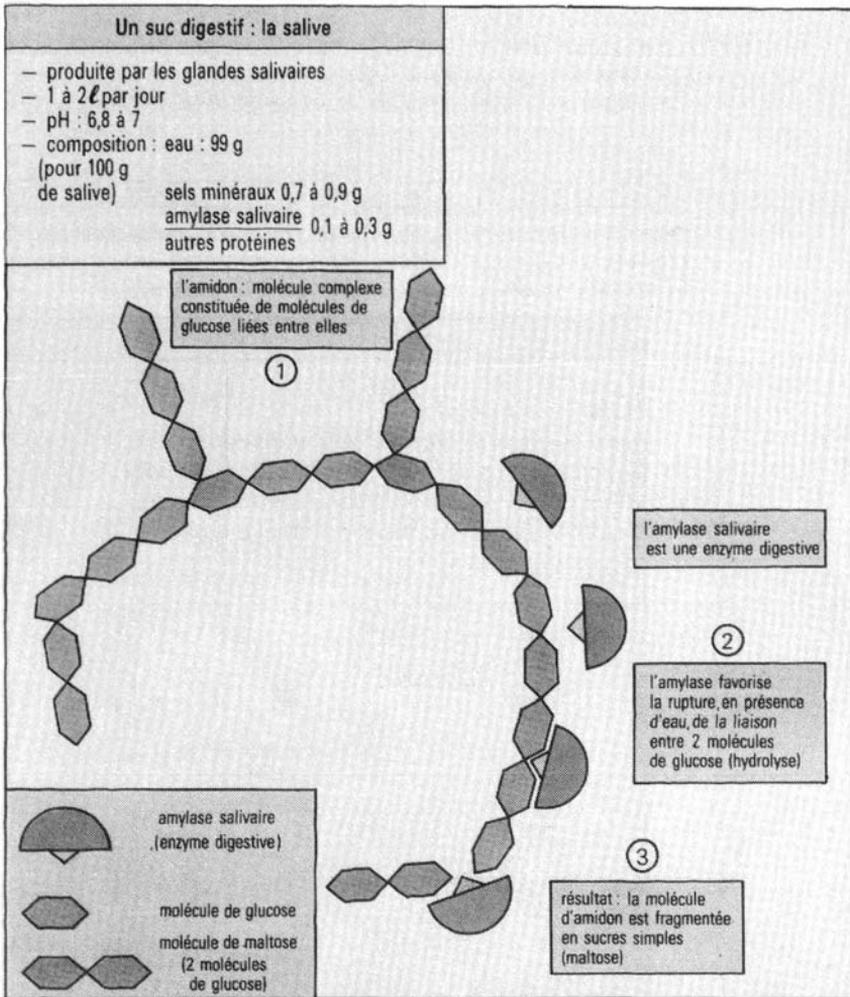
On compare souvent le mode d'action des enzymes à celle de ciseaux ou à celle d'une clef. Explique pour quelles raisons ces 2 comparaisons sont justifiées. Pourquoi une enzyme donnée ne peut-elle agir que sur une molécule précise ?



BIOLOGIE 3^e, Coll. J. Escalier, Ed. Bordas et fils (1989), p. 62.

Le manuel de chez Nathan (1989), présente lui aussi, une enzyme-clé, coupant une chaîne de molécules de glucose, par groupe de deux. L'eau est absente de la réaction.

digérer = couper.



8. Les enzymes sont des substances fabriquées par l'organisme, qui provoquent et accélèrent des réactions chimiques. La salive contient une enzyme, l'amylase salivaire.

BIOLOGIE 3^e, éd. Nathan (1989), p. 57.

Si les manuels de troisième introduisent le terme d'hydrolyse, deux d'entre eux seulement (Hachette et Belin), font apparaître l'eau dans leur modélisation.

Hachette (1989) donne un schéma qui, par les formes emboîtées qu'il présente, introduit un modèle clé-serrure. L'enzyme est présentée dans le texte, comme "une molécule qui facilite la réaction : c'est un catalyseur biologique" ; mais la légende du schéma précisant : "union de l'enzyme et de l'amydon", laisse à penser qu'ils sont les deux acteurs de la réaction chimique ; l'union des deux réactants n'apparaît pas suffisamment. De plus l'eau, représentée par une forme

quels sont les réactants ?

en "cake", se transforme en deux boules, après la réaction, ce qui n'est pas facile à interpréter puisque les liaisons -H et -OH ne sont pas identiques.

digérer = dégrader.

→ 3. De l'amidon au maltose ←

La salive provoque la transformation de l'amidon en sucres réducteurs. Ces molécules plus petites, ou maltose, sont des associations de deux glucoses. Cette transformation se fait à la **température du corps** et bien plus **rapidement** que l'hydrolyse chimique. La salive contient de l'eau, des sels minéraux et une protéine, l'amylase. A 100°C, la protéine est détruite.

◆ a) Citez la partie de la salive qui est responsable de la digestion de l'amidon.

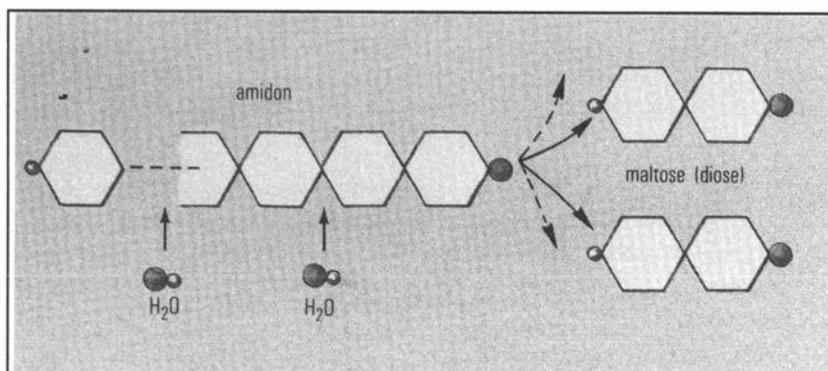
Cette molécule facilite la réaction : c'est un catalyseur* biologique appelé **enzyme**. La figure 4 précise son mode d'action.

◆ b) Pourquoi l'enzyme est-elle comparée à une clé, et le substrat, dont elle favorise la dégradation, à une serrure ?

▼ 4. La digestion de l'amidon par l'amylase salivaire, enzyme contenue dans la salive.

BIOLOGIE 3^e, éd. Hachette (1989), p. 39.

Belin (1989), lui ne schématise pas l'enzyme mais seulement l'amidon, l'eau et le maltose. Le mot enzyme n'apparaît que dans le résumé. La molécule d'eau est schématisée sous forme de deux boules inégales, ce qui respecte la distinction entre la liaison -OH et la liaison -H.



Doc 2. l'hydrolyse de l'amidon. L'analyse chimique montre que l'amidon est un polymère de maltose qui est un diose. Les molécules d'amidon sont cassées par fixation de molécules d'eau, H_2O , sur certaines liaisons. Une telle réaction chimique est une hydrolyse ; elle simplifie les molécules.

BIOLOGIE 3^e, éd. Belin (1989), p. 34.

transformation chimique dans le texte,
transformation physique dans le modèle

Les manuels de troisième, parlent tous de transformations chimiques mais présentent une modélisation qui amène le lecteur à penser à une transformation physique, puisqu'ils réduisent la transformation à une scission, une coupure. Il faudrait peut-être présenter cette transformation comme une réaction chimique, c'est-à-dire, une équation-bilan équilibrée (la notion de réaction chimique est abordée en quatrième). En respectant les exigences suivantes :

- la présence de deux réactants, dont l'un est l'eau, et l'autre une grosse molécule ;
- la mise en évidence de la spécificité d'une enzyme par rapport au substrat ;
- la présence de l'enzyme intacte à la fin de la réaction ;
- la présence, à la fin de la réaction, de molécules plus courtes et de nature différente de celles des réactants de départ .

Cette façon de faire éviterait la confusion entre enzyme et réactant et favoriserait la construction de la notion de catalyseur.

3. TRANSFORMATION PHYSIQUE, TRANSFORMATION CHIMIQUE ?

Si à la suite des manuels, les élèves pensent que les enzymes sont des instruments coupants, que la digestion est **uniquement** une série de transformations physiques, destinées à réduire les aliments pour qu'ils soient absorbés, on peut se demander ce qu'une telle représentation empêche de construire. En effet, le changement d'aspect et le changement de taille peuvent être obtenus à l'aide de transformations physiques comme la mastication, l'humidification, la dissolution et l'émulsification. On peut donc penser la digestion et l'absorption en termes de transformations physiques.

de la nécessité des transformations chimiques dans la digestion

A quoi cette représentation fait-elle obstacle ? Pourquoi faut-il passer par la notion de nutriment, pourquoi faut-il construire la notion de transformation chimique, impliquant un changement de nature dans les aliments ?

La représentation de la digestion comme transformation physique, n'empêche pas de construire le concept d'absorption. En effet, les élèves peuvent comprendre que les aliments traversent la paroi de l'intestin, uniquement à cause de leur taille très réduite ; la réduction étant due aux différentes transformations physiques subies. Il y a même de grosses molécules qui passent à travers cette paroi!

Le problème posé par la distinction entre transformations physiques et chimiques est celui de la perte de la spécificité des aliments. C'est elle qui rend les transformations chimiques indispensables.

pas d'assimilation
sans
transformations
chimiques

Il semble que ce soit le concept d'assimilation qui oblige à un tel détour. En effet, comme le rapporte Gabriel Gohau, c'est un très vieux problème posé déjà par Anaxagore au V^e siècle av. J.C., "comment du non-cheveu, le cheveu proviendrait-il et la chair de ce qui n'est pas chair ?"

Il faut souligner la **différence** entre les aliments et les constituants du corps humain (ou d'une autre espèce que celle dont proviennent les aliments). Si on en reste au **semblable**, on ne pourra pas passer du poulet ou de la salade à l'homme ou au porc. Il faut que ce que l'on mange soit reconnu différent de notre chair, ce qui ne pose pas de problème, sauf peut-être chez les cannibales ; il faut d'autre part qu'un point commun apparaisse entre la nature des proies et celle des prédateurs, entre les aliments et la chair de celui qui mange, sinon le cheveu ne proviendra jamais du non-cheveu. Ce sera le rôle des nutriments, unités de base de construction, des différents constituants de l'organisme.

Les enzymes ne peuvent rester des sécateurs, elles doivent devenir des catalyseurs de réactions chimiques, qui aboutiront, certes à des molécules plus courtes, mais aussi et peut-être surtout, à des produits différents, capables d'être assemblés autrement pour fabriquer un organisme d'une autre espèce.

propositions...

Peut-être pourrait-on relier un peu plus directement la biologie et la chimie dans l'esprit des élèves, aller vers la biochimie ? Présenter l'hydrolyse sous forme d'une équation-bilan, puisqu'ils en ont étudiées en cinquième, et noter la présence de l'enzyme, comme facilitant la réaction, en laissant à la classe de première le soin d'étudier la catalyse enzymatique.

Marie SAUVAGEOT-SKIBINE
IUFM / MAFPEN
Dijon

BIBLIOGRAPHIE

BACHELARD Gaston. *La formation de l'esprit scientifique*. Chap IX : "Le mythe de la digestion." Paris. Vrin. 1938. p. 169.

BERNARD Claude. *Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine*. Paris. Librairie de l'Académie Royale de Médecine. 1855 et 1856.

DIDEROT et D'ALEMBERT. *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers par une société de gens de lettres*. Article "Digestion". Paris. 1751. p. 999.

GALIEN. *Oeuvres*, traduites par le Dr Daremberg. Paris. Baillière. 1954.

GOHAU Gabriel. *Biologie et Biologistes*. Paris. Magnard. 1978. p.51.

JACOB François. *La logique du vivant*. Paris. Gallimard. 1970.

Mc COLLUM Elmer Verner. *History of Nutrition*. Boston. Houghton Mifflin Company. 1957.

PLATON. *Timée*. Paris. Garnier-Flammarion.

REAUMUR René Antoine Ferchault de. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Sur la digestion des oiseaux. Premier Mémoire*, p. 266. *Second Mémoire*, p. 461. Paris. 1752.

SPALLANZANI Lazzaro. *Opuscules de Physique animale et végétale*. Traduction de Jean Senebier. Pavie. P.J. Duplain. 1787.

VANDER A.J., SHERMAN J.H., LUCIANO D.S., GONTIER J.R., *Physiologie humaine*. Montréal. McGraw-Hill. 1989. p.455.

VAN HELMONT Jean-Baptiste. *Oeuvres*. Traduction de Jean Le Conte. Lyon. J.A. Guyetan et G. Barbier. 1670.

CONCEPTIONS DES ENSEIGNANTS SUR LA DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

Analyse de quelques cas à propos de digestion en classe de troisième

Éllane Orlandi

La partie du programme de la classe de troisième axé sur la nutrition est un moment privilégié pour l'apprentissage de la démarche expérimentale. Nous avons à ce propos tenté de cerner les conceptions de cinq enseignants de biologie en les interviewant au sujet de leurs pratiques de classe - plus précisément sur la séquence expérimentale "digestion artificielle d'un aliment par la salive".

L'analyse des entretiens permet de faire apparaître le regroupement des enseignants autour de deux pôles, l'un qui privilégie, avec la rigueur, une logique de type linéaire, allant de pair avec une grande directivité pédagogique; l'autre qui privilégie une logique moins linéaire incluant le tâtonnement, plus proche d'une démarche de recherche, et au plan pédagogique, moins canalisée et planifiée d'avance par l'enseignant.

Si les conceptions des apprenants ont donné lieu à de multiples recherches ces dernières années (1), celles des enseignants sont peu étudiées. Elles méritent pourtant de l'intérêt, dans la mesure où, sans doute, un certain nombre de choix pédagogiques sont le reflet des conceptions des enseignants sur les contenus et méthodes qu'ils enseignent. En ce qui concerne l'apprentissage expérimental, je formule l'hypothèse que les pratiques de classe sont liées aux conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale.

La seule recherche didactique à ma connaissance sur les conceptions d'enseignants de biologie, rapportée brièvement dans l'introduction de "Histoire de la Biologie" (2), avait procédé par enquête. J'ai pour ma part choisi de recueillir les conceptions non pas à partir d'un discours théorique des enseignants (par le biais d'un questionnaire par exemple), mais au travers d'entretiens où les enseignants sont amenés à s'exprimer sur leurs pratiques expérimentales en classe.

établir un lien
entre pratiques
pédagogiques et
conceptions

- (1) Recensées dans GIORDAN A., MARTINAND J.L., "Etat des recherches sur les conceptions des élèves en Biologie", in GIORDAN A., MARTINAND J.L., Ed., *Annales de Didactique des Sciences*, 1988.
- (2) GIORDAN A. et al, *Histoire de la Biologie*, Tome 1, Paris, Lavoisier, 1987.

Le choix du thème des interviews s'est porté sur la partie du programme de troisième des collèges traitant des "échanges nutritionnels de l'homme avec son milieu", consacré à l'étude des aliments et de la digestion. Ce thème est en effet particulièrement propice à un enseignement expérimental ; et c'est sur un sujet de physiologie humaine que je pouvais le mieux tenter d'évaluer l'impact sur les conceptions de la méthodologie expérimentale héritée de Claude Bernard. En effet travailler sur la démarche expérimentale en classe amène à s'interroger au préalable sur la méthode expérimentale.

1. LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

Existe-t-il **une** méthode universelle à laquelle toutes les formes de recherche scientifique doivent se conformer, un protocole invariable dont seules les applications varient selon la nature des problèmes étudiés ?

On sait qu'en biologie, cette idée doit beaucoup à Claude Bernard et aux principes qu'il a consignés dans son *Introduction à l'Etude de la Médecine Expérimentale*. Il est sans doute le premier à avoir formalisé de manière rigoureuse les différentes étapes d'une recherche expérimentale, et ceci suivant le schéma désormais classique :

observation → idée (hypothèse) → expérience → vérification de l'hypothèse.

Cependant G. Canguilhem (3) montre, en analysant "l'Introduction" de C. Bernard de manière très précise et sans s'arrêter à la première partie consacrée aux principes généraux, que ce texte est en réalité étroitement solidaire des recherches de l'auteur, et que cette méthode est imposée par un contexte bien particulier, celui de la fondation d'une nouvelle physiologie, basée sur les concepts de "milieu intérieur" et de "sécrétions internes".

C. Bernard lui-même, paradoxalement, écrit : "*La méthode n'est pas susceptible d'être formulée indépendamment des recherches dont elle est issue.*" Et Canguilhem cite Bachelard (4) : "*Les concepts et les méthodes, tout est fonction du domaine d'expérience; toute la pensée scientifique doit changer devant une expérience.*"

De nombreux écrits (5) ont repris les travaux de M.D. Grmek sur le "Cahier rouge" (6), et développé l'idée que

un modèle
unique hérité de
Claude
Bernard ...

... pourtant issu
de recherches
bien
contextualisées

(3) CANGUILHEM G., *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1983.

(4) BACHELARD G., *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF, 1934, cité par G. Canguilhem, opus cité.

(5) De GIORDAN A., *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Paris, Centurion, 1978, à ASTOLFI J.P., DEVELAY M., *La didactique des sciences*, Que Sais-Je n°2448, Paris, PUF, 1989.

(6) GRMEK M.D., *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*, Genève, Droz, 1973.

un
surinvestissement
de la logique et
de la rigueur ...

"l'Introduction" de C. Bernard est une reconstruction a posteriori, élaborée pour la communication, bien différente des recherches telles qu'elles se sont réellement déroulées.

Canguilhem montre qu'on peut lire autrement le texte de C. Bernard, "en le questionnant à la manière bachelardienne" : "Comment pensez-vous ? Quels sont vos tâtonnements, vos essais, vos erreurs ? ...Donnez-nous vos idées vagues, vos contradictions, vos idées fixes, vos convictions sans preuve ..." (7)

Le chercheur qui présente ses résultats, soucieux de convaincre, occulte la phase obscure, tâtonnante de sa recherche et reconstitue dans son compte-rendu un déroulement logique et rigoureux. Si ces deux aspects coexistent dans "la science qui se fait", seul le deuxième est mis en lumière a posteriori. (8)

Pour G. Gohau (9), ces deux facettes correspondent à deux formes de pensée différentes et complémentaires : d'une part l'esprit de recherche et de découverte (appelé "le premier esprit scientifique", car il intervient le plus souvent en début de recherche), et d'autre part l'esprit logique ("le deuxième esprit scientifique").

L'idée qu'il existe une méthode expérimentale, surinvestissant ce deuxième aspect, tiendrait, comme l'exprime René Thom (10), plus du mythe que de la réalité du chercheur. R. Thom reconnaît cependant qu'elle a eu pour conséquence positive d'imposer à la recherche des normes déontologiques (usage correct des instruments, précision des protocoles ...), et que c'est très probablement cet ensemble de règles que les scientifiques ont en tête quand ils parlent de méthode expérimentale.

Qu'en est-il dans les classes ? On sait que la tradition pédagogique a beaucoup fait pour perpétuer le modèle hérité de C. Bernard, dont le déroulement chronologique s'est figé sous la forme OHERIC.

A. Giordan (11) reproche à l'enseignement de la biologie d'avoir érigé cette méthode en dogme, avec pour conséquence de donner aux élèves "une idée fautive de ce qu'est la science et du rôle que joue l'expérience", et de les empêcher ainsi de s'approprier une démarche scientifique réelle.

(7) BACHELARD G., *La philosophie du non*, Paris, PUF, 1940, cité par G. Canguilhem, op. cité.

(8) LATOUR B., dans *La science en action*, Paris, La Découverte, 1989, analyse avec beaucoup de détails les stratégies des scientifiques au moment où ils rédigent leurs publications.

(9) GOHAU G., "Deux esprits scientifiques", *Cahiers pédagogiques*, 141, 1976.

(10) THOM R., "La méthode expérimentale : un mythe des épistémologues (et des savants) ?" in HAMBURGER J. (direct.), *La philosophie des sciences aujourd'hui*, Paris, Gauthier-Villars, 1986.

(11) GIORDAN A., *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, op. cité p. 2.

... existe-t-il aussi dans les pratiques expérimentales en classe ?

Pour J.P. Astolfi (12), cet enseignement "considère comme primordiale la clarté de l'interrogation et valorise l'ordre, la rigueur formelle des étapes censées conduire à la solution. Il s'agit le plus souvent d'utiliser des situations expérimentales pour développer des compétences d'ordre logico-mathématique." On apprend à résoudre des problèmes, mais on n'apprend pas à poser les questions, et pour cela, "il n'existe ni règles, ni techniques, ni méthodes scientifiques."

Seul le "deuxième esprit scientifique" de G. Gohau, l'esprit rationnel et logique, serait privilégié en classe. Ces auteurs insistent sur l'intérêt de développer aussi chez les élèves la première forme de pensée scientifique.

Ainsi pour A. Giordan (13), avant l'apprentissage d'une méthode, l'enseignement expérimental devrait commencer par initier l'élève à une attitude expérimentale, c'est-à-dire à "un état d'esprit comportant réflexion critique sur ce qu'il observe, doute méthodique sur ce qu'il connaît, réflexion et communication", et ceci "en permettant de faire des recherches personnelles sur les problèmes concrets posés lors d'expériences."

Dans la même optique, G. Gohau (14) écrit : "Seules les recherches où l'élève est maître de sa progression, autonome dans son travail, permettent d'acquérir des rudiments de l'esprit de recherche. "

Il y a ici implicitement référence à une hypothèse constructiviste du savoir, selon laquelle l'autonomie, l'initiative personnelle des élèves seraient nécessaires à une véritable appropriation de la démarche expérimentale, non limitée à son aspect logique et méthodique (plus compatible avec une pédagogie directive).

Cette réflexion préalable fournit un premier axe de questionnement dans la recherche de caractérisation des conceptions des enseignants : le modèle OHERIC est-il toujours très prégnant (en particulier la place première de l'observation) ? Y a-t-il une forme d'esprit scientifique, au sens de G. Gohau, qui est privilégiée ?

D'autres questions d'ordre épistémologique trouvent leur prolongement dans le cadre scolaire; elles ne pourront ici qu'être évoquées rapidement :

- la place de la théorie au sein de la démarche expérimentale : les épistémologues contemporains s'accordent à penser que la théorie est, sinon première, du moins en interaction permanente avec l'expérimentation. L'inductivisme naïf, qui place la seule observation des faits à l'origine des

(12) ASTOLFI J.P. et al., *Expérimenter, sur les chemins de l'explication scientifique*, Toulouse, Privat, 1984, et ASTOLFI J.P., "Résoudre des problèmes ou apprendre à la poser ?", *Cahiers pédagogiques*, 141, 1976.

(13) GIORDAN A. , *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, op. cité p. 2.

(14) GOHAU G., "Faut-il raisonner logiquement ?", *Cahiers pédagogiques*, 214, 1983.

découvertes, oublie que tout regard est imprégné des connaissances antérieures et d'hypothèses implicites (15). Or, d'après A. Giordan (16), une conception dominante dans l'enseignement scientifique est que les théories se déduisent des faits; ainsi en classe, c'est une démarche empirique, inductiviste qui est généralement adoptée : on présente d'abord quelques faits, puis on généralise à la loi ou à la théorie ;

quelles relations
entre faits,
expériences et
théorie ?

- la question de la vérification des hypothèses : selon K. Popper (17), une hypothèse ne peut au plan logique être vérifiée ou confirmée; elle peut être soumise à des test expérimentaux qui permettront soit de la réfuter, soit de la corroborer provisoirement.(18)
Fortement liée à l'empirisme inductiviste, une conception répandue chez les enseignants serait que le rôle des expériences est de vérifier les théories (19).

Il sera intéressant de savoir si ces conceptions sont présentes chez les enseignants interviewés. En particulier, qu'en est-il de la réfutabilité en classe ? Quelle fonction joue l'expérience : mise à l'épreuve d'une hypothèse, ou, quand on "vérifie" en reproduisant une expérience bien balisée, simple fonction illustrative ?

2. MÉTHODE EMPLOYÉE

2.1 Le corpus : les interviews d'enseignants

Les interviews ont consisté à faire décrire par des enseignants de biologie le déroulement de certaines séquences de classe et, en les questionnant, à les amener à s'exprimer, voire à se justifier sur leurs pratiques - donc, globalement, de faire dire à l'enseignant ce qu'il fait, comment il le fait et pourquoi il le fait.

-
- (15) CHALMERS A.F., *Qu'est-ce que la science ?*, Paris, La Découverte, 1987.
 - (16) GIORDAN A. et al, *Histoire de la Biologie*, op. cité p. 1.
 - (17) POPPER K., *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1984.
 - (18) D'après les règles de la logique, il est impossible de vérifier une proposition universelle - une hypothèse, une théorie -, car on ne peut jamais s'assurer cas par cas que, dans toutes les circonstances où elle s'applique, elle est vraie. À l'inverse, un seul cas où cette proposition est mise en échec suffit à déduire qu'elle est fausse. C'est cette propriété logique qui est à la base du falsificationnisme de K. Popper : une hypothèse, pour être scientifique, doit être falsifiable. Le crédit qu'on peut accorder à une théorie est d'autant plus grand que l'on a mieux tenté de prouver qu'elle était fausse.
 - (19) Je n'ai repris, parmi les six points proposés par André Giordan dans son tableau des conceptions des enseignants, que les deux points qui paraissaient les plus pertinents pour l'analyse de cette situation spécifique. Il serait intéressant d'utiliser davantage ce tableau dans un cadre de travail élargi.

faire parler les
enseignants sur
leurs pratiques
pédagogiques

Il est évidemment plus facile de s'exprimer sur le comment que sur le pourquoi. Aussi ai-je été amenée, au cours de chaque interview, à présenter à l'enseignant d'autres pratiques possibles, ceci afin de l'aider à mieux se situer, et donc à mieux cerner les raisons de ses propres choix.

Pour l'intervieweur, la difficulté consiste à mener l'échange avec suffisamment d'empathie envers son interlocuteur, afin que celui-ci parle en confiance et sans contrainte, tout en cherchant à lui faire prendre du recul par rapport à son propre discours. Il faut trouver la limite délicate entre des questions, assez déstabilisantes pour amener l'interviewé à aller plus loin dans son argumentation, et des remises en question qui ne sont pas, à mon avis, déontologiquement souhaitables dans ce contexte.

L'inconvénient majeur de la méthode choisie est qu'elle ne permet de recueillir que le discours des enseignants sur leur pratique, qui n'est en aucun cas assimilable à leur pratique réelle que seul un observateur extérieur aurait pu approcher. Entre une pratique et le discours sur cette pratique se produisent nécessairement des distorsions qu'il est difficile de mesurer.

On peut cependant estimer que cet inconvénient est tolérable dans la mesure où ce travail porte précisément sur les conceptions des enseignants. Néanmoins il s'agit d'avoir toujours à l'esprit, dans ce qui suit, qu'il y est question de pratiques telles qu'elles ont été reconstituées d'après le récit des enseignants et non de pratiques réellement observées.

2.2. Les enseignants interviewés

Par différentes relations personnelles, j'ai contacté cinq professeurs de biologie motivés par l'enseignement expérimental, et qui semblaient avoir des pratiques pédagogiques relativement différentes. L'évaluation de cette diversité a reposé plus sur des indices subjectifs que sur de véritables critères de sélection.

une étude
qualitative ...

En fait, j'ai constaté a posteriori entre ces cinq professeurs des points communs importants : leur âge est très voisin (entre 39 et 45 ans), ils ont entre 16 et 20 ans d'ancienneté, ils ont reçu une formation universitaire de type semblable à la même époque, quatre d'entre eux ont poursuivi des études de 3ème cycle (DEA ou doctorat).

On remarque également par rapport au thème de l'interview une forte homogénéité entre les progressions de ces enseignants sur le thème "Aliments et digestion", qui sont très voisines et marquées par un grand respect du programme.

2.3. La méthode d'analyse des interviews

La retranscription des entretiens a fait apparaître deux séquences expérimentales communes aux cinq enseignements :

- l'une portant sur "l'analyse chimique des aliments"
- l'autre sur "la digestion artificielle d'un aliment par la salive".

Je reprendrai principalement ici le travail sur cette deuxième séquence.

L'analyse des interviews a été effectuée en trois points, correspondant à trois angles d'approche des conceptions des enseignants :

... sur la base
d'une séance de
T.P. sur la
digestion
pratiquée par les
cinq enseignants

- analyse de la logique expérimentale mise en oeuvre, avec pour objectifs de cerner les modalités de développement de la preuve, et dans le même temps, de caractériser les différents modèles de démarches expérimentales mis en oeuvre ;
- analyse du style pédagogique employé, en lien avec le degré de directivité de l'enseignant et la part d'initiative laissée aux élèves dans la mise en place et la réalisation de la démarche ;
- analyse des justifications des enseignants sur l'intérêt, le bien-fondé de leurs pratiques.

La mise en parallèle de ces trois approches permettant de faire apparaître cohérences ou contradictions.

Pour chacun de ces points, deux sortes de démarches analytiques ont été mises en oeuvre, simultanément ou successivement :

- une démarche comparative, renvoyant entre eux les discours des enseignants,
- une démarche de prise de distance par rapport à ces discours, avec l'éclairage pouvant être apporté par ma propre réflexion ou les compétences "d'experts" en matière d'épistémologie ou de didactique.

3. ANALYSE DE LA SÉQUENCE EXPÉRIMENTALE "DIGESTION D'UN ALIMENT PAR LA SALIVE"

3.1. Analyse préalable

Selon les termes du programme, cette séquence doit précéder les notions théoriques sur la digestion (20) : *"la transformation d'un aliment dans le tube digestif sera expliquée à partir d'une digestion in vitro"*. Le programme préconise donc une approche empirique du phénomène (du fait expérimental vers la théorie), démarche effectivement adoptée par les cinq enseignants.

Outre cette fonction introductive, la séquence fournit également l'occasion de développer des attitudes d'ordre métho-

(20) Au niveau de la classe de 3ème, la digestion est définie comme l'ensemble des transformations qui font passer, au cours de leur progression dans le tube digestif, des grosses molécules alimentaires à de petites molécules appelées nutriments, capables de traverser la paroi intestinale et de passer dans le sang.

de l'expérience
vers la théorie

dologique en rapport avec l'expérimentation, qui ont déjà pu faire l'objet d'un apprentissage. C'est par contre la première fois qu'est abordée la notion d'expérience "in vitro".

Il est utile, en préalable à l'analyse des interviews, d'avoir une première vision globale de la façon dont les enseignants s'y prennent.

Cette expérience de digestion artificielle en classe a donc pour rôle de mettre en évidence la transformation d'un aliment. Trois points principaux peuvent être l'objet de cette mise en évidence, et donner l'occasion de développer la preuve :

- (1) l'existence d'une transformation chimique par un suc digestif
- (2) la nature de cette transformation : molécule complexe → molécule simple
- (3) la spécificité de l'action du suc digestif, et donc de l'enzyme ou des enzymes qu'il contient.

action de la
salive in vitro

(1) Les cinq enseignants ont choisi d'étudier l'action de la salive, facile à recueillir, sur un aliment riche en amidon : le pain (professeurs A-B-E), la pomme de terre (professeur D), ou directement sur l'amidon (professeur C).

(2) Dans les cinq cas, il est mis en évidence en fin d'expérience que, dans les tubes contenant de la salive, un produit a disparu : l'amidon cuit, et qu'un autre est apparu : un sucre réagissant à la liqueur de Fehling (il s'agit de maltose, mais la formulation des enseignants est variable à ce sujet - pour simplifier, on utilisera par la suite le terme de "sucre", même s'il n'est pas assez précis).

De ce double résultat, il est conclu que l'amidon s'est transformé en sucre. Il y a donc assimilation de "disparition de X et apparition de Y", à "transformation de X en Y" :

- ceci fait l'objet d'une explicitation chez l'enseignant D : il fait faire un petit discours pour expliquer que *"la matière ne disparaît jamais, qu'elle se transforme."*
- elle est implicite chez les autres enseignants : si l'amidon a disparu, c'est forcément qu'il s'est transformé en autre chose, et ceci n'a pas besoin d'être dit.

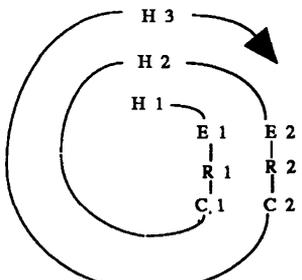
(3) Seul le professeur B aborde, de façon empirique, la notion de spécificité, par des expériences cherchant à prouver que la salive agit sur une substance, l'amidon cuit, et pas sur d'autres : l'albumine, l'amidon cru, et en expliquant aux élèves que *"les chercheurs ont dû essayer sur tous les aliments possibles pour arriver à la notion de spécificité"*.

Pour les autres enseignants, cette notion sera énoncée au moment de la généralisation.

3.2. Analyse des interviews au plan de la logique expérimentale mise en oeuvre, telle qu'on peut la reconstituer d'après le discours des enseignants

Les différences constatées entre les cinq démarches sont récapitulées dans le tableau suivant :

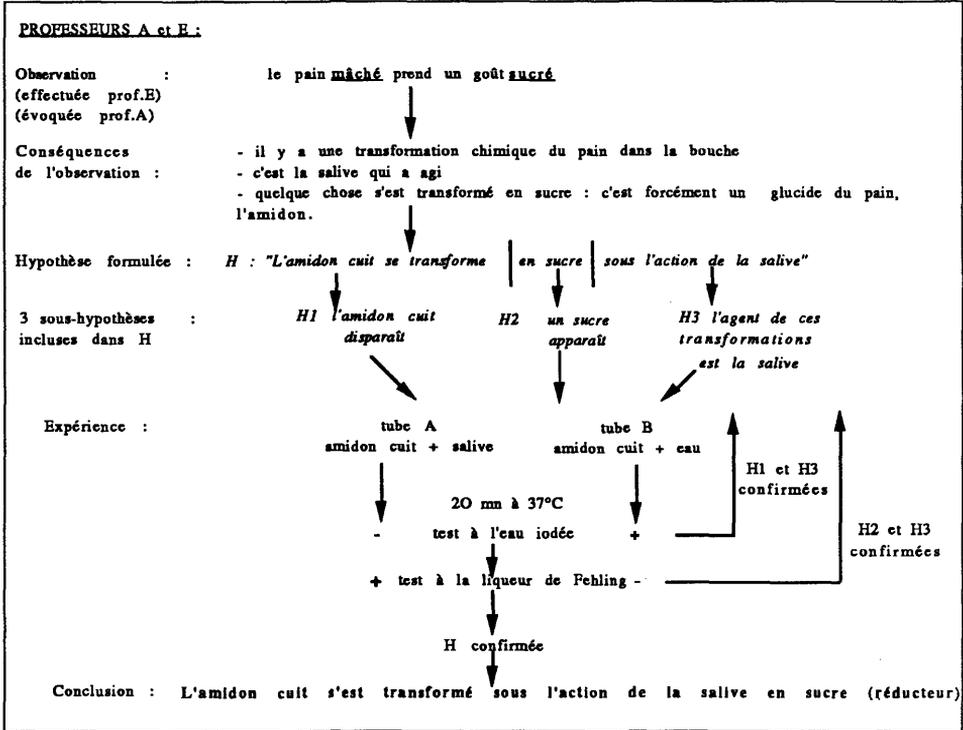
Tableau 1

<p style="text-align: center;">Professeur B</p> <p style="text-align: center;">plusieurs directions envisagées</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">plusieurs hypothèses à tester</p> <p style="text-align: center;">↙ ↘</p> <p style="text-align: center;">hypothèses confirmées hypothèses rejetées</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">conclusion ouvrant sur d'autres hypothèses</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">.....</p> <p>Démarche - multidirectionnelle - ouverte</p> <p>l'expérience permet un choix entre plusieurs possibles expérience = test</p>	<p style="text-align: center;">Professeurs A-C-D-E</p> <p style="text-align: center;">une seule direction envisagée (celle des glucides)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">une hypothèse à vérifier</p> <p style="text-align: center;">prof. A-E hypothèse explicite introduite par une observation prof. C-D hypothèse implicite dans le protocole expérimental</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">hypothèse confirmée</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">conclusion définitive fermant la démarche</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Démarche linéaire, canalisée un début, une fin</p> <p>l'expérience confirme le seul possible envisagé expérience = illustration</p>	
Les différents modèles de démarche expérimentale		
<p>modèle dit par l'enseignant "en coquille d'escargot"</p> 	<p>observation</p> <p>hypothèse</p> <p>expérience</p> <p>résultats</p> <p>interprétation</p> <p>conclusion</p>	<p>expérience</p> <p>résultats</p> <p>interprétation</p> <p>conclusion</p>

deux types de déroulement logique

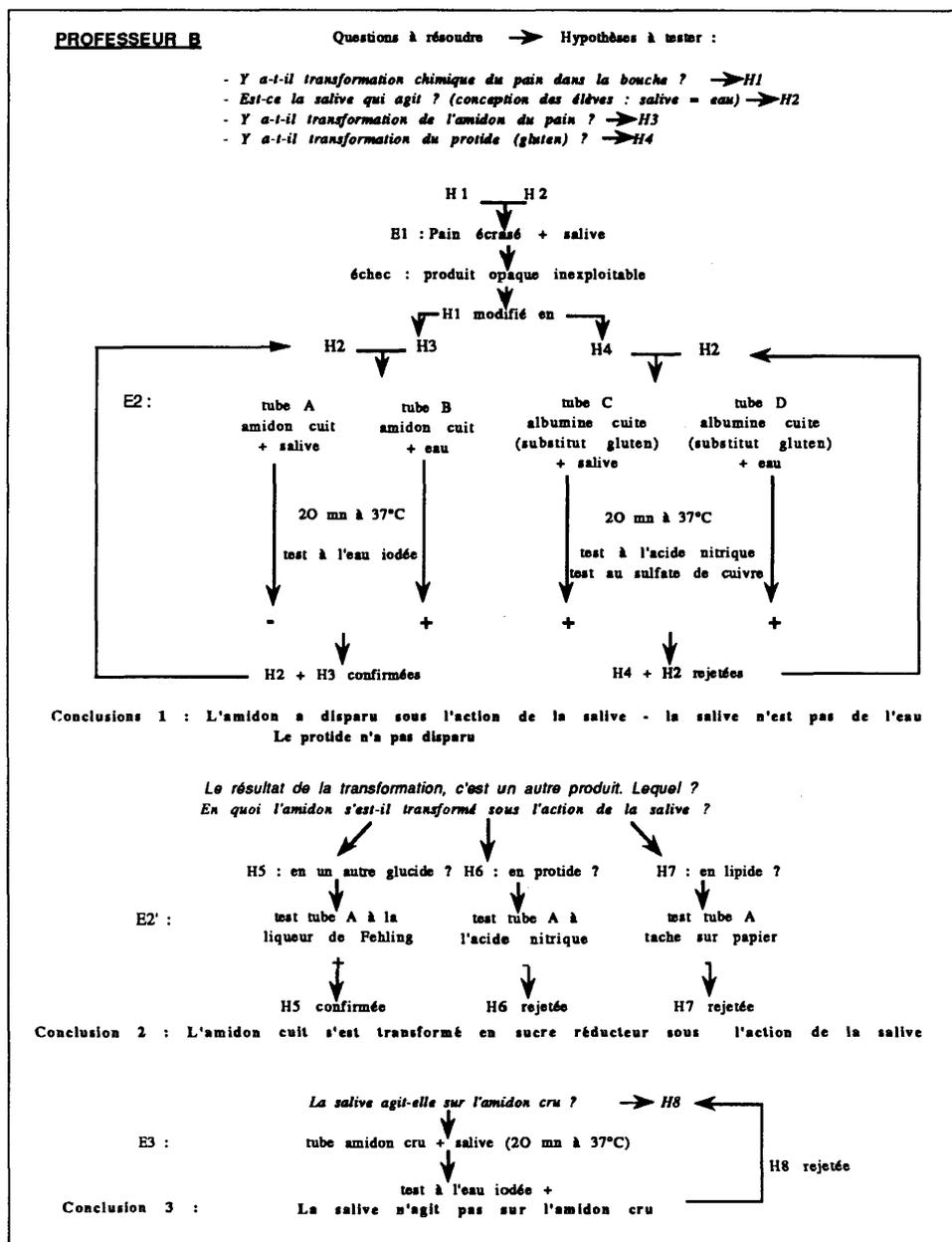
A titre d'exemples, la démarche des professeurs A et E (semblables à un détail près), celle du professeur B sont résumées par les schémas ci-dessous (21) :

Tableau 2



(21) Dans les tableaux, on a conservé le terme classique de "confirmation" de l'hypothèse.

Tableau 3



• Démarche globale

Elle est dans les cinq cas de type hypothético-déductif. La différence réside dans une explicitation plus ou moins claire des hypothèses de départ.

démarche
hypothético-
déductive
explicite

Pour les professeurs A-B-E, il y a formulation d'hypothèse(s), suivie d'expérience(s) testant l(es) hypothèse(s).

ou implicite

En ce qui concerne le professeur C, l'objectif qu'il énonce pour cette expérience est de prouver l'affirmation préalable "la salive transforme l'amidon" (le mot hypothèse n'est pas prononcé). L'expérience permettra en plus de mettre en évidence en quoi l'amidon se transforme, objectif implicite dans le protocole expérimental donné par l'enseignant, et qui apparaît a posteriori lors de l'interprétation des résultats. Il y a donc bien au départ l'hypothèse "la salive transforme l'amidon en sucre", même si celle-ci n'est pas formulée explicitement.

Le professeur D semble à première vue plus proche d'une démarche empirique : faire des expériences "pour voir" sans passer par la formulation d'hypothèses. On cherche à reproduire in vitro les conditions de la situation "pommes de terre dans la bouche" et "on regarde ce qui se passe", selon l'expression de l'enseignant.

En réalité les tubes qui sont ainsi mis en place (pomme de terre cuite + salive, pomme de terre cuite + eau) ont leur raison d'être par rapport à ce que l'enseignant veut montrer et des résultats qu'il veut obtenir. On n'est pas véritablement en situation de tâtonnement empirique. Il y a bien des hypothèses, mais elles sont là aussi implicites. (22)

Je ne reprendrai pas ici point par point les différentes étapes de la démarche; deux de ces étapes sont significatives et méritent une analyse plus précise.

• L'émission d'hypothèses

Pour les professeurs A et E, l'hypothèse est émise à la suite de l'observation "le pain mâché prend un goût sucré".

Cette observation joue un rôle-clé pour la suite de la démarche : celui de réduire le champ des possibles. "La digestion du pain" devient alors "la transformation de l'amidon en sucre" et seule cette hypothèse sera testée.

observation
initiale : le goût
du pain mâché

La logique expérimentale se construit donc entièrement à partir de cette observation, dont les professeurs eux-mêmes reconnaissent la fragilité :

- pour le professeur A, il s'agit d'un souvenir évoqué et non d'une observation effective : *"il y en a toujours un ou deux (élèves) qui me disent que ça devient sucré"*.

(22) G. Gohau, dans "Faut-il raisonner logiquement ?", op. cité p. 114, montre que pour les élèves, interpréter une expérience en classe, ou en situation d'examen, revient en fait à retrouver les hypothèses implicites dans la définition du protocole expérimental.

- le professeur E fait réaliser l'observation en classe, mais n'est pas convaincue elle-même du résultat : *"soi-disant ça prend un goût sucré, il y en a bien toujours un qui le trouve", "c'est un espèce de tour de passe-passe"*.

la "bonne"
hypothèse

On peut se demander pourquoi recourir à une observation aussi précaire et aussi peu fondée. D'après le discours des enseignants, c'est bien la volonté de cadrer la démarche dans la "bonne" direction, celle qui va conduire aux résultats attendus : *"(car sinon) pourquoi on va se mettre à chercher ce que la salive fait sur cet amidon, pourquoi on ne va pas chercher n'importe quoi d'autre, pourquoi on va chercher juste un sucre réducteur ?"*, dit le professeur E.

plusieurs séries
d'hypothèses

Le professeur B, pour les raisons évoquées ci-dessus, ne part pas de l'observation gustative du pain mâché. L'hypothèse initiale énoncée par l'enseignant "le pain est transformé chimiquement par la salive", est modifiée à la suite d'une première expérience de tâtonnement : "pain écrasé + salive", qui donne une bouillie opaque inexploitable. Vient alors l'idée d'étudier séparément les composants du pain. Les hypothèses partiront dans deux directions correspondant aux deux principaux constituants du pain : l'amidon et le gluten. Les substances de faible concentration (lipides, sels minéraux) ne sont pas considérées. A la suite de l'expérience 2, il y aura une deuxième série d'hypothèses à propos du devenir de l'amidon. Trois directions seront envisagées, la transformation en un autre glucide, la plus probable, n'est pas la seule retenue.

En ce qui concerne les professeurs C et D, les hypothèses implicites les rapprochent des professeurs A et E.

Pour le professeur C, la démarche est d'emblée très cadrée, puisqu'il ne s'agit pas de la transformation d'un aliment complexe mais de l'amidon.

Pour le professeur D, il y a, comme pour A et E, assimilation de l'aliment étudié à son constituant principal: *"la pomme de terre est composée d'amidon, tout le monde (les élèves) en est bien persuadé."*

En réalité, la pomme de terre contient en poids sec presque autant de protides que le pain. Mais cela permet là aussi d'axer la démarche sur la transformation d'un glucide en un autre glucide.

• L'interprétation des résultats

Pour les professeurs A et E, l'hypothèse est "confirmée" : ceci découle logiquement du reste de la démarche qui, comme on l'a vu, a été canalisée précisément dans le but d'obtenir cette confirmation.

Chez les professeurs C et D, on a montré que l'interprétation des résultats revient à confirmer les hypothèses implicites, puisque le protocole expérimental a été mis en place dans ce sens.

Le professeur C est d'ailleurs très clair à ce sujet : il n'envisage pas d'autre éventualité que la confirmation.

expérience-test
ou expérience-
illustration ?

Pour le professeur B, certaines hypothèses sont confirmées, d'autres rejetées. Il est plus proche d'une attitude "falsificationniste", où l'expérience a véritablement fonction de test par rapport aux hypothèses.

A l'inverse, quand seule la confirmation de l'hypothèse est envisagée, l'expérience a plutôt un rôle d'illustration et d'introduction aux notions théoriques ultérieures. C'est une pratique d'ordre expositif, où la démarche de preuve consiste à montrer plutôt qu'à démontrer.

En outre, on note que chez le professeur B, la confirmation d'une hypothèse ne clôt pas la démarche : elle peut être le point de départ de nouvelles hypothèses et de nouvelles expériences, ce que l'enseignant dénomme une démarche "en coquille d'escargot".

Dans les autres pratiques, la confirmation de l'hypothèse apparaît comme le point final de la démarche, qui trouve son aboutissement dans une conclusion définitive.

3.3. Analyse des interviews au plan du style pédagogique

Pour les raisons évoquées plus haut, les critères retenus pour différencier les enseignants ont trait à la part d'initiative, plus ou moins grande, laissée aux élèves dans le déroulement de la séquence, telle que le discours des enseignants permet de le supposer. On peut dans cette optique retenir les trois points suivants, récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4

	participation des élèves lors de l'émission d'hypothèses	définition du protocole expérimental	réalisation des tests
prof. A	présente mais dans un cadre bien délimité par l'enseignant : après réflexion sur l'observation du pain mâché	élaboré avec la participation des élèves au cours d'une réflexion en début de séance sur le transfert des conditions de l'organisme "in vitro"	par les élèves
prof. B	présente dans un cadre plus élargi, le professeur dit encourager les élèves à envisager toutes les hypothèses possibles	élaboré petit-à-petit au cours de la séquence à partir des hypothèses successivement émises, quitte à tester des hypothèses farfelues pour "celui qui sait", celle qu'un glucide se transforme en protide, par ex.	par les élèves
prof. C	inexistante	le protocole est défini sur un polycopié distribué en début de séance	par l'enseignant
prof. D	présente de façon très ponctuelle ; en fin d'expérience, les élèves réfléchissent sur le possible devenir de l'amidon disparu	idem prof. A	par l'enseignant, sauf test à la liqueur de F. réalisée par un élève
prof. E	idem prof. A	idem prof. A	par les élèves

Conclusion : Dans aucun des cas, les élèves ne sont laissés entièrement autonomes à un moment quelconque de la séance. Le degré de directivité de l'enseignant est cependant plus ou moins important.

l'enseignant
incite à la
convergence ...

Professeurs A et E : Les élèves manipulent, certes, mais en suivant un chemin très canalisé dès le départ dans la bonne direction, celle des glucides. Leur réflexion est sollicitée au moment de la mise en oeuvre de la technique "in vitro", tout en restant dans le cadre du raisonnement de l'enseignant. Ce raisonnement, mis en évidence au 3.2., est marqué par le respect scrupuleux d'étapes successives reproduisant le modèle OHERIC, qui permettent d'avancer en ligne droite de l'observation à la conclusion : on est là typiquement dans le cadre de la méthode expérimentale héritée de C. Bernard. C'est ici l'esprit logique et la rigueur du raisonnement qui sont sollicités, le "deuxième esprit scientifique" de G. Gohau.

... ou à la
divergence

Professeur B : Il laisse aux élèves une certaine possibilité d'errance et de tâtonnement. Ils sont encouragés à envisager tous les possibles, à ne pas se limiter à une seule idée, et il faut parfois "les pousser dans ce sens-là", dit l'enseignant. On peut dire qu'ici, c'est "l'esprit de découverte" que le professeur cherche à développer chez ses élèves, le "premier esprit scientifique" de G. Gohau, faisant intervenir imagination et créativité.

Professeurs C et D : La voie à suivre est largement indiquée par l'enseignant, voire comme l'affirme le professeur C, totalement imposée.

Cependant, si l'on se réfère à l'analyse de leur démarche logique, on voit qu'elle est beaucoup moins marquée par le souci de méthode que chez les professeurs A et E : pas d'hypothèses formulées, chemin moins rigoureusement balisé.

Ceci ne signifie pas pour autant que l'on est en situation de découverte et de tâtonnement : la démarche est bien canalisée dans une seule direction.

Le critère autonomie/directivité ne semble pas très significatif dans le cas de ces deux pratiques, qui échappent au cadre fixé pour l'analyse présente.

Pour les autres enseignants, il existe une corrélation entre le type de logique mis en oeuvre et le style pédagogique : plus cette logique est linéaire, avec le souci d'apprendre aux élèves une méthode expérimentale rigoureuse, plus la directivité est grande, dans la mesure où le professeur planifie entièrement d'avance la séance pour qu'elle se déroule précisément suivant cette logique, et qu'elle suive la succession immuable des étapes d'une sorte de "rituel" expérimental.

3.4. Analyse des justifications des enseignants

En s'exprimant sur l'intérêt de cette séquence, les enseignants sont amenés à préciser les aspects de la démarche

qu'ils cherchent à mettre en avant auprès de leurs élèves et, dans le même temps, les raisons pour lesquelles ce sont ces aspects qui sont privilégiés.
Ces justifications sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 5

	PROFESSEURS
Avec la démarche expérimentale, les élèves apprennent :	
- à être rigoureux :	A - E
. déduire les choses de façon logique	A - E
. construire un raisonnement	A - E
. suivre une direction, ne pas partir dans tous les sens	A - E
. être précis dans la réalisation d'une expérience	E
- à acquérir un "esprit de recherche"	B - D
. se remettre en question, accepter de se tromper et de recommencer	D
. critiquer sa démarche, ses conclusions	B
. réfléchir sur ses erreurs	B - D
. envisager et tester un grand nombre d'hypothèses	B
- à développer des attitudes transférables à la vie quotidienne	B - D
. sens critique	B
. ouverture d'esprit	B - D
- dépasser l'échec, insister, se battre	D
- face à un choix, envisager toutes les options	B
- à développer l'autonomie	C
- à s'approcher de la démarche des chercheurs; la recherche scientifique	
. donne le modèle de la rigueur, de la précision, de la logique	A - E
. met en oeuvre des méthodes rigoureuses	A - E
. procède par tâtonnement, allers-retours, erreurs	B - D
. nécessite un grand nombre d'hypothèses et d'expériences, est multidirectionnelle	B

Les professeurs A et E insistent tous deux sur le caractère construit, convergent de la démarche, sur l'importance d'apprendre à conduire un raisonnement de bout en bout dans une direction donnée. Ils utilisent des termes presque semblables :

- prof. E : *"Je crois qu'on ne peut pas laisser (les élèves) partir tous azimuts"*.
- prof. A : *"Je ne me voyais pas laisser les gamins partir dans tous les sens"*.

Le professeur B cherche à transmettre l'idée que la démarche expérimentale est divergente, multidirectionnelle, explorant un grand nombre de possibles et procédant par allers-retours entre hypothèses et expériences : *"Chaque conclusion ramène à une nouvelle expérience, ça n'a jamais de fin"*.

deux modèles de raisonnement expérimental ...

Le professeur D met également en avant la divergence de la démarche, mais vue sous l'angle du tâtonnement, de l'hésitation, de la réflexion sur les erreurs et les résultats inattendus, sur le fait *"qu'on ne sait pas d'avance ce qu'on va obtenir"*.

Pour les professeurs A-B-E, ces justifications sont tout-à-fait concordantes avec leurs pratiques telles qu'on a pu les analyser dans les deux paragraphes précédents.

Ce n'est pas le cas pour le professeur D : sa démarche, telle qu'elle la rapporte pour cette séquence expérimentale, ne correspond qu'en apparence à une situation de tâtonnement. Ce décalage tient sans doute en partie au fait que cette justification intervient en fin d'interview, et se rapporte en réalité aux deux séquences décrites. Or c'est le professeur D qui, pour la séquence "Analyse chimique des aliments", allait le plus loin dans le sens du tâtonnement des élèves et d'une démarche par "essais-erreurs". Pour ce qui concerne le chapitre sur la digestion, l'enseignant explique qu'il ne l'a délibérément pas centré sur l'apprentissage de la démarche expérimentale.

De la même façon, le professeur C dit privilégier en 3ème les objectifs de contenu par rapport aux objectifs méthodologiques. Ceci explique qu'il s'exprime très peu, en cours d'interview, sur la démarche expérimentale, comme on le voit dans le tableau.

En ce qui concerne les arguments avancés par rapport à ces choix, ils sont de deux ordres :

- de l'ordre des valeurs personnelles des enseignants relatives à l'éducation, des aspects de la personnalité qu'ils souhaitent développer chez leurs élèves par le biais de l'enseignement scientifique ;
- de l'ordre de "l'épistémologie spontanée", de l'idée que ces enseignants se font de la science et de la recherche.

• Les valeurs éducatives

On constate deux tendances très contrastées :

- pour les professeurs A et E, la démarche expérimentale permet de développer chez les élèves rigueur, esprit logique, aptitude à raisonner.

"Que ce soit rigoureux, le plus rigoureux possible, c'est tout ce que je vois pour former à l'esprit scientifique" dit le professeur A.

- les professeurs B et D évoquent chacun à leur manière leur souci de développer l'esprit de "recherche".

Prof. D : *"leur faire comprendre que ça ne tombe pas tout chaud dans le bec"*

Prof. B : *"leur montrer que ça ne s'est pas fait comme dans le livre"*

Grâce à la démarche expérimentale, ils cherchent à faire acquérir aux élèves une certaine ouverture d'esprit : aptitude à se poser des questions, à accepter les échecs, à réfléchir sur sa démarche, à envisager d'autres solutions.

Le professeur B insiste tout particulièrement sur le développement du sens critique.

Les deux enseignants expriment aussi tous deux l'idée que ces attitudes seront utiles aux élèves dans leur vie quotidienne. Ainsi, le professeur B : *"Pour moi l'expérience c'est*

... sous-tendus
par deux sortes
de valeurs
privilegiées

le sens de la vie... dans la vie, quand à un moment donné tu as un choix à faire, si tu as vu toutes les options, tu te donnes toutes les chances."

Au travers de l'apprentissage de la démarche expérimentale, c'est toute une perspective éducative qui serait en jeu.

• "L'épistémologie spontanée"

Pour justifier leur pratique et leurs idées sur la démarche expérimentale, les enseignants font référence à ce qu'est pour eux la science et la démarche des chercheurs.

On observe encore le même regroupement d'enseignants :

- pour les professeurs A et E, les scientifiques, les chercheurs en laboratoire donnent le modèle d'une méthode rigoureuse, mettant en oeuvre des conditions précises pour obtenir un résultat ;
- pour les professeurs B et D, la recherche scientifique ne se fait pas en ligne droite, elle avance difficilement avec des fausses routes et des échecs.

On retrouve donc, pour les deux types d'arguments, la même alternative évoquée au 3.2, exprimée cette fois et sous différents angles, par les enseignants eux-mêmes :

- les professeurs A et E du côté de l'esprit logique exclusivement,
- les professeurs B et D du côté de l'esprit de découverte.

... et deux types de conceptions sur la recherche scientifique

4. CONCLUSIONS

J'ai rapporté jusqu'ici le travail sur la séquence expérimentale de digestion *in vitro*. En ce qui concerne la première séquence étudiée (l'analyse chimique des aliments par les réactifs spécifiques), l'analyse des entretiens donne le même type de résultats sauf, comme je l'ai mentionné au 3.3., pour le professeur D :

- les professeurs A-C-E mettent en oeuvre une logique très linéaire, avec le souci très marqué pour cette séquence de faire éviter aux élèves les fausses routes et les résultats négatifs : ne sont utilisés que les "bons" réactifs, ceux dont l'enseignant sait d'avance qu'ils vont donner des résultats positifs aux tests ;
- les professeurs B et D adoptent une démarche par "essais-erreurs", utilisant toute la gamme des réactifs à disposition dans la classe.

Les justifications des enseignants font apparaître une autre conception chez les professeurs A-C-E : faire une expérience

importance du
"concret"

permet un contact avec le réel, qui favorise l'apprentissage. L'élève comprend et apprend mieux quand "c'est concret", quand il peut toucher, voir, agir.(23)

Au terme de ces analyses, une vision globale des résultats permet de faire apparaître cohérences et contradictions.

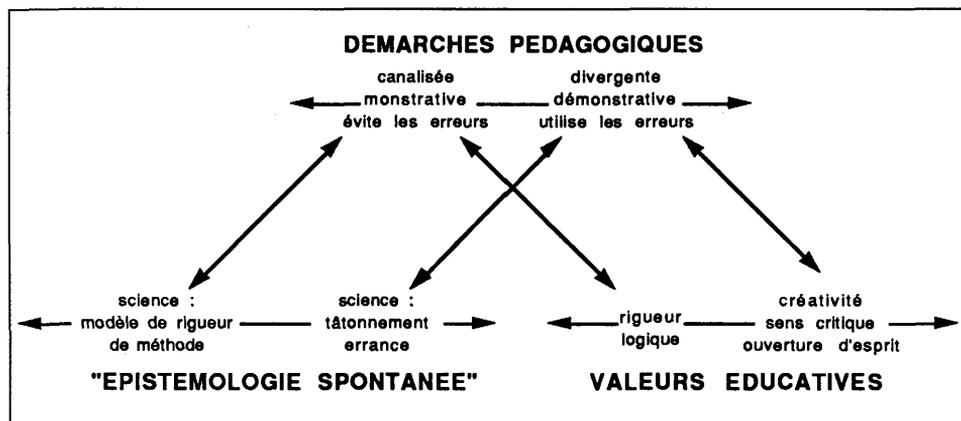
4.1. Cohérences

Globalement, les démarches pédagogiques telles qu'on a pu les reconstituer, tant au plan de la logique mise en oeuvre que du style d'enseignement, s'apparentent à deux tendances différentes :

- une tendance convergente, directive, monstrative : c'est le cas des professeurs A-C-E pour les deux séquences expérimentales ;
- une tendance divergente, démonstrative et laissant plus libre cours à la pensée des élèves : c'est le cas des professeurs B et D pour au moins une des deux séquences expérimentales (le professeur B pour les deux séquences, mais de façon plus marquée dans la deuxième - le professeur D seulement dans la première séquence).

On a pu noter qu'il existe un parallélisme remarquable entre la pratique pédagogique et les deux sortes d'arguments avancés, les enseignants se répartissant, au niveau de chacun de ces trois pôles, autour de deux positions contrastées, comme on peut le faire apparaître dans le schéma suivant :

Tableau 6



(23) Cette idée est à rapprocher de ce que S. Johsua appelle "le mythe de la naturalisation du savoir"; l'auteur remet en question l'idée que le concret permet un meilleur passage à l'abstraction. (JOHSUA M.A. et S., "Le fonctionnement didactique de l'expérimental dans l'enseignement scientifique", *R.D.M.*, volume 8 n°3, p. 5-27, 1987 et volume 9 n°1, P. 231-266, 1988.

une pratique sans
références, sans
recul

On peut, à partir de ce constat, s'interroger sur les fondements d'une pratique pédagogique.

La manière dont ces professeurs enseignent la démarche expérimentale semble être en prise directe avec leurs valeurs propres vis-à-vis de l'éducation (développer la rigueur, l'esprit critique), et avec leurs idées sur la science.

On remarque au cours des interviews l'absence de références au plan philosophique ou épistémologique, Claude Bernard lui-même étant à peine cité.

Il y a là un paradoxe de fond : recourir à la démarche expérimentale, c'est se donner les moyens de prendre de la distance par rapport aux croyances et aux intuitions de chacun, c'est une recherche de la vérité la plus objective possible.

Enseigner la science, c'est transmettre non pas ses idées personnelles, mais le fruit d'un savoir socialisé, par rapport auquel il y a eu démonstration, où l'expérimentation a joué un rôle fondamental.

Or paradoxalement, la pratique expérimentale des enseignants n'est justifiée que par des arguments intuitifs, empiriques et idéologiques. En l'absence de références, en l'absence de réflexion sur la démarche expérimentale, ce qui fonde leur pratique, ce sont des valeurs dont ils sont porteurs.

une question de
formation ?

Il resterait à rechercher quelles sont les origines de ces valeurs, et en particulier à analyser l'impact des études universitaires (24) : quelles conceptions de la démarche expérimentale ont été transmises à ce niveau (25), ont-ils reçu un enseignement en épistémologie ou en histoire des sciences, et quel type d'enseignement ?

Car c'est bien la question de la formation des professeurs qui se pose à ce niveau, formation qui devrait leur apporter les fondements théoriques nécessaires pour prendre du recul par rapport à leur pratique expérimentale, ainsi que leur donner les moyens de mettre en place des situations d'apprentissage moins limitées que celle présentée ici. Il y a là un véritable travail de transposition didactique de la démarche expérimentale à effectuer, au même titre que la transposition des contenus enseignés.

4.2. Incohérences

Dans le discours des enseignants, entre leurs pratiques telles qu'ils les décrivent et telles qu'ils les justifient, on peut

(24) Il faudrait pour cela agrandir l'échantillon : ici, quatre enseignants ont été initiés à la recherche dans le cadre d'un DEA, ce qui est loin d'être le cas général.

(25) On peut citer à ce propos les travaux de Bernard DARLEY, "Analyse sur les représentations de la démarche expérimentale chez quelques enseignants-chercheurs en biologie animale", *Les Cahiers du Séminaire Recherche-Formation de l'I.F.M.*, Publications de l'I.F.M., Université Joseph Fourier de Grenoble, 1990-91.

relever des contradictions, qui pourraient faire l'objet d'une étude à part entière. On se contentera d'en évoquer deux.

• À propos du tâtonnement, de la découverte

Pour les professeurs B et D, ce sont les aspects à privilégier dans l'apprentissage expérimental.

tâtonnement
illusoire ...

Or, on l'a vu pour le professeur D, dans la séquence sur la digestion, des expériences "où on regarde ce qui se passe", sans hypothèse explicite, peuvent ne donner qu'une illusion de situation de tâtonnement. Le professeur, lui, sait très bien où il veut mener ses élèves.

Le professeur B constate quant à lui qu'il est limité dans ce sens par les contraintes du cadre scolaire, et que sa démarche est, selon ses termes, "bricolée, manipulée".

... limité par les
conditions de
classe

"La démarche expérimentale telle que je la pratique, ce n'est pas la vraie, par rapport à celle du chercheur. Tu ne peux pas errer. J'essais au mieux de m'en approcher."

Vaste débat qui renvoie à la question de la transposition didactique évoquée plus haut.

• À propos de la rigueur

Pour les professeurs A et E, la rigueur est l'argument principal, le mot-clé qui fonde leurs conceptions sur la démarche expérimentale.

Qu'en est-il de leurs pratiques ?

Tous deux mettent une grande rigueur dans les compte-rendus écrits d'expérience. Celui sur la digestion "in vitro" est dans les deux cas rédigé suivant le plan très précis OHERIC. Mais s'il y a une grande rigueur dans l'exposition de la démarche, y en a-t-il beaucoup dans la démarche elle-même, entièrement basée sur une observation, on l'a vu, bien précaire ?

rigueur formelle

Pour le professeur E, ses arguments ont trait en fait le plus souvent à la rigueur manipulative, elle dit "s'accrocher aux conditions expérimentales": *"On ne met pas n'importe quoi dans les tubes, il y a des exigences."*

Chez le professeur A, on remarque un grand souci de précision au niveau du vocabulaire. Par exemple, pour la liqueur de Fehling, il est important de parler de précipité et non de coloration; pour le rôle de la salive, il insiste beaucoup sur le fait qu'il est incorrect de dire que la salive "fragmente" l'amidon : il faut employer les mots justes, être rigoureux dans la formulation.

Tout se passe comme s'il y avait un déplacement de la rigueur: de la rigueur du raisonnement expérimental, on glisse, avec la précision des conditions expérimentales, celle du vocabulaire, vers une rigueur purement formelle.

Quand j'ai cherché, au cours des interviews, à pointer certaines contradictions, ou quand les enseignants eux-mêmes ont exprimé leurs incohérences ou leurs insatisfactions, ils s'en sont toujours arrêté à ce constat: *"C'est comme ça, on ne peut pas faire autrement."*

une pratique est
un phénomène
complexe

Il est bien évident qu'une pratique pédagogique ne peut pas être entièrement expliquée, argumentée rationnellement. Elle comporte une grande part d'irrationnel, d'intuition, de routine également.

Il faut compter aussi avec les limites personnelles du professeur, et de sa difficulté d'exister à l'articulation entre des valeurs théoriques et ses capacités individuelles de mise en oeuvre.

"Je pense que si j'étais moins directive, je partrais dans des trucs ingérables, que moi je ne saurais pas gérer." (Prof. A)

Une pratique de classe est, comme toute action, le résultat d'un compromis entre le projet de l'enseignant (que les professeurs interviewés reconnaissent n'être pas toujours très clair), et les conditions limitantes spécifiques de chacun.

En cela, ce travail de caractérisation des conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale diffère fondamentalement d'un recueil classique de représentations sur un contenu conceptuel précis : ici, il ne s'agit pas de s'exprimer sur un concept théorique neutre et aseptisé, mais sur une démarche mise en oeuvre dans la quotidienneté de sa pratique.

Cette mise en oeuvre passe par bien autre chose que l'intellect, et met en jeu bien d'autres éléments que les arguments recueillis.

Éliane ORLANDI
LIRDIS
Equipe de Recherche en Didactique de la
Biologie
Université LYON 1

SUR LA PERSISTANCE D'UNE CONCEPTION : LA TUYAUTERIE CONTINUE DIGESTION-EXCRÉTION

Pierre Clément

Lorsqu'on leur demande de dessiner les lieux par lesquels transite un litre de bière, entre le moment où elles l'ont bu et le moment où elles vont uriner, trois personnes sur quatre dessinent un tuyau continu entre l'intestin et les conduits urinaux. Cette proportion est maintenue chez les étudiants scientifiques ou para-médicaux de première année. Elle n'est plus que d'une personne sur deux en deuxième année d'études universitaires de biologie, après un DEA de biologie, et chez des enseignants de mathématiques ou de physique. Elle disparaît chez des enseignants de biologie.

Les origines de cette conception et de sa persistance sont discutées. Il s'agit d'une construction individuelle originale, quotidiennement renforcée, et qui s'enrichit même de connaissances biologiques qui auraient dû la déstabiliser. Cette conception est souvent juxtaposée à d'autres conceptions plus proches des connaissances scientifiques sur le même phénomène, et qui ne sont mobilisées que dans d'autres situations, scolaires par exemple.

Sont enfin soulignés les enjeux de recherches de ce type pour la didactique de la biologie et l'ensemble des sciences cognitives.

1. CONCEPTIONS, REPRÉSENTATIONS, CONNAISSANCES, CROYANCES

le terme de
"représentations"
est l'objet de
débats

L'essor actuel de la psychologie cognitive n'a pas encore abouti à clarifier les significations du terme "représentation", qui est même au cœur d'affrontements théoriques entre les représentationnistes et leurs protagonistes (cf. par exemple Varéla 1989).

les "conceptions"
des didacticiens
correspondent
plutôt aux
"connaissances
mises en
mémoire" de
certains
psychologues
cognitivistes...

Dans l'immédiat, je choisis prudemment d'utiliser plutôt le terme de "conception", proposé par Giordan et De Vecchi, 1987 (cf. aussi Giordan et Martinand, 1988), terme sans doute tout aussi polysémique mais moins marqué pour l'instant dans le champ du cognitif. Crépault d'une part, et Hoc de l'autre, dans un ouvrage récent de psychologie cognitive (Richard et al., tome 2, 1990) utilisent aussi le terme de conceptions. Pour sa part Richard, dans cet ouvrage, insiste sur le caractère transitoire et labile des représentations au sens strict, qu'il considère liées à la réalisation d'une tâche, et qu'il oppose aux "connaissances (qui) sont des structures stabilisées en mémoire à long terme" (pages XII et 35).

ou aux
"représentations
sémantiques"
d'autres
psychologues
cogniticiens...

Le didacticien de la biologie utilisait jusqu'à présent le terme de représentations pour désigner chez l'apprenant le "déjà-là conceptuel" (Astolfi et Develay 1989) qui interfère avec ses tentatives d'appropriation de savoirs. Certes, ce "déjà-là" mémorisé correspond approximativement à ce que Le Ny (1985) appelle "représentations cognitives", "représentations mentales" ou "représentations types" ; ou encore aux structures mentales qu'Ehrlich (1985) nomme plutôt "représentations sémantiques" et G.Tiberghien (1989) "représentations mentales des états du monde, ou connaissances sémantiques". Richard (1989) reconnaît d'ailleurs ce deuxième sens du terme "représentations", celui de "connaissances stabilisées en mémoire à long terme". Il en est de même pour Denis (1989), qui établit un organigramme des diverses acceptions du terme "représentations".

les conceptions
mêlent
croyances et
connaissances
scientifiques

Mais il est logique que les chercheurs en didactique des disciplines scientifiques préfèrent le terme de "conceptions" au terme "représentations", et même à celui de "connaissances" souvent utilisé par les cogniticiens (Richard et al, 1990, opus cité pages 70 et s. par exemple).

En effet, l'enjeu des recherches en didactique des sciences expérimentales est de favoriser l'évolution des conceptions des apprenants vers plus de connaissances scientifiques. Le terme de "connaissances" désigne alors plutôt ce qui, dans les conceptions de l'apprenant, est le plus scientifiquement fondé. Les chercheurs en didactique des sciences expérimentales ont à s'interroger sur ce qui est de l'ordre du scientifique, ou de la croyance, de la superstition, de l'idéologique, etc... dans ce qu'ils appellent les conceptions, et que les psychologues nomment "connaissances", aussi bien chez les apprenants que chez les chercheurs, les enseignants et les autres acteurs de l'éducation formelle ou informelle.

leur étude peut
concerner trois
niveaux :
individuel, social,
épistémologique

Un tel travail sur la nature des conceptions et sur les conditions de leur évolution intéresse aussi bien la didactique des disciplines scientifiques que la psychologie cognitive. Par exemple l'imbrication entre croyances et connaissances scientifiques ne se révèle qu'à l'occasion d'actions ("actes de langage", pour reprendre la terminologie d'Austin 1962, Searle 1969, Habermas 1981, mais aussi décisions comportementales, ...) dans des situations précises où interfèrent les niveaux sémantiques, procéduraux et événementiels, c'est-à-dire les différents types de mémoire (les "connaissances épisodiques, sémantiques et procédurales" que G.Tiberghien 1989 présente comme emboîtées) qui sont au centre des recherches cognitives. Mais les catégories "croyance" et "connaissance scientifique" comportent aussi une dimension sociale (les "représentations sociales" étudiées par les psychologues sociaux, de Moscovici 1961 à Doise 1990, ou le concept d'*habitus* du sociologue Bourdieu : Bourdieu et Passeron, 1970), sans parler des dimensions épistémologiques et historiques.

Le travail présenté dans les lignes qui suivent n'est à cet égard qu'un premier pas dans des recherches possibles sur des conceptions relatives à un savoir biologique ; ce savoir concerne ici le devenir de ce que l'on boit, et met donc en jeu des conceptions sur l'articulation entre digestion, circulation et excrétion.

2. LES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES (lycéens, étudiants de premier cycle de biologie, et tout public)

Le questionnaire utilisé dans le présent travail a été mis au point à la fin des années 70, dans le cadre d'une formation universitaire expérimentale multidisciplinaire pour adultes, l'ESEU-B (Clément et al. 1981a, Boyrivent et al. 1981). Plusieurs questions étaient posées aux adultes en début de formation pour évaluer leur niveau ; parmi celles-ci, deux des questions posées sur la digestion-excrétion concernaient l'une le devenir d'un litre de bière ingurgité, l'autre le devenir d'un sucre croqué. Les schémas demandés différaient pour les deux questions (Clément et al. 1981b). Mais j'avais été particulièrement frappé par la fréquence d'un schéma de tuyau continu entre la bouche et la vessie dans le cas du litre de bière.

Ce travail initial avait pour fonction d'identifier les difficultés des étudiants face au programme de biologie qui leur était ensuite proposé, et de définir ce que nous appelons depuis, à la suite de Martinand (1985) des objectifs-obstacles. Les connaissances biologiques de référence sont traditionnellement traitées dans au moins trois chapitres séparés : la digestion, la circulation et l'excrétion. Dans chaque chapitre s'articulent des connaissances d'anatomie (agencement des organes qui constituent les appareils digestif, circulatoire et excréteur), de physiologie générale (fonctions de chacun de ces organes), de chimie-biochimie (composition chimique des aliments, du sang, de la pré-urine et de l'urine; rôle des enzymes et autres sécrétions dans la digestion chimique), de physiologie fine et de cytophysiologie enfin (le métabolisme de toute cellule de l'organisme, mais aussi les spécialisations des cellules qui jouent un rôle majeur dans les phénomènes digestifs, circulatoires et excréteurs, sans oublier leurs contrôles hormonaux et nerveux).

Nous avons listé les objectifs précis de notre enseignement, qui n'incluaient ni physiologie fine ni cytologie. Les questions posées avaient pour fonction de vérifier la maîtrise suffisante de ces objectifs par la possibilité, pour ces adultes à insérer dans un cycle de formation, de mettre ou non en relation digestion, circulation et excrétion.

Les réponses à toutes les questions posées (des commentaires, des tableaux à compléter, et les schémas relatifs aux

le présent travail a démarré à l'occasion d'un enseignement universitaire expérimental pour adultes

une évaluation préalable des connaissances des adultes, pour les dispenser ou non d'un module de biologie...

a permis d'analyser leurs conceptions sur la digestion/circulation/excrétion

conceptions utilisées ensuite dans cet enseignement où les questions des adultes obligent à des digressions sophistiquées

mais conceptions utilisées aussi pour identifier un obstacle : le tuyau à paroi imperméable

d'où le démarrage d'une recherche de didactique de la biologie sur divers publics

deux questions sus-mentionnées), nous ont permis de repérer des conceptions qui exprimaient plusieurs types de difficultés : sur la composition chimique des aliments, sur les mécanismes et lieux de leur digestion chimique, sur l'anatomie même du tube digestif (passe-t-il par le foie ?), sur les fonctions des glandes digestives et, de façon très régulière, sur l'existence même du passage des aliments digérés dans le sang avec, lorsqu'il est indiqué, une incertitude sur le lieu de ce passage (estomac, intestin ?). Lorsque le sang était mentionné, sa diffusion dans tout l'organisme semblait comprise, mais les phénomènes excréteurs étaient souvent réduits à la vessie et à l'urètre, deux reins en haricot n'étant qu'assez rarement schématisés.

Ce travail sur les conceptions était intégré à cet enseignement expérimental, où les adultes posaient nombre de questions obligeant l'enseignant à aller beaucoup plus dans les détails que ne l'aurait exigé le programme. Mais ces digressions dans des domaines de la biologie plus sophistiqués étaient nécessaires pour que ces adultes donnent enfin du sens, et mettent en relation, les informations très pointues qu'ils possédaient mais qui restaient jusqu'ici disjointes, notamment à propos de problèmes médicaux. Je reste d'ailleurs persuadé que tout étudiant ou élève, même à des niveaux élémentaires, a aussi des îlots de connaissances pointues, et des questions dont la réponse exige à la fois des connaissances très spécialisées (que l'enseignant peut acquérir entre deux cours) et la capacité de les exposer de façon simple.

Mais ce travail a aussi été le point de départ d'une recherche. En effet il était possible d'analyser que les conceptions mises en évidence traduisaient l'existence de divers obstacles de nature et d'importance différentes, mais dont l'un semblait plus fréquent et plus central : l'obstacle du tuyau dont la paroi ne peut être pensée comme perméable. Or, dans notre organisme, si certains conduits sont bien des "tuyaux classiques", à paroi imperméable, d'autres à la fois conduisent un liquide et permettent, provoquent même, le passage d'une partie de ce liquide à travers leur paroi : c'est le cas de l'intestin, mais aussi des capillaires sanguins, des tubes excréteurs des néphrons dans le rein, etc... Cet obstacle joue un rôle majeur dans l'explication de la conception où l'intestin débouche directement dans la vessie. J'ai alors décidé de travailler plus sur cette conception.

Un premier travail préliminaire visait à savoir si cette conception "tuyauterie continue digestion-excrétion" existait aussi chez d'autres publics que les adultes initialement testés. Pour simplifier le protocole, je n'ai d'abord retenu qu'une seule question, celle qui faisait le plus régulièrement émerger cette conception : **le dessin sur le devenir d'un litre de bière entre le moment où il est bu et le moment où on urine.** Les premiers résultats (Clément et al.1983) ont

au moins trois personnes sur quatre dessinent, dans la situation festée, un Intestin qui débouche dans la vessie ou les reins

trois types de conceptions sont répertoriées dans cette situation

la situation festée : faire un schéma pour répondre à "vous buvez un litre de bière, vous allez uriner, où est passé le liquide bu ?"

porté sur des élèves de Troisième, de Terminale littéraire, et sur des étudiants de premier cycle scientifique, option biologie (DEUG-B), première et deuxième année. Ils montrent que le schéma "tuyauterie continue" était produit par environ 90 % des lycéens (Troisième ou Terminale A), 72 % des étudiants biologistes de première année et 57 % des étudiants biologistes de deuxième année. Un schéma jugé correct, c'est-à-dire indiquant les trois types de conduits impliqués (digestif, circulatoire et excréteur), n'était produit que par 0 à 8 % des lycéens, 14 % des étudiants de première année et 36 % des étudiants de deuxième année. Les autres réponses concernaient une catégorie intermédiaire de schémas, mentionnant l'entrée digestive, la sortie excrétrice, et indiquant une discontinuité entre les deux, avec souvent un point d'interrogation, mais sans mentionner le sang. Un échantillon témoin de "tout public", de 20 à 86 ans, dessinait 70 % de tuyauterie continue et 18 % de schémas complets.

Les figures de la planche 1 reproduisent certains de ces schémas obtenus avant 1983. Elles montrent que d'autres catégories peuvent être employées pour rendre compte de la diversité de ces représentations : par exemple la présence ou l'absence du contour du corps, ou même d'objets et autres détails au niveau de l'entrée ou de la sortie du tuyau, la présence ou l'absence d'estomac ou d'autres organes (foie, reins, ...), la linéarité ou la sinuosité du tuyau, ou encore son éventuelle bifurcation vers les deux reins.

Dans le présent travail, je me limiterai aux trois catégories sus-mentionnées :

A : tuyauterie continue digestion-excrétion ;

B : présence des trois compartiments: digestif, circulatoire et excréteur ;

C : schémas intermédiaires avec discontinuité digestion-excrétion, mais sans le sang.

Mon objectif est en effet ici de réfléchir sur la persistance de la conception A.

3. RÉSULTATS NOUVEAUX

Ils ont été obtenus dans des contextes d'enseignements de didactique de la biologie, enseignements dont l'objectif est d'introduire une réflexion sur les conceptions. L'unique question posée est donc la suivante : "Vous buvez un litre de bière; peu de temps après, vous allez uriner. Faites un schéma rapide, annoté, indiquant tous les lieux par où transite le liquide ingéré, depuis le moment où vous avez bu jusqu'au moment où vous urinez".

Planche 1

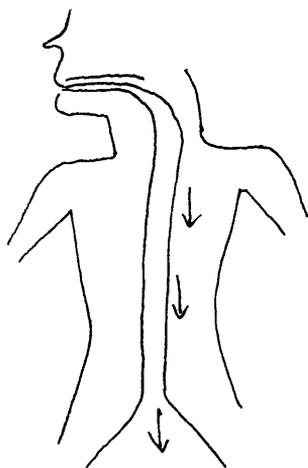


Fig. 1 - Fille de 14 ans,
classe de Troisième

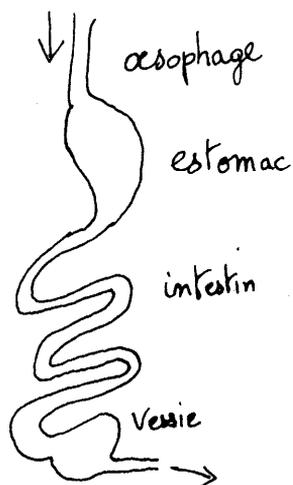


Fig. 2 - Fille de 15 ans,
classe de Troisième

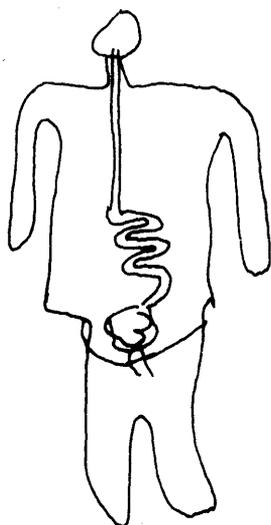


Fig. 3 - Fille de 14 ans,
classe de Troisième

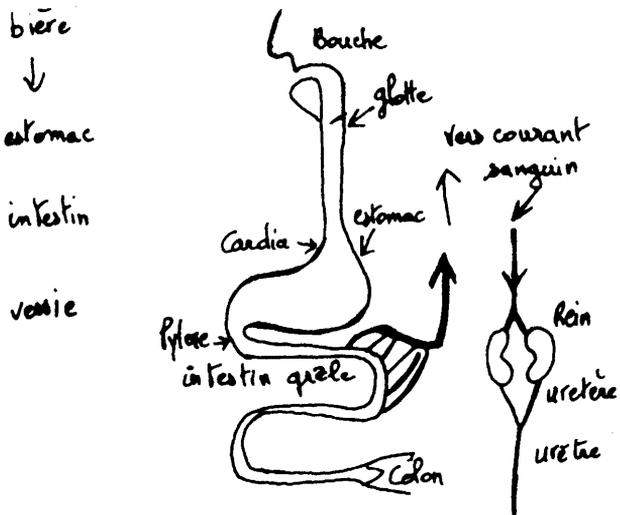


Fig. 4 - Homme de 86 ans,
a quitté l'école en 1910.

Planche 1

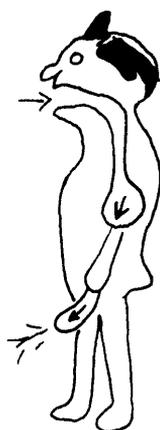


Fig. 5 - Homme 20 ans
Opérateur

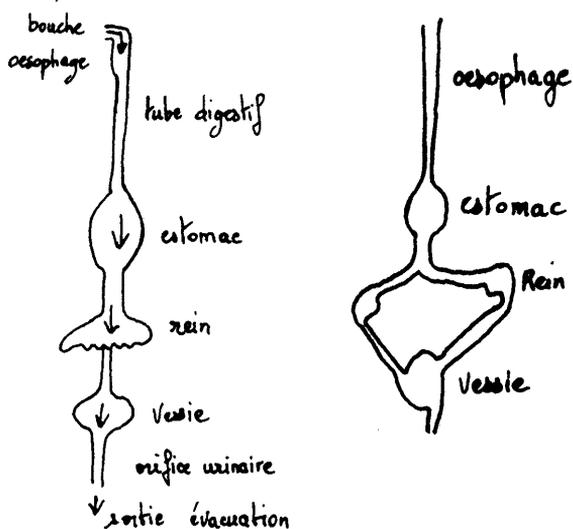


Fig. 6 et 7 - Étudiants Deug B (Deuxième année
biologie), Université Lyon I.

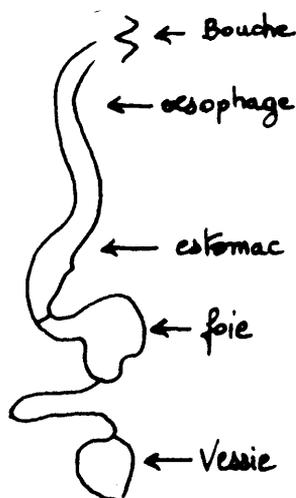


Fig. 8 - Homme 53 ans,
Directeur technique

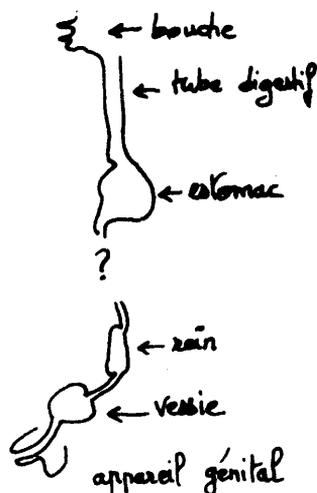


Fig. 9 - Fille 17 ans,
Terminale A

Dans cette planche extraite de Clément et al. (1983), tous ces schémas ont été classés dans la catégorie A (tuyau continu digestion-excrétion), sauf la figure 4 (catégorie B : les trois types de compartiments, digestif, circulatoire et excréteur, sont représentés) et la figure 9 (catégorie C : intermédiaire, avec un point d'interrogation pour souligner la discontinuité entre le digestif et l'excréteur).

Le début de la phrase pousse toujours des remous, et je fais volontiers une digression courte sur le "sérieux", nom donné à ce volume de bière au moins par des brasseries lyonnaises. L'ambiance est toujours décontractée, et j'insiste pour que chacun produise un schéma, quelle qu'en soit la qualité. Je laisse juste quelques minutes pour cela, et je passe immédiatement dans les rangs pour ramasser ces dessins qui restent anonymes. Ce type d'exercice intervient bien sûr avant tout développement théorique sur les représentations-conceptions, comme un jeu introductif. Je classe ensuite très vite les schémas en trois paquets (A, B, C : cf plus haut), et j'indique tout de suite les résultats, sur la base desquels s'engage une discussion collective.

3.1. École d'infirmières et d'assistantes sociales

trois étudiants sur quatre (bac + 1) dessinent alors un tuyau continu digestion - excréation

Il s'agit d'étudiant(e)s de niveau bac+1, dont les schémas se sont avérés très voisins de ceux d'étudiants de première année d'un premier cycle scientifique (bac+1), les deux populations ayant à peu de chose près, obtenu le même type de baccalauréat, avec cependant plus de bac. D pour les étudiants en biologie, ce qui explique peut-être le nombre légèrement supérieur de conceptions de type B (présence des trois catégories de conduits : digestif, circulatoire et excréteur).

	A		B		A	
	n	%	n	%	n	%
DEUG-B 1ère année (1983) n = 74	53	72 %	10	13 %	11	15 %
École assistantes sociales (1988) n = 75	59	79 %	5	7 %	10	13 %

Tableau 1

A = tuyauterie continue digestion-excrétion

B = les trois types de conduits, digestif, circulatoire et excréteur

C = discontinuité entre digestif et excréteur, mais sans indication du sang ou de l'appareil circulatoire

N = nombre de personnes dont les conceptions ont été analysées (la différence entre N et A+B+C correspond aux très rares réponses qui ne rentrent pas dans les catégories A, B ou C)

3.2. Étudiants de deuxième année du premier cycle scientifique (dominante biologie) (planches 2, 3 et 4)

Ces résultats, présentés par le tableau 2, montrent une étonnante constance des proportions entre les trois types de

un étudiant sur deux (bac + 2, biologie) dessine encore ce tuyau continu

conceptions A, B et C, de 1983 à 1990 : la conception A (tuyauterie continue digestion-excrétion) est toujours présente dans les schémas d'environ la moitié des étudiants. En revanche, la conception B, qui mentionne les trois compartiments (digestif, circulatoire, excréteur) semble légèrement plus répandue chez ces étudiants en 1983 qu'en 1989 et 1990. Mais les échantillons retenus pour ce travail étant différents d'une année à l'autre, ces différences ne sont pas significatives.

Étudiants 2ème année 1er cycle (biologie)	A		B		A	
	n	%	n	%	n	%
1983 N = 81	46	57 %	29	36 %	6	7 %
1989 N = 23	12	48 %	3	12 %	8	36 %
1990 N = 24	13	52 %	6	24 %	5	20 %

Tableau 2

(même légende que pour le tableau 1)

3.3. Enseignants scientifiques

Ces résultats portent sur un nombre restreint de personnes, mais de statut particulièrement intéressant.

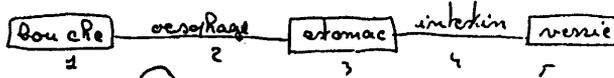
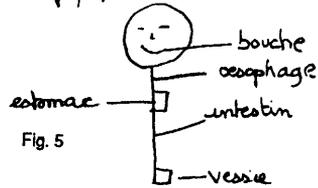
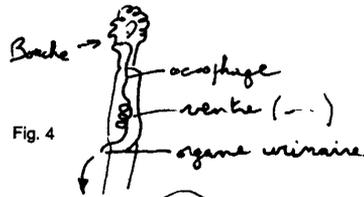
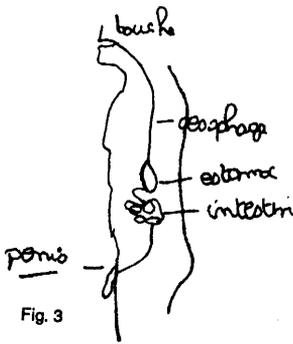
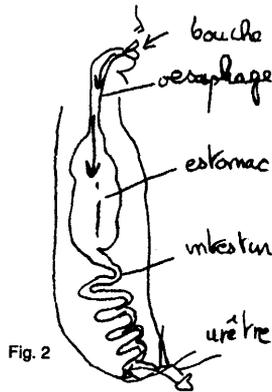
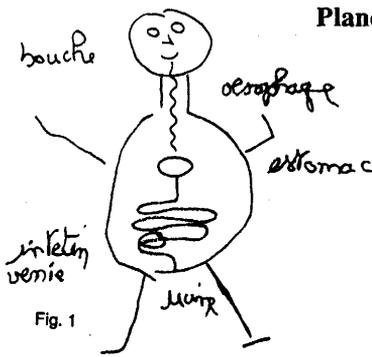
- Moniteurs (planches 2, 3 et 4)

Ce sont des allocataires de recherche (bourse de thèse du Ministère de la Recherche) qui effectuent quelques enseignements universitaires, uniquement des travaux pratiques et dirigés. Dans les deux échantillons interrogés, ce sont tous des biologistes, jeunes et brillants, appelés pour la plupart à entrer dans l'enseignement supérieur. Leurs études universitaires de biologie sont proches : ils ont soutenu l'année précédente (moniteurs pour la première année) ou l'année d'avant (moniteurs depuis plus d'un an), un examen de DEA comportant des épreuves théoriques et un mémoire de recherche. Leur spécialisation en biologie est très variée, de la biologie moléculaire à la physiologie ou l'écologie ou les biomathématiques. Ils viennent de plusieurs universités, et sont réunis pour des journées de formation organisées par le CIES à l'ENS de Lyon.

Lorsqu'ils commencent leur thèse de biologie, et débent dans la pratique de l'enseignement supérieur, la moitié des moniteurs, c'est-à-dire la même proportion que pour les étudiants de deuxième année de premier cycle scientifique-biologie, réalisent des schémas qui montrent la persistance de la conception A (tuyauterie continue digestion-excrétion).

après leur DEA, les thésards moniteurs de biologie dessinent aussi à 50 % un tuyau continu

Planche 2

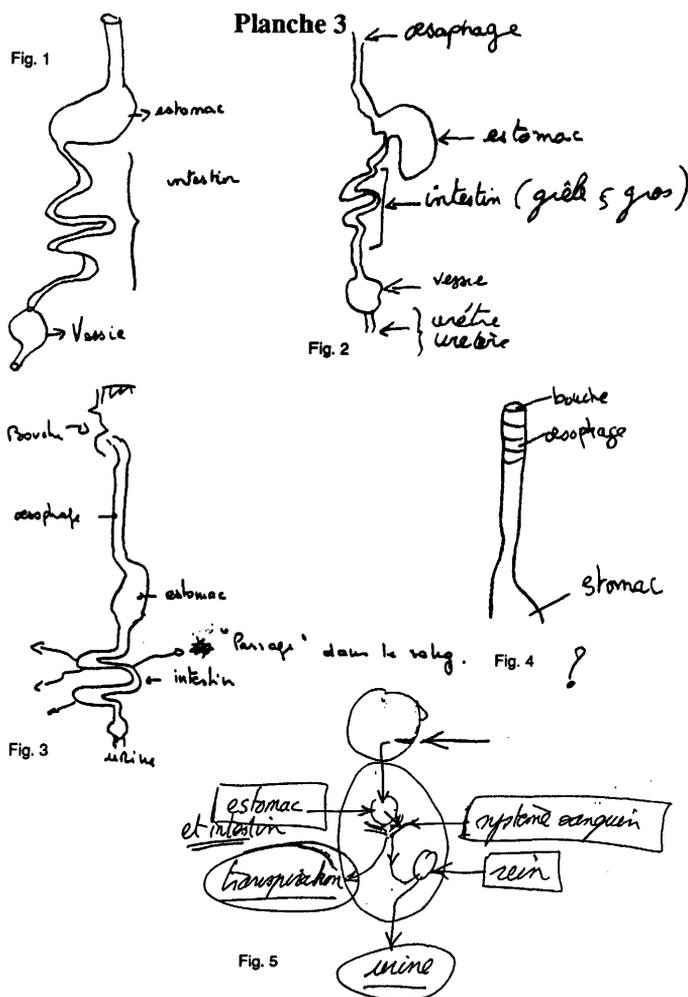


Conceptions A (tuyau continu digestion-excrétion) de type assez élémentaire, avec très souvent le contour du corps.

A part la figure 1, qui est le fait d'un moniteur (donc en cours de thèse de Biologie), les autres schémas de cette planche 2 ont été réalisés par des étudiants de deuxième année du premier cycle universitaire, filière Biologie.

A noter, dans la figure 2, une bifurcation du tuyau juste avant les deux orifices, digestif et uro-génital. Ce type de bifurcation, fréquent chez les collégiens, est très rare chez les étudiants de Biologie.

La figure 6 propose un diagramme à côté du schéma; d'autres réponses ne mettent qu'un diagramme à la place du schéma : il reste assez aisé de classer ces diagrammes dans l'une des trois catégories de conceptions retenues (ici en A).



1 - 2 - 3 : Conception A (tuyau continu digestion-excrétion).

Le schéma 1 est de loin le plus fréquent.

Le schéma 2 lui est identique, mais témoigne d'un vocabulaire biologique plus riche.

Le schéma 3 est intéressant car il indique clairement le passage dans le sang à partir de l'intestin, tout en faisant déboucher directement l'intestin dans un renflement (la vessie ?) et l'orifice urinaire. Ce type de schéma est plus fréquent après la question sur l'alcootest (planche 6).

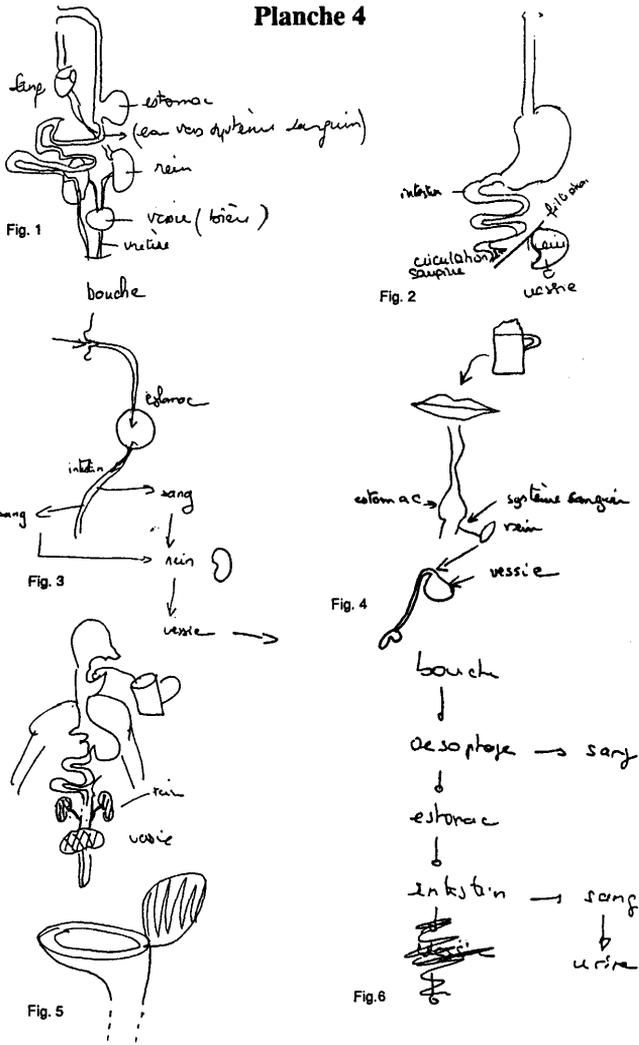
4 : Conception C, ou catégorie autre (ni A, ni B, ni C).

5 : Conception B, très schématique, mais complète. Le sang est à l'origine à la fois de l'urine et de la transpiration : ce second devenir est très rarement indiqué dans les schémas, sans doute parce qu'il n'est pas induit par la question posée.

Les schémas 1, 2, 3 et 4 proviennent des moniteurs (thèse de Biologie en cours) et des étudiants en deuxième année de Biologie.

Le schéma 5 a été réalisé par un professeur de Physique en stage C.P.R. (pour d'autres illustrations de ce genre, voir planche 5).

Planche 4



Conceptions de type B (1, 2, 3, 4, 6) et C (5).

Ces schémas ont été réalisés par des Moniteurs (thèse de Biologie en cours) ou des étudiants de deuxième année du premier cycle de Biologie.

Noter la diversité des schémas possibles pouvant montrer, avec plus ou moins de détails, les trois compartiments impliqués dans la digestion-excrétion, avec le sang intermédiaire entre les deux. Le schéma devient progressivement diagramme selon l'ordre 1, 2, 4, 3 et 6. Le cas du schéma 6 est intéressant car la personne avait initialement indiqué intestin → vessie (donc conception A), mais elle s'est reprise pour corriger et indiquer intestin → sang → urine (conception B).

Le schéma 5 est une des versions possibles de la conception C, intermédiaire. La discontinuité digestif-excréteur y est indiquée, mais pas le sang. La place a manqué pour reproduire ici l'égoût dans lequel se jette la cuvette des W.C., détails qui prouvent que ce n'est pas par manque de temps que le sang n'est pas indiqué.

après un an de thèse et de monitorat, seuls les moniteurs biochimistes le dessinent encore

Après un an de monitorat, cette proportion chute à moins d'un quart, en l'occurrence à 4 d'entre eux qui étaient spécialistes de biologie moléculaire et enseignaient surtout en biochimie (les schémas étaient anonymes, mais la discussion collective qui a suivi a permis de relever cette corrélation).

	A		B		A	
	n	%	n	%	n	%
Moniteurs 1ère année N = 24	12	50 %	8	33 %	4	17 %
Moniteurs 2ème année N = 17	7	23 %	7	41 %	4	23 %
Enseignants sc. DEA didactique N = 9	2	22 %	5	56 %	2	22 %
Prof. C.P.R.						
Biologie N = 4	0	0 %	4	100 %	0	0 %
Math. + Phys. N = 23	11	48 %	7	30 %	5	22 %

Tableau 3.

(même légende que pour le tableau 1)

• Enseignants scientifiques dans le secondaire

un enseignant sur deux de math ou physique dessine un tuyau continu... mais aucun enseignant de biologie...

Un ensemble est formé d'enseignants de mathématiques, de physique ou de biologie, représentant une partie des inscrits en 1990 au DEA de didactique des disciplines scientifiques à l'université Lyon 1. Plus de la moitié d'entre eux mentionnent les trois types de conduits (digestif, circulatoire et excréteur : conception B), deux seulement d'entre eux dessinent une tuyauterie continue digestion-excrétion (la discussion collective fit apparaître qu'il s'agissait de mathématiques).

Un autre ensemble est formé d'enseignants scientifiques en stage C.P.R. (planche 5 et schéma 5 de la planche 3). Parmi eux, la moitié environ des mathématiques et physiciens dessinent une tuyauterie continue, ou la schématisent par des successions de cases, tandis que les quatre biologistes produisent un schéma assez proche de savoirs académiques.

Planche 5

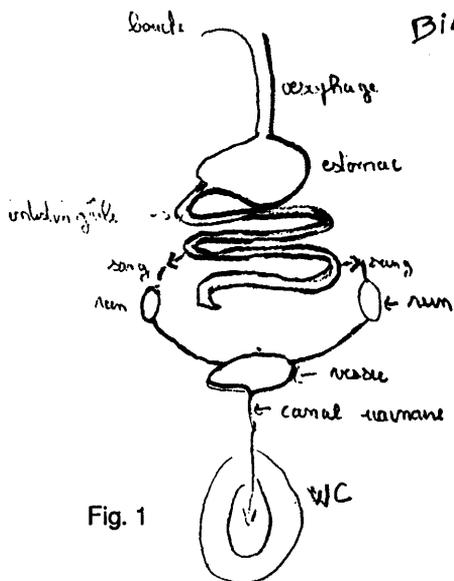


Fig. 1

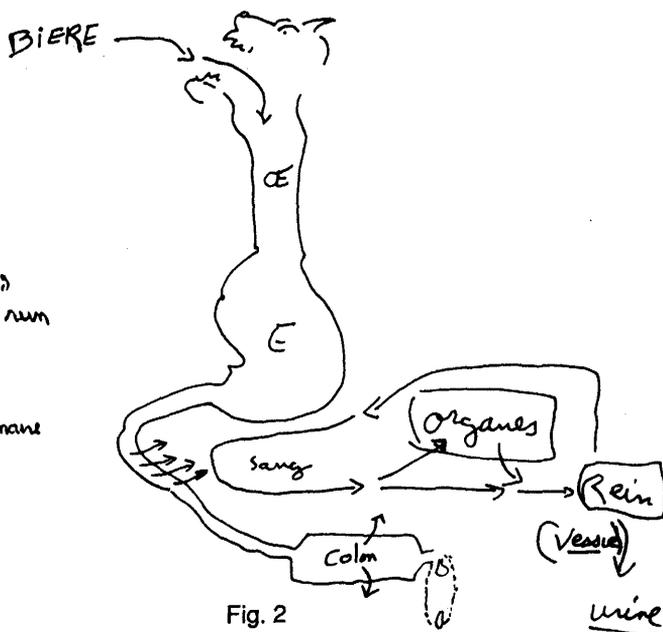


Fig. 2

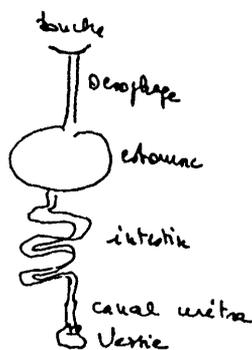


Fig. 3

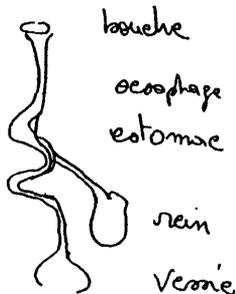


Fig. 4

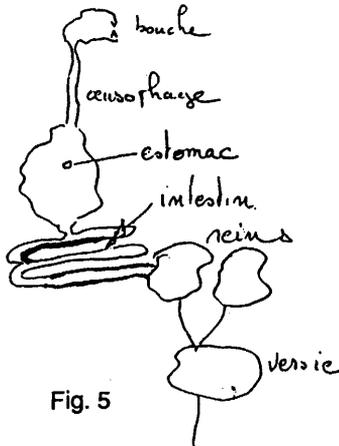


Fig. 5

Schémas réalisés par des professeurs scientifiques en stage C.P.R. (cf. aussi planche 3, schéma 5).

1 et 2 : Conception B, avec tous les compartiments (digestif, sang, excréteur). 1 = professeur de mathématiques ; 2 = professeur de biologie.

3 et 4 : Conception A : l'intestin débouche dans la vessie. 3 = professeur de mathématiques ; 4 = professeur de physique.

5 : Conception C, intermédiaire : la discontinuité digestion-excrétion est indiquée, mais le sang n'est pas mentionné. 5 = professeur de génie civil.

4. SUR LA JUXTAPOSITION, CHEZ UNE MÊME PERSONNE, DE CONCEPTIONS DIFFÉRENTES CONCERNANT LE MÊME PHÉNOMÈNE BIOLOGIQUE

ceux qui dessinent un tuyau continu ont en même temps des connaissances précises sur la biologie de la digestion et de l'excrétion...

mais ils ne mobilisent ces connaissances que dans certaines situations, une question sur l'alcootest par exemple

cette juxtaposition de conceptions contradictoires peut parfois être exprimée sur le même schéma

Les résultats qui précèdent ne doivent surtout pas induire un jugement ou un procès quant à une éventuelle ignorance d'enseignants scientifiques, y compris de jeunes enseignants de biologie (les moniteurs), sur les mécanismes de digestion-circulation-excrétion chez l'être humain. En effet, quelques minutes de discussion leur suffisaient pour réaliser qu'ils connaissaient bien ces mécanismes. Ils avaient alors plutôt le sentiment de s'être fait piéger, peut-être par la forme même de la question posée.

En ce qui concerne les étudiants de deuxième année de biologie, j'ai à plusieurs reprises procédé à un contre-test en posant cette fois la question suivante : *"Vous buvez un litre de bière. Vous avez ensuite un accident de la route; avant de vous hospitaliser, on vous fait une prise de sang pour un alcootest : pourquoi ? Où est passé le litre de bière ingéré ?"*

Les réponses d'un premier groupe de 61 étudiants se sont avérées succinctes. 58 d'entre eux, soit 95 %, indiquent que la prise de sang est faite pour mesurer le taux d'alcool, l'alcoolémie, ... Quelques-uns seulement explicitent que l'alcool est passé dans le sang; pour les autres, c'est vraisemblablement implicite, si évident que ça ne peut être l'objet de la question.

J'ai alors complété la même question, pour un groupe de 80 étudiants, en leur demandant d'explicitier leur réponse par un schéma : 12 ne l'ont pas fait, et ont produit une réponse du style de celles du groupe précédent, mais 62 l'ont fait, soit 77,5 %, et ont tous indiqué que l'alcool passait dans le sang (au niveau de l'estomac ou de l'intestin selon les schémas) ; enfin 6 schémas étaient de la dérision pure, ce qui est inévitable dans ce type de situation.

Mais le plus curieux, et en même temps le plus intéressant, est que certains schémas (planche 6) juxtaposaient une tuyauterie continue classique (l'intestin débouchant dans la vessie) à une indication du passage du liquide dans le sang au niveau de l'intestin. La discussion collective avec les étudiants, en amphithéâtre, juste après que j'aie ramassé les schémas, montre que, pour certains d'entre eux, c'est l'alcool de la bière qui passe dans le sang, tandis que l'essentiel du liquide coule dans le tuyau jusqu'à l'orifice excréteur. Mais ce n'est pas le cas général : pour plusieurs de ces étudiants, c'est bien l'ensemble de la bière qui passe dans le sang, ce qui ne les empêche pas de faire déboucher l'intestin dans la vessie. Ce type de schéma, juxtaposant une tuyauterie continue intestin-vessie à un passage intestin-sang, a d'ailleurs été obtenu plusieurs fois avec la question précédente : la figure 3 de la planche 3 en est une illustration.

Planche 6

1) Car on voit clairement le tube d'alcool
contenu dans le sang.
L'alcool a pénétré dans le sang

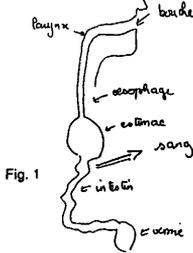


Fig. 1

Pour pouvoir évaluer le taux
d'alcool de le sang, ers' il est
inférieure à 98 g/l

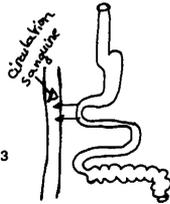


Fig. 3

En pratique l'alcool est tout d'abord de
même l'alcool dans le sang.

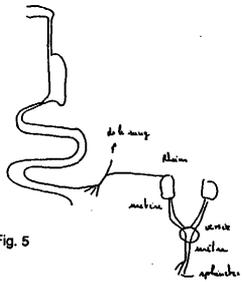


Fig. 5

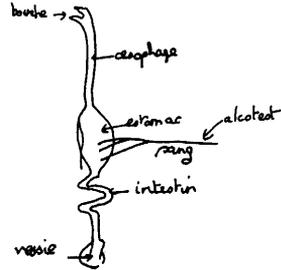


Fig. 2

L'alcool est passé de le sang
l'alcool est sur à dose le taux d'alcool de
le sang

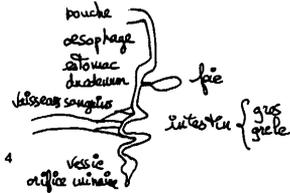


Fig. 4

L'analyse est nécessaire
pour avoir le degré de alcool
dans le sang
ce degré celui circulant sur
l'atmosphère humaine

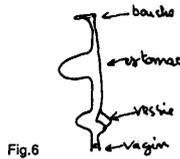


Fig. 6

Réponses d'étudiants de deuxième année de premier cycle universitaire (Biologie) à la question sur l'alcootest (cf. texte paragraphe 4).

Les 6 schémas reproduits ici mentionnent le sang dans leur réponse, aussi bien sur le schéma que dans son commentaire (sauf pour le 2 : commentaire absent, et pour le 6 : pas dans le schéma).

Les schémas 3 et 5 illustrent deux versions possibles de la conception B, complète pour le schéma 5 (avec les trois compartiments digestif, circulatoire et excréteur), incomplète pour le schéma 3 où seuls les compartiments digestif et circulatoire sont bien différenciés, ce qui est cette fois suffisant pour répondre à la question posée sur l'alcootest.

Les schémas 1, 2, 4 et 6 ont été sélectionnés parce qu'ils illustrent la persistance de la conception tuyau continu (l'intestin se jette dans la vessie) alors que le passage du liquide dans le sang est nettement indiqué : au niveau de l'estomac (schéma 2) ou de l'intestin (schémas 1 et 4). Le schéma 6 n'indique pas le passage dans le sang dans sa légende, mais seulement dans le commentaire.

Le résultat majeur de ce nouveau test est que, pour un échantillon comparable d'étudiants, 50 % dessinent un tuyau continu sans mentionner le sang à la question "vous buvez, vous urinez", tandis que plus de 90 % mentionnent le passage de la bière dans le sang à la question sur l'alcoo-test.

Force est donc de constater que deux conceptions peuvent être juxtaposées dans la tête du même étudiant, sans entrer en conflit, jusqu'à pouvoir être présentes sur le même schéma !

Le plus souvent, cette juxtaposition constitue un fonds de réserve, en mémoire à long terme, chaque conception n'étant mobilisée que dans une situation précise. Une question essentielle pour la didactique et l'ensemble des sciences de la cognition est la suivante : à partir de quel moment des connaissances acquises deviennent-elles mobilisables dans d'autres contextes que celui qui était présent lors de cette acquisition ou lors de son renforcement ?

De façon générale, une partie de cette question est d'ordre épistémologique. Par exemple la scintigraphie cérébrale, ou les potentiels évoqués cérébraux, ne nous renseignent pas sur la nature d'une conception, ni sur le contenu d'un rêve. Chaque contexte d'observation du cerveau et de ses émergences renvoie à des connaissances spécifiques, non (encore ?) mobilisables dans les autres contextes, même si l'objectif des sciences de la cognition est justement de stimuler des éventuelles convergences et interfécondations entre disciplines jusqu'ici distinctes et cloisonnées entre elles (psychologie, éthologie, neurobiologie, informatique, sciences de l'ingénieur, ...).

Mais la digestion-excrétion n'est pas le cerveau. Les connaissances anatomiques, cytologiques et physiologiques s'articulent sans problème majeur. La question de la juxtaposition de conceptions étanches entre elles ne relève pas ici de difficultés épistémologiques, mais devient révélatrice de problèmes pédagogiques essentiels.

En d'autres termes, ce qu'un élève apprend à l'école peut donc rester stocké dans des sortes de tiroirs qui ne s'ouvrent que pour des épreuves scolaires (devoirs surveillés, examens) sans interférer avec les conceptions qui continuent à régir les situations les plus courantes de la vie quotidienne.

Les programmes et manuels scolaires sont trop souvent eux-mêmes des modèles de cloisonnement de connaissances. Le chapitre sur la digestion, par exemple, est bien séparé de celui sur la circulation ; et celui sur l'excrétion est encore bien à part. Un élève peut avoir durant toute sa scolarité d'excellentes notes en sciences naturelles, sans que soit remise en cause sa conception de tuyauterie continue digestion-excrétion qu'il renforce chaque fois qu'il boit et a ensuite envie d'uriner.

en ce qui concerne le cerveau, des conceptions élaborées par des spécialistes différents sont juxtaposées sans forcément converger entre elles...

mais cette dimension épistémologique ne peut expliquer la juxtaposition des conceptions relevées sur la digestion-excrétion

l'école favorise une mémoire en tiroirs bien cloisonnés entre eux

à chaque situation correspond une conception

mais dans la situation testée, certaines personnes ne dessinent pas un tuyau continu : elles ont déstabilisé, dépassé cette conception

c'est donc possible ! comment ?

la conception "tuyau continu" est une création individuelle, et non une reproduction de schémas déjà vus

Ce que montre le présent travail rejoint certaines conclusions issues de recherches dans d'autres domaines : certains psychologues cognitifs ont montré que deux situations différentes ne mobilisent pas les mêmes connaissances ni les mêmes raisonnements (Richard et al., 1990, page 96). Ce constat questionne l'enseignant comme le chercheur en didactique d'une discipline scientifique, si tant est que le projet de l'éducation scientifique est moins, en principe, de donner des (bonnes) notes et des diplômes que de former aussi (et ainsi ?) des apprenants jusqu'à ce qu'ils sachent mobiliser dans le maximum de situations les connaissances scientifiques pertinentes enseignées.

Le test du litre de bière fait plus que nous renseigner sur la persistance tenace de la conception "tuyauterie continue". Il nous montre aussi que certaines personnes, dans cette situation même de test, peuvent mobiliser des connaissances biologiques apprises. C'est bien sûr le cas de ceux qui ont déjà enseigné la biologie (enseignants et moniteurs depuis plus d'un an, dans les échantillons décrits dans le présent travail) ; mais c'est aussi le cas d'une minorité significative d'étudiants en biologie.

La façon dont la question sur le litre de bière est posée ne suffit donc pas à induire automatiquement un seul type de réponses. Elle permet de différencier ceux dont les conceptions à ce propos ont été restructurées par l'appropriation de connaissances biologiques.

Le problème à résoudre est désormais relatif aux conditions qui ont permis la restructuration en profondeur de cette conception de tuyauterie continue digestion-excrétion. Grâce à quels apprentissages ("*allostériques*" si l'on ose reprendre la métaphore que Giordan 1990 nomme modèle) ? Une partie de la réponse peut s'appuyer sur les hypothèses possibles quant à l'origine de cette conception aussi tenace que précoce.

5. HYPOTHÈSES SUR L'ORIGINE ET LE RENFORCEMENT DE CETTE CONCEPTION

L'intérêt théorique des schémas de type "tuyauterie continue digestion-excrétion" est qu'ils ne reproduisent pas des images pré-existantes. Ils ne peuvent en aucun cas être un reflet plus ou moins déformé d'une réalité extérieure. Aucun manuel scolaire ou document de vulgarisation ne place la vessie et l'uretère à l'extrémité de l'intestin. Ils prouvent que les conceptions, même imagées, sont des constructions logiques inférées d'observations, d'expériences et interprétations individuelles.

En l'occurrence, la tuyauterie continue digestion-excrétion est sans doute le résultat d'un "*apprentissage par transfert analogique*", pour reprendre la terminologie proposée par

cette conception vient d'un apprentissage par transfert analogique, qui est ensuite régulièrement renforcé par des actions et des prévisions

Richard et al. (1990, page 100) : chacun d'entre nous a observé un tuyau, d'arrosage par exemple : l'eau entre d'un côté et ressort de l'autre, comme dans notre corps (boire, uriner). Le fait que chacun de nous vive quotidiennement cette situation explique la fréquence de cette conception. D'autant plus qu'elle est prédictive. Cette compréhension élémentaire est suffisante pour gérer nos actes sociaux (j'ai beaucoup bu, donc je prévois que je vais devoir uriner). Elle est renforcée à chaque réussite de ces actes, à chaque rappel de cette inévitable corrélation : la réussite de l'action facilite la compréhension (Piaget 1974).

Plusieurs travaux ont été réalisés sur les conceptions des élèves du primaire et du secondaire quant à la digestion et au tube digestif : par exemple G. De Vecchi et M. Roncin en France, D. Bain à Genève (comm. pers., Giordan et De Vecchi 1987, p.16-20). L'estomac sac-impasse fait rapidement place à un tube digestif qui a une entrée et une sortie, mais qui souvent se bifurque : une branche pour les liquides, une pour les solides, jusqu'aux deux orifices correspondants. Il s'agit des mêmes conceptions et obstacles que ceux qu'aborde le présent travail, avec une variante induite par la forme de la question posée (devenirs d'un liquide et d'un solide ingérés). Giordan et De Vecchi notent que ces "erreurs" et "incompréhensions" se retrouvent même chez des étudiants futurs enseignants.

ne pas juger une conception mais essayer d'en comprendre les racines pour la déstabiliser

En fait, au-delà du constat ou du jugement de cette persistance, le problème est plutôt d'essayer d'en comprendre les raisons. Juger que les français sont nuls quand ils croient que le soleil tourne autour de la terre, c'est ignorer que ce niveau d'explication est largement suffisant pour nombre de tâches quotidiennes (s'orienter, évaluer l'heure, ...). C'est sans doute ce qui explique que cette conception persiste elle aussi, même chez ceux qui savent que c'est la terre qui tourne autour du soleil et mobilisent efficacement ce savoir dans d'autres situations. Les pédagogues ont donc à inventer des situations où le tuyau continu digestion-excrétion n'est plus suffisant pour comprendre et agir ; un peu à l'image des eaux minérales dont les publicités montraient bien que l'eau diffuse dans tout le corps, participant ainsi à son "épuration". Le but du présent travail n'est pas de suggérer ou tester de telles situations.

la conception étudiée est résistante : elle s'enrichit de connaissances qui auraient dû la déstabiliser

En revanche, une des leçons de ce travail sur la conception tuyauterie continue digestion-excrétion, réside dans son extraordinaire résistance face à des arguments et connaissances biologiques qui auraient pu la déstabiliser. Ainsi, les schémas recueillis s'enrichissent manifestement de connaissances acquises au cours de dissections du tube digestif, ou d'observations d'écorchés. Le tube rectiligne primitif entre la bouche et le zizi, schématisé dans le contour d'un corps humain (figure 1), devient progressivement plus conforme à l'anatomie d'un tube digestif de mammifère, avec l'estomac, l'intestin qui serpente, et qui est même parfois différencié en

intestin grêle et gros intestin. Il devient évident qu'un ou plusieurs enseignements sur le tube digestif sont passés par là, enrichissant l'imagerie de la conception initiale, sans déstabiliser l'idée du tuyau continu où l'intestin débouche dans les reins ou la vessie. A cet égard, les schémas mentionnant le passage du liquide depuis l'intestin jusqu'au sang, mais faisant encore déboucher l'intestin dans la vessie (planche 3: figure 3 et planche 6) sont très instructifs !

6. CONCLUSIONS

une conception
qui persiste...

Ce travail montre la prégnance d'une conception (continuité intestin - tube urinaire), par sa mobilisation suite à l'évocation d'une situation de vie quotidienne (boire/uriner). La personne qui mobilise cette conception peut avoir par ailleurs des connaissances sur les mécanismes de la digestion et de l'excrétion (intervention du système circulatoire entre les deux), mais ne manifestera ces conceptions plus conformes au savoir scientifique que dans d'autres situations, par exemple lors d'un contrôle scolaire de biologie.

dans des
proportions
stables,
caractéristiques
des populations
étudiées

Le pourcentage de personnes qui mobilisent la conception "tuyau continu" dans la situation précise proposée, varie très significativement avec la population testée. Il est de l'ordre de 90 % en fin de collège et chez des lycéens littéraires. Il est voisin de 70 % sur des publics adultes variés, mais aussi chez des étudiants bac+1 même s'ils sont scientifiques (biologie, para-médical). Il est voisin de 50 % chez des étudiants de deuxième année du premier cycle scientifique dans les filières de biologie (avec une étonnante stabilité sur plusieurs années), chez des doctorants de biologie, et chez des enseignants scientifiques (math et physique). Enfin il disparaît chez des enseignants de biologie qui ont un peu de pratique de cet enseignement.

une conception
créatrice, qui ne
représente pas le
monde mais
l'invente

Cette conception est une construction individuelle fondée sans doute sur l'analogie avec l'écoulement d'un liquide dans un tuyau, et renforcée par des pratiques quotidiennes dont elle rend compte avec suffisamment d'efficacité. Les schémas produits par les personnes interrogées témoignent de cette construction créatrice d'une interprétation qui n'imité, ne "représente", aucun schéma pré-existant. Tout au plus s'enrichissent-ils progressivement d'informations sur divers organes impliqués dans cette tuyauterie, lesquelles issues notamment d'enseignements sur la biologie humaine n'arrivent pas à déstabiliser cette conception et sa mobilisation dans ce type de situation.

Cette déstabilisation est cependant possible puisque seulement un scientifique sur deux mobilise cette conception dans la situation testée, et aucun enseignant de biologie.

L'enseignement actuel de la biologie, par son cloisonnement en chapitres trop étanches entre eux, participe à la persis-

tance de cette conception. L'identification de l'obstacle "tuyau continu à paroi imperméable", rend compte de la difficulté à percevoir des conduits biologiques dont la paroi est perméable, et dont la fonction essentielle est liée à cette perméabilité. Elle devrait permettre d'imaginer des enseignements qui déstabilisent mieux qu'actuellement cette conception, dès l'école élémentaire, puis, en introduisant de façon pertinente et progressive des connaissances de plus en plus spécialisées.

travailler sur les conceptions, c'est aussi travailler sur la mémoire et la cognition

Le présent travail introduit à des problèmes plus généraux liés à la cognition : mécanismes de mise en mémoire par construction individuelle de conceptions, puis de renforcement, enrichissement et/ou déstabilisation de ces conceptions en fonction des situations rencontrées; stockage de plusieurs conceptions sur le même phénomène, théoriquement contradictoires entre elles, mais juxtaposées et mobilisées dans des situations différentes. L'objectif est alors de mieux comprendre ce qui permettra l'émergence de ces contradictions, favorisant un remodelage durable pour que des conceptions plus scientifiques soient mobilisées dans les situations par rapport auxquelles elles sont pertinentes.

Pierre CLÉMENT

Responsable de l'équipe de recherche en didactique de la biologie, LIRDIS (Laboratoire interdisciplinaire de recherche en didactique des sciences), Université Lyon 1
Président de l'Association Européenne de Didactique de la Biologie

BIBLIOGRAPHIE

ASTOLFI Jean-Pierre, DEVELAY Michel, (1989), *La didactique des sciences*, Que sais-je ? n° 2448, Paris, PUF, 125p.

AUSTIN J.L., (1962), *How to do things with words*. Oxford, Clarendon Press, Traduit en français : *Quand dire c'est faire*. Paris, éd. du Seuil, 1973.

BOURDIEU Pierre, PASSERON Jean-Claude, (1970), *La reproduction. Eléments pour une théorie du système d'enseignement*. Les éditions de Minuit, 279 p.

BOYRIVENT Alain, CHAMPAGNON Bernard, CLÉMENT Pierre, LUCIANI Anne, TARDIVEL Robert, (1981), "Décloisonner l'enseignement scientifique. Comment des biologistes, chimistes et physiciens ont mis sur pied un enseignement thématique pluridisciplinaire à l'Université". *Education permanente*, 56, p.31-42.

CLÉMENT Pierre, LUCIANI Anne, (1980), *Les représentations des étudiants de l'ESEU-B sur la digestion*. Texte photocopié, colloque de formation de formateurs, Université Lyon 1, 1 et 2 juillet 1980.

CLÉMENT Pierre, LUCIANI Anne, TARDIVEL Robert, BOYRIVENT Alain, CHAMPAGNON Bernard, (1981a), "Pluridisciplinarité thématique et objectifs pédagogiques dans un enseignement universitaire scientifique". *Pédagogiques, Revue de l'AIPU*, 1, 3, p.7-9.

CLÉMENT Pierre, SERVERIN Jean-Louis, LUCIANI Anne, (1981b), "Quelle digestion des représentations initiales dans la pratique pédagogique ?" *Pédagogiques, Revue de l'AIPU*, 1, 3, p.20-22.

CLÉMENT Pierre, SERVERIN Jean-Louis, LUCIANI Anne, (1983), "Les représentations en biologie et les objectifs de la pédagogie : digérer ou régurgiter ?" in *Quels types de recherche pour rénover l'éducation en sciences expérimentales ?*, Cinquièmes Journées internationales sur l'Éducation Scientifique (Chamonix), A. Giordan et J.L. Martinand éd., Paris, Université Paris VII, p.453-459.

DENIS Michel, (1989), *Image et cognition*. PUF, Psychologie d'aujourd'hui, 284 p.

DOISE Willem, (1990), "Les représentations sociales" in *Traité de psychologie cognitive*, 3, *Cognition, représentations, communication*, R.GHIGLIONE et al. (sous la resp.de), Dunod éd., p.111-174.

GIORDAN André, DE VECCHI Gérard, (1987), *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Delachaux et Niestlé éd., Actualités pédagogiques et psychologiques, 212 p.

GIORDAN André, MARTINAND Jean-Louis, (1988), "Etat des recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie". *Annales de Didactique des Sciences*, 2, publications de l'Université de Rouen, 140, p.13-68.

HABERMAS Jürgen, (1981), *Theorie des kommunikativen handelns*. Frankfurt, Suthr Kamp Verlag. Traduit en français : *Théorie de l'agir communicationnel*, Paris, Fayard (1986).

LE NY Jean-François, (1985), "Comment (se) présenter les représentations". in *Les représentations*, sous la resp. de S.EHRLICH, Psychologie française, 30, 3/4, éd.Armand Colin, p.231-237.

MARTINAND Jean-Louis, (1986), *Connaître et transformer la matière*. Berne, Peter Lang éd., 315 p.

MOSCOVICI Serge, (1961), *La psychanalyse, son image et son public*, Paris, PUF, (2ème édition 1976).

RICHARD Jean-François, BONNET Claude , GHIGLIONE Rodolphe, (1990), *Traité de psychologie cognitive*, 2, *Le traitement de l'information symbolique*, Dunod éd., 289 p.

SEARLE J. (1983), *Speech acts*. Cambridge University Press. Traduit en français : *Les actes de langage*, Paris, éd. Hermann (1972).

TIBERGHIEU Guy, (1989), "Psychologie cognitive, science de la cognition et technologie de la connaissance". in *La psychologie scientifique et ses applications*, sous la dir. de J.M.MONTEIL et M.FAYOL, Grenoble, PUG, p.13-30.

VARELA Francisco, (1989), *Connaître. Les sciences cognitives : tendances et perspectives*. éd. du Seuil, Science ouverte, 123 p.



Extrait de *Les amours secrètes de Bernard Pagure pour Anémone Demer*, Yves GIRAULT - Éric MAILLARD, Boissy-Saint-Léger, Ed. La Maison du Papier et du Soleil, 1991.

Voir début p. 92.

QUELQUES LOGIQUES DE CONSTRUCTION D'UNE SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE EN SCIENCES

L'exemple de la géologie à l'école élémentaire

Jean-Pierre Astolfi

On invoque souvent un modèle constructiviste d'enseignement, selon une modalité unique et survalorisée. Celle-ci cherche à se démarquer de la tradition transmissive, comme de l'héritage non-directif.

Il serait utile de disposer d'alternatives et de variantes didactiques multiples, également justifiables selon les objectifs du moment.

L'article propose de distinguer quatre modes de commande pour une séquence d'enseignement scientifique. Leur emploi raisonné peut être combiné dans la pratique, contribuant à limiter la monotonie des situations didactiques. Il développe et discute des exemples, empruntés à une recherche récente, relative à l'enseignement de la géologie à l'école élémentaire.

1. COMMENT CARACTÉRISER UNE DÉMARCHÉ PÉDAGOGIQUE ?

Les travaux actuels de didactique usent beaucoup (et abusent peut-être) de la référence à un modèle pédagogique de type **constructiviste**, sans qu'il soit d'ailleurs toujours précisé si ce que l'on entend par là :

quel
constructivisme ?

- correspond à une modélisation des **processus d'apprentissage** chez les élèves, auquel cas il s'agit de voir quelles applications didactiques sont possibles pour les modèles qui dominent la psychologie (principalement le modèle piagétien et celui du traitement de l'information),
- ou plutôt si cela correspond au développement de **procédures d'enseignement** aujourd'hui en progression, et qui cherchent à se démarquer aussi bien des pédagogies transmissives classiques, que de l'héritage plus récent de l'enseignement programmé ou des pédagogies libertaires.

C'est sur ce second versant, celui des procédures et des dispositifs d'enseignement, que je voudrais me situer, pour proposer une différenciation des modèles disponibles à l'intervention didactique.

quelques
modèles de
formation...

Sans nécessairement user explicitement de ce terme de "constructivisme", un certain nombre de modélisations théoriques de l'intervention pédagogique, qui mettent au premier plan **la question des savoirs dans la formation** et celle du **rapport des formés à ces savoirs**, ont été proposées ces dernières années, et sont succinctement présentées

ici de façon synoptique. Elles concernent aussi bien les situations d'enseignement initial (cf. par exemple les travaux d'Isambert-Jamati et Grospron) que les situations de formation d'adultes (ex : modèles de Lesne et Barbier, de Ferry, de Monteil ...).

On pourra se convaincre, à la lecture des tableaux ci-joints (1), qu'ils ont, dans l'ensemble, été construits afin de **valoriser préférentiellement** l'une des modalités de l'intervention de l'enseignant ou du formateur, modalité à orientation précisément constructiviste, et même souvent socio-constructiviste. En effet, les modalités détaillées par les auteurs **comme des alternatives**, n'en sont pas vraiment, puisqu'elles ne sont pas valorisées de façon également crédible. La visée argumentative y perce vite sous l'apparente neutralité descriptive.

L'analyse de ces modèles souvent ternaires, fait apparaître que l'une des modalités, de type traditionnel et transmissif, sert de "repoussoir" aux auteurs qui cherchent à s'en démarquer, tandis qu'une autre dénote une inspiration non-directive, à laquelle ils ont pu un moment adhérer, mais qu'ils proposent aujourd'hui de dépasser, d'enrichir, de remettre à sa juste place, sans lui conférer toutefois un statut aussi négatif qu'à la première.

On reconnaîtra par exemple dans la première catégorie, dépréciée par les auteurs :

- le "MTP 1", de Marcel Lesne ("*mode de travail pédagogique de type transmissif, à orientation normative*"),
- le "*modèle centré sur les acquisitions*", de Gilles Ferry,
- le "*système pré-programmé S1*", de Jean-Marc Monteil,
- "*la pédagogie élitiste*", de Viviane Isambert-Jamati et Marie-France Grospron.

Se rangent dans la seconde catégorie, moins vivement dépréciée (puisque'elle peut permettre le développement d'une attitude positive à l'égard d'une connaissance personnellement investie), mais malgré tout présentée comme insuffisante pour permettre une compréhension de la signification sociale des savoirs :

- le "MTP 2", de M. Lesne ("*mode de travail pédagogique de type incitatif, à orientation personnelle*"),
- le "*modèle centré sur la démarche*", de G. Ferry,
- le "*système divergent S2*", de J.-M. Monteil,

(1) Ces tableaux synoptiques ont été établis à partir des publications suivantes :

Marcel LESNE. *Travail pédagogique et formation d'adultes*. Paris : PUF. 1979.

Gilles FERRY. *Le trajet de la formation*. Paris : Dunod. 1983.

Jean-Marc MONTEIL. *Dynamique sociale et systèmes de formation*. Paris : Ed. Universitaires / UNMFREO. 1985.

Viviane ISAMBERT-JAMATI, Marie-France GROSPRON. "Types de pédagogie du français et différenciation sociale des résultats. L'exemple du « travail autonome » au second cycle long", in : *Etudes de linguistique appliquée*, 54. 1984.

Bruce R. JOYCE. *Models of teaching*. New York : N.Y. Univ. Press. 1972.

qui se
démarquent de
certaines
pratiques ...

- les pédagogies "libertaire" et "moderniste", d'Isambert-Jamati et Grosprion.

au bénéfice
d'une unique
modalité
valorisée

Du coup, il ne reste dans chaque cas, qu'une seule modalité qui soit valorisée, vers laquelle nous conduit aussi naturellement que possible l'analyse argumentative. Il est clair que M. Lesne penche pour son MTP 3 (*"mode de travail pédagogique de type appropriatif, centré sur l'insertion sociale"*), que G. Ferry préfère son "modèle centré sur l'analyse", que J.-M. Monteil s'identifie à son "système contractuel S3" et qu'Isambert-Jamati et Grosprion valorisent leur "pédagogie démocratisante". Le choix des termes retenus pour qualifier ces pratiques (*"type appropriatif", "insertion sociale", "centration sur l'analyse", "contractuel", "démocratisant"*) est en lui-même assez éloquent quant au positionnement personnel des auteurs. Seul, parmi les exemples proposés, le système de Bruce Joyce échappe à cette analyse, puisque chaque pédagogie s'y caractérise davantage comme une hiérarchisation différentielle de quatre dimensions nécessairement présentes (d'où l'emploi du terme de *dominantes*) que comme un choix alternatif.

De telles préférences sont évidemment légitimes chez les auteurs (encore qu'elles gagneraient à être plus explicites), mais elles présentent l'inconvénient de limiter, dans chaque cas, à la proposition d'une seule modalité positive d'intervention. Or, particulièrement pour la mise en oeuvre d'un modèle constructiviste, il apparaît nécessaire de développer des modèles plus fins, moins schématiques. Car, pour un même projet général de construction personnelle et sociale de la connaissance (excluant aussi bien la simple transmission d'information que les dispositifs de conditionnement), il serait utile de disposer d'alternatives et de variantes multiples, toutes également crédibles et justifiables en fonction d'une hiérarchisation différente des objectifs effectuée à chaque moment.

disposer de
plusieurs
variantes
constructivistes

C'est dans cette perspective que prennent sens les propositions suivantes, élaborées dans le cadre d'une récente recherche-action consacrée aux modalités d'une initiation géologique à l'école élémentaire (2).

Nous examinerons d'abord **divers modes de commande possibles** pour une séquence d'enseignement, chacun entraînant des choix explicites ou implicites et, surtout, une hiérarchisation différente de divers paramètres pédagogiques. Puis nous décrirons de façon assez détaillée quelques exemples didactiques en géologie, et nous tenterons d'y faire fonctionner les distinctions précédentes, en abordant les problèmes que cela nous paraît poser.

(2) La publication originale dont cet article est une reprise adaptée du chapitre 4 s'intitule : Jean-Pierre ASTOLFI, Suzanne DALOUBÉIX, Jeannine DEUNFF, Marie-Annick LE GOUELLEC-DECROP (coord.). *Contribution à la définition de modèles didactiques, pour une approche de la géologie à l'école élémentaire et dans la formation des maîtres*. Rapport d'expérimentation. Paris : Ministère de l'éducation nationale, Direction des écoles. 1990. 170 p.

LES MODES DE TRAVAIL PÉDAGOGIQUE (M.T.P.)

Extrait de : Marcel LESNE. *Travail pédagogique et formation d'adultes*. Paris, PUF, 1977, pp. 178-179.

<i>Principales caractéristiques</i>	<i>Mode de travail pédagogique de type transmissif à orientation normative (MTP 1)</i>	<i>Mode de travail pédagogique de type incitatif à orientation personnelle (MTP 2)</i>	<i>Mode de travail pédagogique de type appropriatif centré sur l'insertion sociale (MTP 3)</i>
Logique du travail pédagogique	<ol style="list-style-type: none"> 1. Déterminé, l'individu (objet d'influences sociales) est objet de formation. 2. Donner une forme par une action didactique centrée sur l'individu. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se déterminant, l'individu (sujet de sa propre vie sociale) est sujet de sa formation. 2. Induire le développement personnel par des actions de prise de conscience dans le cadre de petits groupes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Déterminé, se déterminant, l'individu (agent d'influences sociales) est agent de sa formation en même temps qu'il agit socialement 2. Aider à l'appropriation cognitive du réel par une action pédagogique reliée étroitement aux activités réelles des personnes en formation.
Rapport au savoir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existence d'un savoir objectif et cumulatif. 2. Nécessité d'un détour théorique préalable sous la conduite d'un initiateur et d'un guide en vue de mener à des degrés différenciés d'autonomie dans la maîtrise du savoir. 3. Pédagogie du modèle de savoir et de l'écart par rapport au modèle. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existence de différentes formes de savoir et de non-savoir. 2. Nécessité d'une action préalable sur les attitudes et les motivations en vue de dégager ou de renforcer l'autonomie fondamentale de la personne. 3. Pédagogie du libre accès motivé aux différentes sources du savoir. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existence d'un double statut scientifique et social du savoir. 2. Nécessité d'un cadre et d'outils théoriques en vue de faciliter l'appropriation personnelle du réel dans ses déterminations et ses relations. 3. Pédagogie de la relation dialectique entre théorie et pratique.
Rapport au pouvoir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceptation du pouvoir pédagogique et exercice direct de ce pouvoir. 2. Délégations mineures de pouvoir aux personnes en formation. 3. Contrôle quantitatif et étalonné des connaissances : la sanction vient de l'enseignant. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Refus de l'exercice explicite du pouvoir pédagogique et exercice de formes non-directes de ce pouvoir. 2. Mise en place de certaines modalités de cogestion et d'auto-gestion des groupes. 3. Contrôle qualitatif et auto-évaluation : la sanction vient du groupe. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconnaissance du pouvoir pédagogique et traitement de ce pouvoir en relation avec les formes sociales du pouvoir. 2. Exercice démocratique du pouvoir dans un travail en commun des formateurs avec les personnes en formation. 3. Évaluation en commun des effets réels dans le cadre des activités quotidiennes : la sanction vient de l'œuvre.

TRAJETS DE LA FORMATION

d'après Gilles FERRY. *Le trajet de la formation*. Paris, Dunod, 1983.

Modèle centré sur les ACQUISITIONS	Modèle centré sur la DÉMARCHE	Modèle centré sur l'ANALYSE
<p>Réduction de la formation à des <u>apprentissages</u> au sens strict (skills)</p> <p>Logique <u>externe</u> à l'activité professionnelle : la formation est "préparatoire".</p> <p>Caractère <u>systematique</u> des apprentissages pouvant s'effectuer dans des modules <u>rationalisés</u>.</p> <p>Rapport théorie - pratique : la pratique est une <u>application</u> de la théorie.</p>	<p>Élargissement de la formation à la valeur formative d'un <u>parcours personnel</u> (insight)</p> <p>Logique du <u>détour</u> par rapport à l'activité professionnelle : la formation est une occasion de vivre des expériences sociales.</p> <p>Pari <u>anti-fonctionnaliste</u>, misant sur la notion d'alternance.</p> <p>Rapport théorie - pratique : la pratique se <u>transfère</u> d'une pratique à une autre pratique sans le besoin d'un passage par la théorie.</p>	<p>Centration de l'apprentissage sur "un savoir analyser" qui accroît la <u>lucidité</u></p> <p>Logique de la <u>prise de distance</u> par l'auto-observation de son activité professionnelle : la formation consiste à apprendre à se regarder comme un autre.</p> <p>Recherche de la <u>production de sens</u> à partir des pratiques.</p> <p>Rapport théorie - pratique : un va-et-vient du type <u>régulation</u> s'établit entre théorie et pratique.</p>
<p>Existence d'un <u>double rapport théorie - pratique</u> : "Théorie théoricienne" "Théorie de la pratique" "Pratique théorique" "Pratique praticienne".</p>		

LES SYSTÈMES DE FORMATION

d'après Jean-Marc MONTEIL. *Dynamique sociale et systèmes de formation*. Paris, Ed. universitaires / UNMFREO, 1985. (adapté)

SYSTÈME PRÉ-PROGRAMMÉ S 1	SYSTÈME DIVERGENT S 2	SYSTÈME CONTRACTUEL S 3
<p>Système sous le primat de l'information.</p> <p>L'INFORMATION est :</p> <ul style="list-style-type: none"> - objective, extérieure au sujet, - quantifiable, stockable (bibliothèque, mémoire, programme), - circulante. 	<p>Système sous le primat de la connaissance.</p> <p>La CONNAISSANCE est :</p> <ul style="list-style-type: none"> - subjective, construite personnellement à partir de l'expérience du sujet, - intransmissible de façon globale (adhérences affectives fortes, absence de langage adéquat). 	<p>Système sous le primat du savoir</p> <p>Le SAVOIR est :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le résultat d'un processus d'objectivation, - une construction à partir d'une "perte", de l'abandon des "satisfactions de l'intime" - transmissible dès lors qu'il accepte son caractère partiel, et qu'il prend corps dans un code explicite.
		Il peut se réifier en information.
<p>Les formés sont considérés comme un ensemble homogène, devant faire l'objet d'un <u>traitement standard</u>.</p>	<p>Les formés sont considérés comme un <u>groupe en différenciation</u>, chaque individu étant particulier en ce qui concerne ses références, son vécu, ses représentations...</p>	<p>Les formés sont considérés à partir d'un <u>projet</u> qu'ils seront amenés à construire, par le dépassement assumé de leur subjectivité, et grâce à l'élaboration d'un cadre méthodologique.</p>
<p>La centration s'effectue prioritairement sur la <u>transmission</u> des informations.</p>	<p>La centration s'effectue prioritairement sur l'<u>itinéraire</u> et l'<u>expression</u> de chaque membre du groupe.</p>	<p>La centration s'effectue prioritairement sur la <u>construction de sens</u> à laquelle travaille l'individu.</p>
<p>Dominance de l'<u>émission</u> conforme.</p>	<p>Dominance de l'<u>énonciation</u> par un "je".</p>	<p>Dominance de la <u>production</u> d'une nouveauté.</p>
<p>Juxtaposition d'individus <u>interchangeables</u>, considérés du point de vue de leur <u>fonction</u>.</p>	<p>Expression d'individus considérés comme des personnes <u>globales</u>.</p>	<p>Passage à l'altérité, rendu possible par l'<u>intercompétence</u>.</p>
<p>Évitement des aspects affectifs de la relation.</p>	<p>Interactions <u>impliquantes</u> (empathie, conflits...).</p>	<p>Ascèse, médiatisation de la relation par l'objet d'étude.</p>
<p>Système plus <u>compliqué</u> que complexe : redondance forte, prédiction aisée (répétition de l'identique par la règle instituée).</p>		<p>Système <u>complexe</u> dans la mesure où l'incertitude sur le déroulement du processus est forte (émergence de la nouveauté par l'auto-organisation).</p>

Voir aussi Jacques LEGROUX. *De l'information à la connaissance*. Coll. Mésonance n° 1. IV. 1981

TYPES DE PÉDAGOGIE

Viviane ISAMBERT-JAMATI, Marie-France GROSPIRON. «Types de pédagogie du français et différenciation sociale des résultats. L'exemple du "travail autonome" au second cycle long». *Études de linguistique appliquée* n° 54, 1984, pp. 69-97.

	PÉDAGOGIE MODERNISTE	PÉDAGOGIE LIBERTAIRE	PÉDAGOGIE ÉLITISTE	PÉDAGOGIE DÉMOCRATISANTE
Orientation éducative globale	Constat d'une société "technicienne", dans laquelle une fois les contraintes connues, il faut réaliser une adaptation fonctionnelle.	Rejet global de la "Société de consommation". Refus de l'intégration, primat donné à l'accomplissement des désirs et à la révolte.	Regret devant le niveau actuel de la société. Souhait de dégaier une élite qui dirigerait au mieux dans les différents domaines.	Critique radicale de la société menée par l'argent et la concurrence. Souhait de former une génération capable de transformer cette société.
Conception des savoirs et de la culture	Priorité aux instruments intellectuels qui permettent de choisir, classer et communiquer des informations.	La culture est avant tout source d'accomplissement des désirs et comprend la curiosité, l'imaginaire, la jouissance esthétique et la création.	Être cultivé, c'est avant tout avoir intériorisé un ensemble d'appréciations sur des œuvres qui ont atteint une sorte de perfection.	La culture et les savoirs devraient permettre la maîtrise de la nature et contribuer à l'organisation sociale.
Rôle de l'enseignant (exemple du français)	L'enseignant est un expert en méthode et une source d'informations. Apprentissage de toutes sortes de codes et de l'aide orale.	L'enseignant catalyse la créativité, aide à la libération. Réalisation mettant en jeu l'expression (écrit, oral, mouvements corporels)...	L'enseignant initie au travail, aux efforts, qui mettent le raffinement esthétique. Apprentissage d'une rédaction cohérente. Mémorisation.	L'enseignant ayant conquis des savoirs, suscite leur appropriation par le plus grand nombre. Exercices de critique, notamment de critique idéologique. Structuration des acquis
Attitude à l'égard de l'orientation scolaire	Espoir d'une orientation rationnelle fondée sur des évaluations de compétences.	Pas de préoccupation d'orientation scolaire.	Préférence pour un public déjà imprégné de culture. Sélection souhaitée.	Critique de l'orientation exigée par un système scolaire sélectif, reproduisant des inégalités sociales.

MODELES D'ENSEIGNEMENT

d'après Bruce R. JOYCE, *Models of teaching*, New York, N.Y. University Press, 1972. (adapté).

Dominante INTERACTIONS SOCIALES

La dominante, c'est ici que les connaissances apparaissent liées au cadre social. Apprendre est associé à développer les relations humaines, à vivre dans différents milieux, à faire des stages et expériences diverses. La connaissance est acquise grâce à un certain environnement, et l'on pense qu'elle s'y réinvestit : on lui attribue une utilité sociale.

Dans cette conception, ce qui compte ce sont les échanges. C'est pourquoi le travail par groupes y est davantage valorisé que la transmission magistrale du savoir. Dans le groupe, on se trouve collectivement confronté à un problème, et l'on peut mettre en commun ses ressources pour tenter de le résoudre.

L'enseignant est d'abord ici quelqu'un qui facilite l'organisation collective de la tâche à accomplir, qui est sensible aux liens entre savoir et vie sociale.

Dominante DÉVELOPPEMENT DE LA PERSONNE

La dominante, c'est ici que les connaissances d'un individu sont liées à l'ensemble de sa personnalité. Chacun doit être considéré globalement en fonction de sa complexité, de sa richesse, de son originalité, et non apprécié de façon limitative par la "valeur marchande" de telle ou telle de ses compétences particulières.

Dans cette conception c'est l'acte personnel d'apprentissage, considéré autant dans sa démarche que dans ses résultats. L'accès au savoir est l'un des moyens de développer les potentialités latentes de chacun.

L'enseignant est d'abord ici quelqu'un qui stimule, qui conseille, qui rend possible les évolutions. C'est une personne ressource qui sait aménager un climat positif.

Dominante TRAITEMENT DE L'INFORMATION

La dominante, c'est ici que pour acquérir utilement des connaissances, il faut surtout apprendre à les classer, à les organiser, à les intégrer, au lieu de les considérer comme une succession de choses à mémoriser.

Dans cette conception, ce qui importe c'est la structure du savoir autant que le savoir lui-même, c'est la possibilité de transférer ce que l'on a appris dans un domaine à un autre domaine. Une bonne organisation du travail scolaire peut permettre d'améliorer beaucoup son rendement.

L'enseignant est d'abord ici quelqu'un qui développe des méthodologies efficaces, d'une part parce qu'il sait dominer ce qu'il enseigne, d'autre part parce qu'il s'intéresse aux mécanismes de fonctionnement de la pensée des apprenants.

Dominante MODIFICATION DU COMPORTEMENT

La dominante, c'est ici qu'il faut réussir aussi rapidement que possible, à donner à tous les connaissances et les mécanismes de base, en se donnant les moyens de vérifier à chaque instant, où l'on en est. Pour cela, il faut être précis, savoir exactement ce que l'on veut obtenir de l'élève, et s'organiser en conséquence. Il faut créer de bonnes habitudes, développer de bons réflexes.

Dans cette conception, ce qui importe, c'est la construction rigoureuse de chaque séquence d'enseignement, c'est la sollicitation constante de l'activité des élèves pour parvenir aux comportements que l'on attend.

L'enseignant est ici d'abord quelqu'un qui planifie, qui découpe le travail en petites unités, qui est le garant des réponses correctes. C'est cela qui donnera aux élèves les bases grâce auxquelles ils seront armés dans la vie.

2. QU'EST-CE QUI COMMANDE UNE SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT ?

Nous proposons, de manière sans doute encore schématique et qu'il faudra affiner, de distinguer quatre modes possibles de commande pour une séquence de géologie à l'école élémentaire, ces caractéristiques pouvant sans doute être transposées pour d'autres thèmes et à d'autres niveaux.

quatre modes de commande alternatifs ...

Nous dirons ainsi qu'une séquence peut être commandée soit par une **situation à exploiter**, soit par une **méthode à maîtriser**, soit par un **savoir à acquérir**, soit par un **obstacle à franchir**. On pourrait immédiatement objecter qu'il n'y a nulle contradiction ni concurrence entre ces quatre composantes de tout apprentissage scientifique, et que chaque séquence se doit bien de faire utiliser (ou de faire découvrir) des méthodes par les élèves, pour que ceux-ci parviennent à des connaissances, et cela en prenant appui sur des situations privilégiées, tout en franchissant les obstacles qui apparaissent au cours de l'étude. Effectivement, quel enseignant ou formateur ne rêve-t-il pas de conjuguer à tout moment un tel ensemble de composantes, sans avoir à vraiment choisir ?

Pourtant, il y a probablement là un important obstacle lié aux habitudes de notre formation et de nos pratiques professionnelles, obstacle qui nous empêche d'effectuer des choix raisonnés, de construire un système de priorités, de conceptualiser des alternatives. Nous soutiendrons ici que chaque séquence particulière, si elle se veut efficace par rapport aux apprentissages à obtenir, se doit précisément de construire ses choix, car à défaut, ceux-ci se construiront d'eux-mêmes, à l'écart bien souvent des intentions de leur auteur-acteur. Une plus grande professionnalisation de l'enseignement, dont on parle actuellement beaucoup, est peut-être à ce prix.

ou points de vue directeurs de séquence

Ce qui compte ici, c'est l'idée de **dominante** de la séquence, ou encore celle de **point de vue directeur**. S'il est vrai, par exemple, que toute situation pédagogique d'entrée doit conduire à des connaissances (et inversement que tout projet d'acquisition de connaissances doit bien s'appuyer sur des situations privilégiées), l'économie générale de la séquence risque de n'être pas exactement identique, selon que le point de vue directeur sera celui de la situation ou celui des connaissances. Si les deux ne s'opposent évidemment pas, leur gestion pédagogique ne se confond pas pour autant. Il en va de même, nous le verrons, pour la dialectique obstacles / connaissances.

2.1. Les séquences commandées par l'exploitation d'une SITUATION

Une séquence de géologie à l'école élémentaire peut être organisée autour de situations pédagogiques aussi diverses

que la visite d'une carrière, l'observation d'un affleurement ou d'une falaise, le visionnement d'une émission télévisée, etc.

commande par
une situation

Chacune de ces situations peut être mise en relation avec un nombre important de **notions possibles**, lesquelles sont susceptibles d'être développées de façon alternative, selon l'orientation que l'enseignant donnera à sa progression. Elle est alors l'occasion d'élucider des aspects partiels de ces notions ou de les mobiliser à cette occasion (ex : travail sur la notion de couche, de fossile, de sédimentation, travail sur la chronologie relative, etc.).

Ce qui caractérise la logique d'une séquence commandée par la situation c'est que, si l'on essaie de "l'exploiter notionnellement" au mieux, **on se garde de trop déborder ce qu'elle permet réellement d'établir ou d'illustrer**. Car les exemples qu'elle étudie le sont d'abord **pour eux-mêmes** et non à titre d'illustration d'un concept plus général, lequel serait, lui, le moteur réel de la séance. Son déroulement, ainsi que le mode d'intervention de l'enseignant, restent donc circonscrits à l'analyse d'un "objet" particulier, n'introduisant que les concepts (souvent partiels) qui permettent de l'analyser de manière effective.

En d'autres termes, une situation de ce type **n'est pas un prétexte** à l'introduction générale des différents aspects d'une notion géologique, mais elle conduit à établir ou à faire "travailler" - partiellement - une ou plusieurs notions, à l'occasion de tel ou tel problème géologique que l'on cherche à résoudre.

repérage
conceptuel local

C'est dire que les concepts "abordés" dans ces séquences ne peuvent l'être de manière exhaustive, et qu'ils auront souvent à être repris ultérieurement, pour être systématisés ou institutionnalisés, à l'occasion de séquences relevant d'autres types. On se situe ici dans une logique du **simple repérage conceptuel "local"** pour les élèves, pas encore dans celle d'une maîtrise qui reste à venir. Inversement, on peut tout aussi bien être dans une logique du **réinvestissement**, si la situation géologique nouvelle autour de laquelle s'organise la séquence, nécessite la reprise de connaissances déjà vues antérieurement, ou leur "remodelage" dans un contexte nouveau.

2.2. Les séquences commandées par l'acquisition d'un SAVOIR

commande par
un savoir

Comme pour une séquence du type précédent, l'enseignant part en général d'exemples et il choisit un "point d'accrochage initial". Mais, d'entrée de jeu, celui-ci se trouve **subordonné** à la maîtrise recherchée d'une notion (qui peut, par exemple, être celle de volcan, de fossile ou de succession stratigraphique des couches ...). Autrement dit ici, les exemples sont moins étudiés pour eux-mêmes comme c'était

précédemment le cas (dégageant sans les déborder, divers aspects conceptuels en jeu), qu'ils ne sont l'occasion de **concrétiser** un concept géologique que le maître a en tête d'aborder avec la classe.

le statut différent
des exemples

La fonction des exemples introduits diffère donc sensiblement de celle du cas précédent. Elle peut être soit de type motivationnel (pour "ancrer" la séquence sur les intérêts et préoccupations des élèves), soit de type référentiel (pour l'"ancrer" dans l'expérience antérieure, le local, le déjà connu), les deux aspects se combinant aisément dans la pratique. C'est dire que ces exemples visent à la fois à rendre concrète l'introduction de concepts (on peut parler d'exemples **paradigmatiques**), et à vérifier qu'ils fonctionnent de façon **opératoire** pour les élèves.

Ces exemples étudiés ne l'étant pas pour eux-mêmes, ils ne se comprennent qu'en fonction du **projet conceptuel du maître**, et de son évolution dans le temps. Rien n'oblige donc ici à se restreindre au "local". Surtout, rien n'interdit de **changer d'exemples** en cours d'activité, d'en abandonner un, partiellement inexploité, pour passer à un autre qui fasse davantage avancer la progression didactique. Le travail sur des exemples variés et sur **leur comparaison** est même alors l'un des moyens privilégiés dont dispose l'enseignant. La reprise d'un ancien exemple déjà vu "pour lui-même" dans une séquence du premier type et sa mise en relation ici avec d'autres est évidemment possible, et probablement souhaitable.

2.3. Séquences commandées par la maîtrise d'une MÉTHODE

commande par
une méthode

Autre est encore le cas où ce qui prime, dans la conduite de la séquence, est l'appropriation par les élèves d'une méthode scientifique d'analyse, qui leur est proposée ou qui est construite avec eux. Non certes, qu'il ne puisse y avoir d'apprentissages méthodologiques lorsque la séance est commandée par une notion, mais ceux-ci apparaissent alors comme des objectifs dérivés, obtenus de surcroît. De même, et symétriquement, qu'un effet d'acquisition notionnelle est souvent le bénéfice secondaire non négligeable des séquences que nous envisageons maintenant.

Ce qui permet le plus sûrement de distinguer ce type de séquence du précédent, paraît être leur régime contrasté d'interactions didactiques. Quand c'est "la méthode qui commande", alors **chaque** proposition d'élève est - de manière équivalente - écoutée, discutée, et finalement validée ou réfutée, grâce précisément à l'emploi de cet outil que fournit la méthode en cours d'apprentissage (observation, expérimentation, mesure ...). Quand au contraire, c'est l'établissement d'une notion qui "commande", on voit bien com-

ment un **prélèvement électif** par le maître des réponses qui font avancer son projet, et une mise au second plan des autres, sont la pratique la plus fréquente et la plus facile (3).

mode déductif,
mode régulateur

Et cela se comprend car on ne donne pas la parole aux élèves exactement pour les mêmes raisons dans les deux cas. Dans le premier, les interactions didactiques obéissent plutôt à un "mode déductif", chaque proposition ou réponse d'élève étant examinée du double point de vue de ses conséquences, comme de ses connexions logiques avec les éléments précédemment énoncés. Dans le second, on fonctionne plutôt sur le "mode régulateur", les propositions émises permettant au maître de s'assurer qu'il est conceptuellement suivi, et lui fournissant un "retour actif" pour le guider dans sa progression.

le rythme plus
lent

Les travaux didactiques qui ont analysé les procédures expérimentales qu'utilisent naturellement les élèves, lorsqu'ils ont à résoudre un problème scientifique, montrent à quel point celles-ci s'écartent des procédures canoniques du spécialiste : telles que comparer et mesurer, séparer des variables, émettre et vérifier des hypothèses (4). De ce fait, les séquences orientées par une méthode obéissent nécessairement à un rythme plus lent, et suivent un fil directeur d'apparence plus aléatoire, puisqu'il faut prendre le temps et accepter les détours nécessaires, afin que soit examiné sérieusement, **méthodologiquement**, tout ce qui est produit par la classe. Sinon, il risque de ne pas s'agir d'un véritable apprentissage méthodologique mais plutôt d'une simple technique méthodique dont le sens risque d'échapper aux élèves.

2.4. Séquences commandées par le franchissement d'un OBSTACLE

commande par
un obstacle

L'étude des représentations des élèves met en évidence chez ceux-ci des **obstacles** souvent tenaces, qui peuvent expliquer les difficultés d'acquisition d'un concept, malgré les efforts du maître et la rigueur de ses dispositifs d'apprentissage. Un travail spécifique sur une difficulté repérée par le

(3) On pourra ici objecter qu'il est possible de concevoir, pour une séquence centrée sur l'acquisition de connaissances, un régime d'interactions plus proche de celui qui est décrit pour l'acquisition d'une méthode. C'est le cas pour les pédagogies cherchant à faire évoluer les représentations des élèves par l'instauration de conflits socio-cognitifs. C'est aussi le sens des travaux de Guy Brousseau, en didactique des mathématiques, orientés par la recherche d'une articulation fonctionnelle entre divers types successifs de situations didactiques, au cours desquelles le statut de la connaissance se modifie par ruptures successives. Cela correspond à des démarches longues, dans lesquelles connaissances et méthodes s'imbriquent plus étroitement qu'il n'est dit ici.

(4) Cf. l'ouvrage de d'Evelyne CAUZINILLE, Jacques MATHIEU et Annick WEIL-BARAIS (*Les savants en herbe*, Berne : Peter Lang, 1983), qui en fournit de clairs exemples.

maître peut alors s'avérer nécessaire **si on estime l'obstacle franchissable** avec la classe.

Car une présentation notionnelle, aussi logique et cohérente soit-elle, du point de vue de l'analyse de la matière enseignée et de son découpage en éléments, peut ne pas suffire à modifier les représentations des élèves et leur faire dépasser les obstacles repérés. Dans ce cas, on fait l'hypothèse qu'un **noeud de difficulté** est à "travailler", lequel conduira les élèves à un progrès intellectuel décisif, et rendra beaucoup plus faciles ensuite des acquisitions plus ponctuelles.

En géologie, à l'école élémentaire, il peut s'agir d'obstacles du type suivant : faire comprendre que le front d'une falaise ne constitue pas un décor superficiel, et ne résulte pas d'une construction humaine comme le pensent facilement certains enfants. "*Les falaises ont été construites par les Allemands pendant la guerre*" (sic !) a pu dire un élève du pays de Caux ; par analogie sans doute avec les blockhaus voisins, mais plus profondément en raison d'un obstacle artificialiste fréquent à cet âge, renforcé par la difficulté à concevoir la géométrie d'une couche géologique. Et ceci nécessite un important effort d'abstraction, pour passer de la vision d'une falaise comme un mur en deux dimensions (derrière lequel il peut y avoir des cailloux, de la terre, des grottes ...) à la conception d'une limite d'érosion de couche en trois dimensions.

un "saut
conceptuel"
réaliste

C'est à un obstacle de ce type qu'une séquence peut décider de s'attaquer. Mais cela nécessite une condition : c'est que le maître, en fonction des éléments dont il dispose relativement au niveau de la classe et des élèves, estime **réaliste** le "saut conceptuel" demandé. Car, dirait en substance Bachelard, "un obstacle reste un obstacle" et ne saurait se passer "en force", sauf si celui-ci paraît déjà fragilisé, "fissuré", et que la séquence a pour objet d'accélérer et de systématiser une évolution perçue. Des séquences antérieures commandées, elles, par une situation ou par une notion, au cours desquelles la présence d'un obstacle a fait l'objet d'un premier "repérage" par les élèves (à défaut d'avoir été précisément analysée), peuvent avoir été l'occasion d'une telle évaluation des possibles didactiques.

l'obstacle au
cœur du
dispositif

Dans ce cas, tout le dispositif d'apprentissage est conçu autour d'un tel obstacle identifié à franchir, et construit de telle façon qu'il ne puisse être contourné. C'est aux séquences de ce type que s'appliquent probablement le mieux les idées de Philippe Meirieu sur l'*installation de l'obstacle au cœur de la situation-problème* (5). Car, s'il s'agit bien d'un obstacle, les élèves seront dans l'incapacité de voir en quoi celui-ci consiste avant de l'avoir franchi, et l'objectif visé ne peut valablement leur être annoncé (car il a toutes chances de ne pas leur être perceptible).

(5) Philippe MEIRIEU. *Apprendre ... oui, mais comment ?* Paris : ESF. 3è éd., augmentée d'un guide méthodologique. 1988.

Comme le dit Brousseau, le savoir ne peut ici *qu'avancer sous le masque*, et le maître est amené à créer de toutes pièces une situation didactique ad hoc, subordonnée au franchissement programmé de l'obstacle. Une telle situation paraît en quelque sorte une construction calculée, et elle s'oppose assez nettement aux situations plus immédiates, envisagées au premier paragraphe, dans le prolongement du sens commun. Ainsi peut s'expliquer l'introduction ici du terme de **situation didactique**, par contraste avec les **situations pédagogiques** du premier cas (6).

2.5. Classification ou grille d'analyse ?

Qu'on ne se méprenne pas. Le but des quatre distinctions précédentes n'est pas de classer les séquences didactiques en quatre sous-ensembles disjoints ! Si le but était réellement taxonomique, il y aurait à envisager un nombre beaucoup plus important de modalités plus fines.

Ce sont notamment les séquences centrées sur l'acquisition de connaissances qui devraient être davantage spécifiées. Et elles se révéleraient vite bien plus diverses qu'il n'a été dit plus haut. Au-delà des situations de présentation d'une notion, il faudrait envisager les cas d'application d'une notion préalablement enseignée, ou encore la structuration par comparaison et synthèse d'acquis partiels antérieurs, etc. Il y aurait aussi à envisager la variété des modes d'expression et de prise en compte des représentations des élèves. Il faudrait encore étudier les modalités d'appui sur des travaux pratiques ou des activités expérimentales en vue de résoudre un problème notionnel, etc. Cela entraînerait des conséquences du point de vue notamment d'une conduite diversifiée du dialogue, selon ces différentes modalités du travail didactique.

des dominantes
de séquences,
plus qu'une
typologie

Les quatre distinctions précédentes sont plutôt proposées, nous l'avons dit d'emblée, comme des exemples bien typés, à partir desquels on peut se demander, pour chaque cas étudié :

- quel est l'aspect qui y prédomine (car il n'est pas vrai que toutes les séquences soient organisées de manière égale et équilibrée autour d'une situation, d'une notion, d'une méthode et d'un obstacle),
- comment ces divers aspects s'y combinent et s'y organisent cas par cas, de manière spécifique et originale.

Nous nous proposons précisément, maintenant, d'examiner quelques exemples géométriques à la lumière des distinctions précédentes, en utilisant celles-ci comme une grille de lec-

(6) Guy BROUSSEAU. "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", in : *Recherches en didactique des mathématiques*, 7.2. Grenoble : La Pensée sauvage. 1986.

ture et d'analyse de ce qui s'y joue, du point de vue de la gestion de la classe comme du point de vue des apprentissages scientifiques (7).

3. DISCUSSION DE QUELQUES EXEMPLES GÉOLOGIQUES, À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

3.1. Etude d'un paysage au CM1 : la colline de la citadelle, à Besançon

Le point de départ de cette étude est l'observation de la colline de la Citadelle de Besançon, vue d'une colline voisine située de l'autre côté d'une cluse creusée par le Doubs.

L'enseignant se propose de partir de ce paysage, tel que le décrivent spontanément les élèves, pour aller vers une lecture à caractère plus géologique. On cherche ainsi à leur apprendre à faire abstraction des constructions et du couvert végétal (qu'ils privilégient souvent dans leurs descriptions et représentations), pour accorder plus d'importance aux rapports entre deux géométries (morphologique et structurale) ainsi qu'à l'idée d'une évolution du paysage (approche géodynamique implicite).

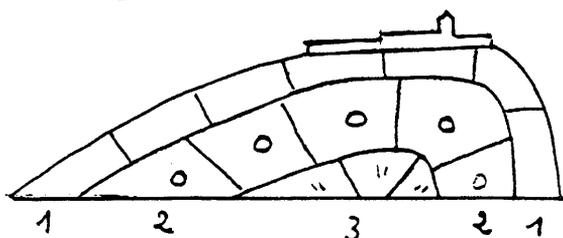
• Description des activités

- **Première étape**

visite sur le terrain

L'introduction se fait par une visite sur le terrain, avec deux arrêts au cours desquels un certain nombre de problèmes se manifestent d'emblée pour les élèves :

- la confusion qu'ils font entre roches et constructions,
- leur représentation géométrique des couches en demi-cercle alors que leur forme est dissymétrique (voir figure ci-dessous),



- (7) Le groupe de recherche était composé d'instituteurs et de maîtres-formateurs, de professeurs d'école normale et d'universitaires géologues. Les développements qui suivent reprennent les éléments du chapitre 4 du rapport de recherche, dont j'ai assuré la synthèse et la rédaction, chapitre intitulé "Les démarches pédagogiques". Les séquences décrites ont été réalisées et analysées, avec la participation de :
- à Besançon : Daniel Contini, Marlyse Guillot, Raymonde Kabantchenko, Jacqueline Michaud, Raymonde Obert et Catherine Wieber ;
 - à Nice : Jean Delteil, Mme Escalier, Edmond Seppecher ;
 - à Rouen : Jacques Gris.

- la continuité des couches en partie masquée par la végétation.

la coordination des angles de vue

Le fait de proposer que des observations du même paysage soient effectuées lors de deux arrêts différents prépare la coordination nécessaire de ces angles de vue, c'est-à-dire le passage d'une appréhension subjective du paysage à un regard plus objectif et décentré. Il conduit également à coordonner les dessins réalisés par les enfants et les photos qui leur sont présentées.

Au cours d'une sortie ultérieure, les enfants verront le paysage de plus près, ce qui conduira à des problèmes d'un autre ordre : ceux des différents niveaux d'analyse, de la coordination de la partie et du tout.

- Deuxième étape

Cette première partie aboutit à une séance où la maîtresse note toutes les remarques des élèves et les cinq centres d'intérêt qu'ils proposent d'approfondir sont :

1. le fort de la Citadelle,
2. l'emplacement de la colline,
3. le rôle joué par le fort,
4. la description de la colline,
5. la description des roches de la colline.

la construction des questions

Les trois premiers de ces points sont rejetés d'autorité par l'institutrice comme relevant de l'histoire et de la géographie, ce qui revient pour elle à inviter les enfants à faire abstraction des constructions, sans qu'il soit certain que cette intention soit bien perçue par la classe.

Restent donc les points 4 et 5, que les élèves précisent sous forme de questions ou d'affirmations :

- "La colline est-elle en arc de cercle ?"
- "L'espace vert ne cache-t-il pas la grotte ?"
- "Les roches sont-elles disposées en ligne, tombent-elles à pic ?"
- "Ce n'est pas des rochers."
- "Les grottes ont-elles un nom, un rôle ?"

La maîtresse rappelle ces questions une à une, et la vision géologique de ce paysage évolue grâce à l'appui de la discussion sur des diapositives. Peu à peu, le paysage est ainsi réduit à un plan, et schématisé. Certaines questions progressent lorsque des moyens nouveaux sont mis en oeuvre, comme : retour sur le terrain, travail sur les diapositives, comparaison entre diapositive et dessin, utilisation du calque sur des photos individuelles, implication du corps pour comprendre.

Ainsi pour la question de savoir si les couches de la colline sont en arc de cercle, on note qu'au départ les enfants les avaient dessinées à l'aide du rapporteur, et que tout le monde avait admis qu'elles étaient disposées en "arc de cercle". Ce n'est que progressivement, par l'utilisation des techniques indiquées ci-dessus, qu'on voit les observations évoluer et les élèves déclarer :

- *"Le début est régulier, mais ce n'est pas un arc de cercle."*
- *"C'est une ligne courbe avec un côté plus raide que l'autre."*

Les termes se précisent, l'anticlinal n'est plus symétrique et la colline non plus.

Se pose aussi, on l'a dit, le problème de la continuité des roches sous la végétation, qui est traité par un travail collectif sur diapositives. La maîtresse suit ce travail des enfants et intervient :

continuité des
couches ?

- *"On suit une ligne, le bord supérieur ou inférieur d'une couche, mais tout à coup, on ne peut plus."*
- *"C'est la végétation qui cache."*
- *"La couche s'arrête là".*

La maîtresse dit :

- *"Quelquefois, on a des indices ; si on n'arrive pas à trancher, que faire?"*
- *"Mettre des pointillés si on pense qu'elle existe."*
- *"Rien, si on pense qu'elle n'existe pas".*

Dans cette approche de la structure, des problèmes géométriques sont rencontrés, nécessitant un vocabulaire spécifique que les élèves maîtrisent imparfaitement : lignes, bandes, ou couches.

La maîtresse : *"Le mot ligne convient-il ? Dessine une ligne au tableau."*

Élève : *"Non c'est plus épais que cela."*

La maîtresse : *"On va essayer de trouver un autre terme."*

Élève : *"Une bande."*

La maîtresse : *"Il y a peut-être un autre mot qui ressemble à bande ?"*

Élève : *"Une couche."*

Ce dernier terme de *couche*, qui implique la troisième dimension, n'est pas accepté par la classe et les élèves ne le reprendront pas à leur compte.

• Caractéristiques de la démarche

Les obstacles que l'on rencontre ici sont nombreux :

obstacles
nombreux ...

- non-distinction entre ce qui est naturel et ce qui ne l'est pas (obstacle qui a été écarté en renvoyant une partie des questions à l'enseignement d'histoire-géographie),
- interprétation artificialiste des grottes,
- coordination des points de vue pour synthétiser des observations différentes,
- compréhension de la continuité des couches lorsqu'elles sont masquées par la végétation,
- difficultés liées à la géométrie des couches et à la maîtrise du vocabulaire correspondant (lignes, bandes, couches),
- problèmes liés à la troisième dimension, etc.

mais primauté de
la situation

Mais, en observant de quelle façon est organisée la séquence, on se rend compte qu'aucun de ces obstacles importants n'en constitue l'objectif prioritaire, ni le centre organisateur véritable. Car la centration s'effectue plutôt **sur la situation géologique** observée, qui fait l'objet d'analyses, qui donne lieu à des travaux d'interprétation, qui permet d'aborder certaines notions sans rechercher leur traitement systématique.

Un certain nombre des obstacles mentionnés ci-dessus se trouvent bien ici "travaillés" grâce aux productions graphiques et aux discussions entre élèves :

- *"Il y en a qui ont confondu couche et maison."*
- *"Des fois, c'est trop détaillé."*
- *"Au lieu que ce soient des lignes courbes, les deux lignes se rejoignent."*
- *"Les lignes s'arrêtent ; y a plus de courbes."*

mais sans faire l'objet d'un apprentissage systématique, lequel déborderait nécessairement le paysage particulier ici étudié. Ce qui n'est pas le cas.

Un certain nombre de concepts géologiques sont donc évoqués dans cette séquence, repérés plus ou moins précisément par les élèves, mais ils ne seront maîtrisés que moyennant d'autres études plus précises, ce qui sera le cas puisqu'il s'agit pour cette classe d'une série d'études successives.

Mais le bénéfice est pourtant non négligeable, dans la mesure où les élèves ont été entraînés à lire un paysage particulier de façon nouvelle par rapport à leurs préoccupations spontanées, et cela modifie la nature des questions qu'ils peuvent se poser. A travers cette séquence, on peut donc dire qu'ils sont restés centrés sur une **situation précise à analyser**, et que celle-ci a été l'occasion d'un premier contact avec plusieurs notions géologiques importantes qui auront à être reprises et re-précisées.

3.2. Découverte de quelques propriétés des roches, au CP

Cette séquence a pour objectif d'amener les enfants à passer du stade des sensations et des représentations :

l'analyse
d'échantillons

- *"C'est la roche la plus lourde parce que c'est la plus grosse",*
- *"Dans la première, y a peut-être des morceaux moins lourds",*
- *"La quatrième, c'est plus épais en bas, le haut est plus léger",*

à un stade plus élaboré d'observation raisonnée et à un début de classement.

Elle vise à les faire passer de l'échantillon personnalisé et unique sur lequel l'enfant travaille (unique par sa forme, sa couleur, ses détails), à l'idée plus abstraite de roche, caractérisée par un certain nombre d'éléments et de propriétés.

La démarche pédagogique choisie s'efforce d'exploiter au mieux les compétences des enfants du CP, et s'organise en deux phases interactives :

- la découverte des échantillons en jouant avec les sens, ce qui permet un investissement physique et psychologique, grâce à l'extériorisation et à la verbalisation des sentiments et des sensations,
- parallèlement, une recherche plus intellectuelle, rendue possible par le dépassement de l'affectif, et facilitée par le travail systématique d'analyse et de comparaison, par l'utilisation de l'écriture fonctionnelle, par les alternances de travail par groupes et en classe entière.

• Description des activités

Chaque groupe reçoit le même matériel constitué de six échantillons de roches numérotés, choisis par la maîtresse.

- | | |
|------------------|--------------|
| 1 : pierre à sel | 4 : calcaire |
| 2 : granite | 5 : gypse |
| 3 : ponce | 6 : marne |

- **Première étape : exploration sensorielle des roches**

Les élèves observent les échantillons qui leur sont proposés et, avec l'aide de la maîtresse, les décrivent en se référant aux différents organes des sens (*"Avant de toucher, quel est l'échantillon qui vous semble le plus lourd ?"*, puis *"On vient de faire avec les yeux. Est-ce qu'on pourrait continuer avec d'autres parties du corps ?"*)

Ils suggèrent alors d'utiliser :

- les mains *"pour peser, toucher"*,
- la tête *"pour réfléchir"*,
- les pieds *"pour voir si c'est fragile, ce qu'il y a dedans"*,
- les oreilles pour *"écouter s'il y a du bruit dedans"*.
- Avec les ongles, *"on peut griffer, gratter"*,
- avec les dents, *"on peut croquer"* (rires),
- avec la langue *"on peut lécher"* (cris d'horreur !).

La mise en oeuvre de ces propositions montre une libération par rapport à des interdits antérieurs (*"On peut lécher!"*) ; les remarques et mimiques sont révélatrices du niveau des représentations des élèves (répulsion envers la *roche noire*), identification du *gros* au *lourd*, du *brillant* au *diamant* ou au *trésor*. Le *blanc* du gypse, lui, ne peut *pas* être naturel.

On voit que les référents des enfants sont souvent limités à des alternatives simples (exemple : le goût ne peut être que *salé* ou bien *sucré*), ou bien qu'ils effectuent des associations trop immédiates entre des termes superficiellement ressemblants (confusions liées à des associations entre *brillant* et *lisse*, entre *charbon* et *noir*, entre le *salé* et la *mer*, etc.).

L'ensemble des observations spontanées est mis en forme grâce à l'utilisation d'une grille fournie par la maîtresse :

- je sens,
- j'écoute,

l'exploration
sensorielle...

- je touche,
- je griffe,
- je goûte,
- je regarde.

Les élèves doivent réfléchir en même temps aux observations qu'ils ont effectuées, et à l'opération qui leur a permis de les réaliser. Des difficultés surgissent au niveau de certaines rubriques, mais progressivement le vocabulaire s'affine :

- . *"goût de terre, de farine, de carton",*
- . *"le gypse fait de la poussière, la ponce de la fumée".*

Grâce aux confrontations et à l'occasion d'un bilan collectif, les remarques s'ordonnent selon l'hétérogénéité, la dureté, la texture ... ce qui constitue une approche d'un premier classement.

- Deuxième étape : exploration avec outils

Les élèves prennent conscience du caractère incomplet des observations auxquelles ils sont parvenus (*"On n'est pas sûrs"*), et à une question de la maîtresse, relative à ce dont ils auraient besoin pour approfondir les observations, ils suggèrent d'utiliser *un marteau, une lime, une balance*.

Cet outil demandé se révèle être, pour eux, un prolongement du corps *"pour faire plus"* et pour vérifier ce qu'ils ont trouvé lors de la première phase.

puis outillée

On note progressivement un changement d'attitude, les gestes devenant plus assurés et mieux adaptés (nombre de coups, force ...).

A nouveau, ils utilisent une grille fournie par la maîtresse, qui propose une série d'actions à effectuer :

- je casse,
- je gratte sur une plaque en bois, un couvercle métallique, une plaque en carton, une plaque en verre (dans ce cas, c'est la roche qui est outil),
- je gratte avec un outil (avec une lime, avec un couteau, avec une baguette),
- je pèse puis j'écris dans l'ordre : du plus léger au plus lourd.

Lors de la mise en commun, le vocabulaire s'affine, devient plus précis. Il est question de *rayures, de traces, de marques, de poudre, de grains collés*, etc. Mais des difficultés subsistent au niveau de la discrimination entre dur, doux et mou.

- Troisième étape (synthèse) : comparaison et classement

La maîtresse propose aux élèves de leur indiquer le nom des échantillons étudiés (ils ne les connaissaient jusque-là que par un numéro), et ils manifestent vivement leur satisfaction (*"Ah !"*).

Chaque roche est alors reprise par son nom et les enfants mettent en évidence ses propriétés essentielles.

- Le granite : *"des grains, du noir, du blanc et du brillant"*.

chaque roche
reprise avec son
nom

- La pierre ponce : elle *"ressemble à du carton, légère, dure à casser"*.
- Le calcaire : il est *"dur à gratter"*, c'est la roche *"la plus lourde de toutes"*.
- Le gypse : il est *"facile à casser avec les mains"*, et *"tout le blanc s'en va"*.
- La marne, elle, est *"facile comme tout à casser"*.

On peut noter que les élèves ont abandonné l'élément "forme" qu'ils privilégiaient initialement ; qu'ils re-situent parfois les échantillons dans leur milieu naturel (*"le calcaire, on peut le retrouver dans les grottes"*), que certains d'entre eux peuvent replacer l'échantillon dans la roche dont il provient (*"le gypse, il était collé à sa partie, attaché, on l'a décollé, ce qui est dehors était dedans"*).

On note également qu'ils cherchent à comparer et à classer (*"le gypse et la ponce qui font de la poussière, on pourrait les mettre dans la même famille."*) et qu'ils proposent de nouvelles activités qui peuvent être conçues comme des extensions : *"je pourrais apporter des roches pour faire une collection"* ; *"on pourrait observer d'autres échantillons"*.

• Caractérisation de la démarche

S'il est clair que les élèves, au cours de ces activités, acquièrent des connaissances géologiques relatives aux roches, connaissances qui sont non négligeables pour un Cours Préparatoire, on peut dire que ce ne sont pas elles qui organisent prioritairement la séquence. Elles apparaissent plutôt comme les retombées positives d'une démarche bien conduite.

centration sur la
démarche

C'est en effet ici, autour de l'**acquisition de démarches scientifiques**, que s'organise principalement le travail de la classe. Et c'est leur élaboration avec les élèves qui paraît commander la façon dont les choses se déroulent.

Le problème proposé par la maîtresse est celui de la comparaison de différents échantillons de roches identifiés seulement par un numéro, et la recherche de critères de reconnaissance et de classement s'appuyant sur la diversité des organes des sens.

La maîtresse prend comme point de départ les expressions spontanément employées par les élèves, ainsi que les représentations que celles-ci véhiculent. Et elle s'emploie à les faire évoluer grâce à la structure de travail qu'elle propose. Cette structure prend appui sur deux éléments qui paraissent ici essentiels :

1. les changements introduits dans le **mode de groupement des élèves** (travail individuel, petits groupes, classe entière) ;
2. le passage par des **phases de travail écrit**, sous forme de tableaux à remplir, obligeant à une plus grande précision dans les réponses produites.

traces écrites et
modes de
regroupement

C'est ainsi que la première séance démarre de façon collective, mais que rapidement, les élèves sont répartis en quatre groupes **parallèles**, effectuant tous la **même tâche** : analyser les différents échantillons et les comparer à l'aide des divers organes des sens. La maîtresse passe d'un groupe à l'autre, encourage les élèves, les pousse à préciser leurs idées et à les exprimer, ce qui est plus facile dans des groupes restreints qu'avec la classe entière. L'enregistrement des travaux avec une caméra vidéo fait apparaître le sérieux des essais comme des discussions ... même quand la maîtresse échange avec un autre groupe de la classe. Ce travail de groupes est finalisé par une fiche que chacun doit remplir, en se mettant d'accord, au sujet de chaque échantillon, pour les six verbes "sensoriels" déjà indiqués : "Je sens, j'écoute, je touche, je griffe, je goûte, je regarde".

Quant à la seconde séance, elle voit aussi s'instaurer un travail par groupes, mais cette fois il s'agit de groupes **complémentaires** et non plus "parallèles". Chacun reçoit la responsabilité de l'utilisation d'un **outil particulier** :

- groupe du marteau ("je casse"),
- de la balance ("je pèse"),
- du couteau, de la baguette, de la lime ("je gratte"),
- des plaques ("je gratte sur").

3.3. Origine et devenir d'un sédiment au CE1 : les galets du Paillon, à Nice

A l'occasion de quelques sorties, les élèves s'intéressent aux alluvions du Paillon. Après la phase de découverte, le travail se met en place, avec pour objectif d'amener les élèves à passer des représentations premières exprimées lors de la phase initiale de découverte des galets, à des concepts géologiques plus actuels.

En effet, aux questions "**Comment ces cailloux sont-ils là ?**", et "**D'où viennent-ils ?**", les élèves répondent d'abord par les propositions suivantes :

comment ces
galets sont-ils là ?

- "De la mer".
- "D'un camion qui les a jetés".
- "D'éboulements".
- "De là où l'eau descend très fort".
- "La rivière les a amenés de l'île ici".
- "De la préhistoire".
- "On a creusé et on a trouvé des cailloux".
- "Sous les cailloux, il y a de la terre et de l'eau".

Mais "**Pourquoi sont-ils là ?**" :

- "Peut-être dans la rivière, il y avait des pierres, on les a ramassées et on les a mises sur les bords".
- "Les cailloux se sont formés ici quand la terre s'est formée".

Comme on le voit, ces conceptions initiales sont très diverses, et bien éloignées des concepts géologiques d'érosion, de transport et de sédimentation fluviales que l'on se

propose de leur faire acquérir. Parallèlement à cet objectif d'évolution des représentations géomorphologiques initiales, on tentera de modifier les conceptions fixistes et anthropocentriques pour parvenir à une attitude plus dynamique.

• Description des activités

La démarche est dominée par le dialogue maître-élèves. Sur le terrain, les élèves n'ont pas d'idées relatives au rôle possible de l'eau dans l'origine des galets. Mais ils évoquent malgré tout l'existence d'un cycle de l'eau : rivière, mer, évaporation, pluie sur la montagne, rivière, mer :

l'attention attirée vers l'amont

- *"L'eau a été faite par la pluie ; la pluie vient des nuages ; ils viennent de l'eau qui s'évapore ; c'est ma mère qui me l'a dit."*

La maîtresse les suit, et cette évocation du cycle de l'eau **attire leur attention sur l'amont** comme origine possible des alluvions, l'origine de l'eau pouvant renseigner sur celle des roches.

- *"D'où vient cette eau qui s'évapore ?*
- *De la mer.*
- *Et la mer, d'où vient-elle ?*
- *Des rivières.*
- *Et les rivières ?*
- *Des montagnes, de la neige et de la glace.*
- *D'où viennent les montagnes ?*
- *Il y avait des géants qui poussaient les galets et ça a fait les montagnes. J'ai vu ça dans un dessin animé."*

Pour tenter de faire évoluer les représentations artificialistes exprimées, la maîtresse essaie de faire élucider la différence entre "naturel" et construit", avec un succès mitigé !

- *"Qu'est-ce qui est naturel ?*
- *Les maisons sont faites par l'homme.*
- *Mais alors, qu'est-ce que l'homme a fait ?*
- *Maisons, camions, barrières, fils de fer, ponts. Ils ont planté les arbres."*

un détour théorique : le cycle de l'eau

La compréhension d'une situation concrète (l'origine des galets) est rendue possible par un détour théorique : le cycle de l'eau. Ce détour, malgré les ambiguïtés notionnelles qu'il contient, permet de formuler une hypothèse qui tranche par rapport aux représentations évoquées : l'origine "amont" des galets du Paillon.

Une hypothèse complémentaire s'exprimera lors d'une sortie ultérieure.

- *"Les cailloux que vous avez ramassés se ressemblent-ils ?*
- *Non, il y a des ronds et des carrés. Des rouges, blancs, jaunes, gris, roses. Il y a des brillants. Il y en a qui ont des trous, des creux, des bosses."*
- *Où en avez-vous déjà vus ?*
- *Sur la plage de Nice."*

Cette séquence met ainsi en oeuvre deux hypothèses complémentaires, que l'on va s'efforcer sinon de vérifier, tout au moins de corroborer :

- la première : l'origine des galets doit être cherchée en amont du lieu de récolte (à cause du cycle de l'eau),
- la seconde : les galets de la plage de Nice doivent provenir du Paillon (puisque'ils sont semblables).

L'origine de ces deux hypothèses est, on l'a vu, assez différente. La première est laborieuse, pratiquement imposée par la maîtresse qui s'appuie sur les connaissances familiales des élèves et leurs réminiscences scolaires (le cycle de l'eau) pour provoquer un **détour** par rapport aux représentations artificialistes. La seconde est, au contraire, presque **trop naturelle** puisqu'elle s'appuie sur la ressemblance et sur le sens du courant, une fois le premier point admis.

Il n'y a d'ailleurs pas de vérification véritable de la validité de ces hypothèses - ce qui serait sans doute hors de portée de ces élèves de CE1 -, mais plutôt des **indices** qui conduisent à les étayer, de manière plus ou moins probante, mais probable.

pas de "preuves" expérimentales

A l'issue de ces sorties sur le terrain, on n'aboutit donc pas à des "preuves expérimentales" au sens fort du mot, mais cela ne paraît pas gênant dans la mesure où les enfants en sont tout à fait conscients.

- *"Mais avons-nous vu une pierre se déplacer pendant le temps qu'on était à l'Escarène ?*
- *Non, il faut qu'il y ait beaucoup d'eau, du courant pour emporter les pierres". (...)*
- *Toutes les pierres se cognent, roulent et ainsi elles roulent".*

Quelle est la nature de ces indices ? Les élèves ont vu des blocs anguleux et le courant est rapide. L'aspect anguleux évoque la cassure ; la rapidité du courant évoque le transport et l'usure. Quant à l'altitude, le mot "montagne" évoque immédiatement le gel.

mais des indices

- *"Entre les blocs vient de l'eau qui gèle. Elle grossit, prend plus de place. La glace pousse les pierres qui éclatent et tombent ; puis la pluie les emmène au Paillon.*
- *Comment sont ces pierres par rapport à celles du Paillon ?*
- *Les pierres sont pleines de pointes ; celles de la rivière sont arrondies.*
- *Donc, d'où viennent les galets du Paillon à Nice ?*
- *Elles viennent de la montagne.*
- *L'eau entre dans la montagne, fait éclater les pierres. Les morceaux vont dans le Paillon.*
- *Le Paillon les roule, les use. Le courant les emporte.*
- *Quand ?*
- *Quand il y a de la pente.*
- *Quand il y a beaucoup d'eau, qu'il pleut ou qu'il neige, il y a alors des inondations et les pierres sont emportées. Les pierres voyagent, mais lentement".*

Les élèves, sur place, ont idée que la diversité des roches en place peut expliquer la diversité des galets rencontrés.

- Où va le Paillon ?
- Il va à la mer.
- Toutes les rivières vont à la mer.
- Elles apportent des galets.
- C'est pourquoi les plages de Nice ont des galets.
- Les pierres du Paillon sont-elles toutes les mêmes ?
- Non, il y en a des rouges, des jaunes, des blanches, des grises, des lisses, des rugueuses ; il y en a qui brillent.
- Pourquoi ne sont-elles pas toutes pareilles ?
- Elles ne viennent pas de la même montagne.
- Peut-être qu'une montagne est faite de plusieurs sortes de pierres.
- Peut-être qu'il y a des familles de pierres.

On retournera voir le Paillon à Nice depuis la passerelle et à son arrivée dans la mer. Sur la plage de Nice, à l'embouchure du Paillon, on reconnaît que les galets sont semblables à ceux du lit. Des élèves évoquent l'idée que les galets peuvent évoluer vers le sable.

• Caractérisation de la démarche

Tout au long de ce travail avec les élèves, on voit à l'oeuvre une "pensée par couples", c'est-à-dire la prégnance d'oppositions binaires entre :

pensée par
couples

l'amont	l'aval
l'avant	l'après
les blocs	les galets
le Nord	le Sud
la source	l'embouchure
étroite	large
rapide	lent

Tout cela est en jeu dans le système et s'organise autour d'un axe général spatio-temporel introduit par l'idée de cycle de l'eau.

Du coup, on voit de nouvelles représentations des élèves se substituer aux premières, ou du moins s'y ajouter et les déplacer un peu. L'artificialisme initial de certains élèves est ainsi tempéré par de nouvelles relations de cause à effet dans l'érosion et le transport. Mais ces causes restent vives et violentes : ce sont les chocs qui usent les galets, ou bien l'eau qui "entre dans les pierres et les fait éclater", les morceaux se retrouvant dans le Paillon. Quant au transport, il est vu lui aussi sur le mode excessif de l'inondation.

Il n'apparaît aucune idée d'usure lente sur place, ni d'actions à un niveau d'analyse microscopique. De telle sorte que le "catastrophisme" n'est pas loin, c'est-à-dire un type d'action "naturel", conçu sur un mode proche de celui de l'homme et du "camion qui a jeté là les pierres".

Cela fait penser qu'en dépit de l'émission d'"hypothèses" par la classe, et d'excursions pour les corroborer sur le terrain, cette séquence de classe ne s'organise pas principalement

autour de la maîtrise de méthodes scientifiques, mais plutôt autour de l'**introduction de notions géologiques** (érosion et sédimentation fluviales, en relation avec le cycle de l'eau), notions dont les exigences organisent la nature des échanges avec les élèves.

argumentaire au bénéfice d'une hypothèse privilégiée

En effet, les représentations initiales des élèves sont bien sollicitées et s'expriment oralement dès le début, mais il ne s'effectue pas de véritable travail de transformation à leur sujet. La maîtresse ne cherche pas à les "éprouver" (au sens où elle les ferait mettre "à l'épreuve"), ni en organisant des "conflits socio-cognitifs" entre élèves ayant des conceptions différentes, ni en les confrontant au réel observé. C'est sans doute pour cela d'ailleurs qu'on n'a pas affaire ici à une véritable démarche expérimentale, mais seulement à des ébauches d'hypothèses. Au lieu d'une argumentation de type "si ... alors", qui entraînerait vérification, on établit un **argumentaire** au bénéfice de l'hypothèse qui, d'emblée, est présentée comme valide, sans être pour autant affirmée dogmatiquement. Les excursions ont donc dès lors une fonction d'appropriation et d'application notionnelles, bien plus qu'un statut d'administration de la preuve.

Il serait erroné de lire ceci comme une analyse critique de l'action pédagogique de la maîtresse, puisqu'il s'agit d'un choix assumé, explicité avec les élèves, et donc tout à fait justifié. L'analyse proposée fait seulement observer que la séquence fonctionne suivant une modalité assez nettement distincte du travail précédent sur l'analyse des roches (cf. 3.2.), et permet d'identifier sur quoi porte principalement cette différence. Après quoi, chacun dispose d'éléments pour opérer ses choix didactiques personnels, étayer ses préférences, varier la construction de ses dispositifs.

3.4. La falaise crayeuse de Dieppe, au CM2

Après observation de la falaise sur le terrain, confrontation et bilan, le travail prend deux directions :

- l'étude des roches et de leur structure,
- l'étude de l'évolution morphologique de la falaise.

Ce qui marque la différence avec d'autres études de paysages où l'érosion paraît avoir peu d'influence actuelle, c'est qu'à Dieppe, les facteurs d'évolution sont très actifs. La séquence est donc plus directement centrée sur l'étude de ces agents d'érosion.

objet vécu, objet géologique

L'objectif géologique principal consiste à faire passer les élèves d'une perception de la **falaise comme objet vécu**, dangereuse, attaquée par la mer, à l'idée d'une **falaise comme objet géologique**, formée de couches de craie superposées, dérivant d'anciennes boues marines transformées, émergées, aujourd'hui attaquées par la mer et par les eaux d'infiltration, constituant ainsi une limite d'érosion évolutive.

• Description des activités

Après une visite à la falaise, le travail commence par une recherche des représentations des élèves, sous forme d'une question posée par écrit :

"Selon toi, la falaise, comment a-t-elle pu se former ?"

De nombreuses réponses font intervenir la mer.

- C'est grâce à la mer.
- La mer a empilé, amassé, poussé ... des galets.
- C'est une montagne que la mer a creusée.

mais fréquemment aussi l'homme :

- Elle a été construite avec des pierres et du calcaire.
- Les gens l'ont fabriquée avec des cailloux et ils ont mis de l'herbe dessus.
- Elle s'est formée avec de la craie et du calcaire, et d'énormes grues.
- Les hommes l'ont mis là pour s'abriter du vent.
- Ce sont les Allemands qui l'ont faite, la preuve il y a encore des blockhaus. (!)

Il faut signaler que pour certains enfants habitant les "hauts" de la ville, c'était la première fois qu'ils venaient jusqu'au bord de la mer. On leur demande, sur place, de **dessiner la falaise**, sans donner de consigne précise. Seul commentaire : ne dessiner que ce qui intéresse la falaise, en éliminant les maisons, les barques, etc.

dessine une falaise !

De retour en classe, toutes les productions sont exposées et les élèves sont invités à rechercher "celles qui représentent le mieux la falaise", en disant pourquoi. Accord quasi-unanime pour dire qu'aucun dessin "ne représente bien", qu'il y a des choses à prendre sur tous. On analyse alors les éléments qui doivent nécessairement figurer, et il en ressort :

- l'empilement des couches de craie,
- l'alignement des lits de silex,
- la "terre" (argile à silex) et ses "dégoulinures" le long de la falaise,
- la présence d'éboulis au pied.

Après une seconde visite et un nouveau dessin, on complète les observations en classe à l'aide d'une diapositive. En recensant et reprenant les remarques des élèves, on voit se dégager trois problèmes géologiques, constituant des directions de travail possibles :

1. D'où vient la craie ? Comment a-t-elle pu se former ? Comment peut-il y avoir des fossiles dedans ? (la maîtresse avait ramassé quelques Oursins et aussi des échantillons de craie avec traces de fossiles - Inocérames -) ;
2. D'où vient la terre qu'il y a dessus ?
3. Comment se font les éboulements, et pourquoi y en a-t-il tant ?

La maîtresse propose "d'essayer de faire une petite falaise", et les enfants ... plus intéressés que par le dessin précédent,

proposent de "faire de la poussière de craie", de la mettre dans un récipient et de "voir si ça va durcir". D'autres suggèrent d'ajouter de l'eau et "faire de la bouillasse". Certains précisent qu'il faudra faire cette bouillasse "avec de l'eau de mer".

Au bout d'une dizaine de jours, le dépôt crayeux est devenu consistant, et parfois même très fendillé. Les enfants font facilement le rapprochement avec la falaise, mais plusieurs problèmes les intriguent :

- Comment la mer a-t-elle pu se retirer de la "bouillasse" (qui finalement a été appelée sédiment) ?
- Comment a-t-elle pu monter si haut, jusqu'au sommet de la falaise ?

Et encore :

- Pour avoir trois petites couches de craie dans notre récipient, il a déjà fallu beaucoup de temps, alors ... ?

Certains suggèrent que les falaises doivent être anciennes, que leur formation remonte peut-être même ... jusqu'au Moyen Age !

Une petite fille explique que dimanche, elle est allée voir la maison de son oncle en construction, maison située à une trentaine de kilomètres de Dieppe, et qu'elle a vu le trou creusé pour son implantation : "C'est tout de la craie comme celle de la falaise !". Rires ..., mais elle en a rapporté un morceau, et c'est bien de la craie. Certains remarquent qu'"ils ont apporté la craie pour construire la maison", mais elle affirme que la maison, elle, est "en ciment". "Il est impossible que la mer soit allée aussi loin ...".

• Caractérisation de la démarche

Il apparaît au travers des déclarations et remarques des élèves, que leur compréhension géologique de la falaise et de sa genèse, se heurte à des **obstacles**, qui sont ici au coeur de l'apprentissage à réussir.

d'importants
obstacles

Ces obstacles peuvent être caractérisés de la manière suivante :

a) **La falaise n'est qu'une façade** en deux dimensions, comme un décor qui viendrait masquer la terre et les cailloux se trouvant derrière. C'est bien pourquoi la petite fille ne parvenait pas à imaginer que la maison de son oncle, à 30 km de la mer, puisse être construite sur la craie.

Cet obstacle semble combiner une **origine géométrique** (difficulté à concevoir une couche en trois dimensions, dont la falaise n'est qu'une limite d'érosion) et une **persistance artificialiste** (manifeste à travers l'explication proposée d'une construction de la falaise par les Allemands pendant la guerre).

b) **L'âge de la falaise et celui de la craie sont mal distingués.** Cela se voit à travers les remarques relatives à la façon dont la mer a pu quitter "la bouillasse", à l'impossibilité que la mer soit montée jusqu'au sommet de la falaise, etc.

C'est l'ordre de succession des phénomènes qui fait problème, la montée du niveau de la mer - (trop) facilement admise - étant conçue comme postérieure à la sédimentation, et expliquant la présence de **fossiles à la surface de la roche**, mais pas en son sein.

Et s'il s'agit d'un obstacle intellectuel à franchir, cela signifie qu'il ne suffira certainement pas d'une explication d'adulte - même lumineuse - pour y parvenir. La difficulté se démultiplie ici, puisqu'il s'agit d'une falaise maritime, où se conjuguent le rôle ancien (sédimentation) et le rôle actuel (érosion) de la mer.

c) **Le temps est facilement considéré comme une variable causale**, au même titre que la température ou la pression, et non comme une des modalités d'action des variables. C'est probablement ainsi qu'il faut interpréter la remarque relative au "Moyen Age".

"à force du temps"

Dans d'autres séquences de classes analogues, on voit des élèves expliquer la présence des fossiles à l'intérieur des roches par leur imprégnation progressive "*à force du temps*", imprégnation que l'on peut tenter d'accélérer puisqu'on n'a pas, nous, la possibilité d'attendre si longtemps, en appuyant dessus avec une planche ou un bâton pour que ça pénètre. Mais la pensée de Voltaire n'en était-elle pas assez voisine lorsqu'il interprétait la présence de coquillages dans les montagnes ... par les restes de repas pris par les pèlerins se rendant à Compostelle ?

4. CONCLUSION

En proposant ainsi une diversification des modes d'intervention didactique, et la construction d'alternatives selon les priorités qui sont mises en fonction du moment de l'apprentissage, nous souhaitons éviter, nous l'avons dit une certaine réification d'un modèle constructiviste auquel beaucoup se réfèrent sans contenu toujours précis.

états,
transformations,
outils, éclairages

Il est probable que si toutes ces situations didactiques peuvent conduire à accroître - d'une manière ou d'une autre - les savoirs scientifiques disponibles pour les élèves, la nature de ces savoirs en jeu se révèle assez variée, et fournit une palette disponible à l'intervention didactique. On pourrait dire par exemple que si les séquences commandées par l'acquisition de connaissances mettent l'accent sur des **états cognitifs**, celles qui s'organisent autour d'un obstacle à franchir, accordent une importance plus grande aux **transformations cognitives** des élèves. Les séquences orientées par la maîtrise d'une méthode proposent, elles, plutôt des **outils cognitifs** qui auront à être établis et réinvestis. Quant à celles qui exploitent une situation privilégiée, on pourrait plutôt parler à leur propos d'**éclairages cognitifs**.

En réalité, un assez grand nombre de paramètres, hétérogènes entre eux, peuvent être mis au service d'un enseignement de type constructiviste, et la gestion de ces paramètres laisse apparaître une large gamme d'alternatives, selon la façon dont on les hiérarchise. J'en citerai rapidement quelques uns en conclusion :

- la prise en compte de représentations initialement exprimées, et que l'on se propose de modifier,
- l'appui sur des situations d'action, pour faciliter le passage à la conceptualisation,
- la proposition d'un processus d'abstraction empirique, afin que la conceptualisation corresponde à la construction d'un invariant au-delà de la diversité,
- l'introduction de contraintes graphiques, de codages iconiques, à travers lesquels les élèves doivent retraduire des résultats empiriques,
- le silence (relatif) que s'impose l'enseignant pour favoriser des interventions plus individualisées du type reprise, reformulation, demande d'explicitation de ce que dit un élève, mise en relation ou prolongement d'interventions,
- le respect de durées didactiques, telles que les introductions notionnelles (y compris magistrales) puissent prendre appui sur un fonds expérientiel commun à la classe, et jouent sur la rupture entre modes d'activités didactiques.

Ces divers éléments sont présents à des degrés divers dans les situations qu'a évoquées cet article ; et ils s'y hiérarchisent selon des modalités variables qu'il resterait à analyser avec précision.

Jean-Pierre ASTOLFI
Équipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP

LA BANDE DESSINÉE PEUT-ELLE ÊTRE UN OUTIL DE PRÉVENTION DU SIDA ?

Yves Girault

De nombreuses associations de lutte contre le Sida ont réalisé des bandes dessinées dans le cadre de leurs campagnes de prévention auprès des jeunes. Après avoir fixé les objectifs de la prévention Sida, nous effectuons une analyse descriptive des albums scientifiques, et nous tentons de cerner les caractéristiques dominantes des albums de prévention. Des évaluations nous permettent d'entrevoir l'impact cognitif au niveau des lecteurs. Pour conclure, nous proposons tout d'abord une méthodologie pour permettre de créer des albums de prévention de qualité et efficaces, et enfin, des activités pour rendre l'utilisation de ceux-ci pertinente.

1. OBJECTIFS DE LA PRÉVENTION SIDA

Le Sida est une maladie mortelle, que l'on ne peut pas soigner actuellement, transmissible, mais **non contagieuse** (1). Tant qu'il n'existe aucun traitement étiologique, ni aucun vaccin contre le Sida (2) la prévention est donc absolument vitale.

le SIDA est une maladie mortelle, sa prévention est donc vitale

Prévenir signifie **informer** et mettre par avance les personnes dans une disposition d'esprit favorable ou non à l'égard de quelqu'un ou de quelque chose, **dans le but de modifier des attitudes et des comportements**. Pour le Sida qu'en est-il ? La prévention consiste tout d'abord à informer la population des différents modes de transmission du virus du Sida (sang, sécrétions vaginales, sperme) et des risques encourus en cas de contamination, afin d'inciter les personnes à modifier les comportements pouvant favoriser le développement de la maladie. Ainsi une responsable de l'association AIDES nous a déclaré que *"le port du préservatif, à lui seul, représentait déjà le changement le plus important de comportement et que les associations devaient se limiter à cet objectif précis"*. D'autre part, le docteur

pour inciter à des modifications d'attitudes et de comportements

- (1) On parle de maladie contagieuse lors de la transmission d'une maladie d'une personne à une autre, soit par contact direct, soit par l'intermédiaire d'un objet. In MANUELA A; MANUELA L; NICOLE M; LAMBERT H. *Dictionnaire français de médecine et de biologie*, Paris, Ed. Masson, Tome 4, 1981.
- (2) Nous ne saurions minimiser les efforts considérables déployés par de très nombreuses équipes de recherche qui tentent de trouver le moyen de guérir cette maladie.

une information pour évaluer ses propres risques,

et endiguer des comportements excessifs d'une foule mal informée

peu de jeunes sont actuellement touchés par la maladie

W. Rozenbaum (3) pense que les gens doivent être informés pour évaluer eux-mêmes leurs propres risques, ce qui peut bouleverser les rapports amoureux. Il complète en citant l'exemple d'un couple ayant le Sida : "Leur amour n'en a pas été affecté, seul leur mode de sexualité a parfois changé, le fantasme y prend une part plus importante et cela leur permet de continuer à vivre et à faire l'amour autrement".

Mais la prévention du Sida ne saurait se cantonner à promouvoir la vente et l'utilisation de condoms, ou le non-échange de seringues souillées. Celle-ci doit également endiguer les comportements d'une foule mal informée, parfois manipulée, atteinte de ce que l'on appelait il y a quelques mois "le Sida mental". Il s'agit en fait de bien-pensants qui s'arrogent le droit de dénigrer, de rejeter une partie de la population érigée en boucs émissaires. L'Association Jeunes Contre le Sida (A.J.C.S.) privilégie à cet effet, notamment auprès des jeunes, la divulgation d'un "bruit de prévention" sur les modes de transmission du virus et la dénonciation des idées fausses sur le Sida, en vue de l'insertion ou de la réinsertion sociale des séro-positifs.

1.1. Le public cible de la prévention : les jeunes

Pourquoi vouloir focaliser la prévention sur les jeunes puisqu'au plan épidémiologique, nous constatons qu'ils ne sont pas actuellement les plus concernés ? En 1988, 0,7% des cas de Sida répertoriés appartenait à la population des 15-19 ans alors que 35,8% des malades du Sida étaient âgés de 30 à 39 ans (4). En fait, on peut craindre une évolution importante de ce pourcentage chez les jeunes qui reviennent d'un épanouissement amoureux et sexuel (5). Ainsi les résultats de nombreuses études démontrent que les jeunes deviennent actifs sexuellement à un âge de plus en plus précoce (6).

-
- (3) ROZENBAUM W., SEUX D., KOUCHER A. (1984). *SIDA, réalités et fantasmes*, éd. P.O.L.
- (4) *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* (1988). Numéro spécial, "Le Sida et l'infection par le V.I.H.", p. 85.
- (5) L'enquête pan-canadienne de Reginald BIBBY et Donald POSTENSKI est en ce sens éloquent. *La nouvelle génération*. Fides. 1986.
- (6) SORENSEN R. (1973). "Adolescent sexuality" in *Contemporary America*, New-York : World Publishing. NEEDLE R.H. (1977) "Factors affecting contraceptive practices of high school and college age-students". *Journal of School health*, 47, 340-345. ZELNICH M., SHAH F.K. (1983). *First intercourse among young american*. Family Planning perspective. 15, 2, 64-70. GUILBERT E (1985) "La contraception". *Le médecin du Québec*, juin, 27-32. LEGARÉ G., BÉRUBÉ J. (1985) "la contraception des adolexcents : information et prévention". *L'actualité médicale*, juillet, 18-19. DESJARDINS M.F., LANGLOIS S., LEMOYNE Y. (1986) "Enquête épidémiologique sur la sexualité d'adolescents fréquentant un cégep". *Union Médicale du Canada*, 115, 668-671.

mais les relations sexuelles des jeunes sont de plus en plus précoces,

et leur sexualité labile tend à les exposer davantage au risque du SIDA

Deux enquêtes canadiennes récentes (7) montrent que l'âge des premières relations sexuelles se situe vers 14-15-ans. Aux Etats-Unis par exemple le pourcentage de filles de 15 à 19 ans, actives sexuellement, est passé de 2% en 1950 (8) à 30% en 1971, et à 50% en 1979 (9). Chez les garçons 70% d'entre eux ont déjà eu des relations sexuelles entre 17 et 21 ans (10). On peut ainsi considérer aujourd'hui qu'au terme des études collégiales 35% des adolescents ont eu des relations sexuelles complètes. D'autre part, même si la grande majorité des adolescents ne peuvent concevoir de partager une relation sexuelle qu'avec un partenaire avec lequel ils entretiennent une relation amoureuse, ils rejettent tous l'idée selon laquelle les relations sexuelles des jeunes ne peuvent se concevoir que dans le mariage (11). De fait la sexualité des jeunes, souvent labile, tend à les exposer de façon privilégiée à la contamination du virus du Sida, ce qui nécessite un effort pour les amener à adopter les moyens préventifs.

1.2. Les outils de la prévention

de nombreux médias sont utilisés dans le cadre de la prévention

Face au Sida que les biologistes cernent de mieux en mieux, des responsables de santé publique, des médecins, des militants de diverses associations, des éducateurs recommandent l'adoption d'un mode de vie prophylactique (usage de préservatifs en cas de relations sexuelles non exclusivement monogames, non-échange de seringues usagées). Mais ces changements de comportements sont aussi simples à définir qu'ils sont difficiles à appliquer, car les comportements sexuels et toxicomaniaques ont des bases physiologiques et des composantes sociales fortement ancrées (Fineberg, 1988). De nombreuses campagnes d'informations ont été et sont organisées pour diffuser ces consignes de sécurité à l'égard des comportements à risques. Brochures, spots TV, campagnes multi-médias, affiches, conférences, livres et BD (bandes dessinées) sont autant d'outils utilisés pour sensibiliser le plus grand nombre. Pourquoi utiliser la BD dans le cadre de la prévention du Sida ? De nombreux exemples

-
- (7) KING A. et al. (1989). *Etude canadienne sur les jeunes et le Sida*. Kingston, Ontario : Social Program Evaluation group, Queen's University. LÉVY J. DUPRAS A. (1989) "Les comportements sexuels et contraceptifs au Québec : aspects contemporains". Dans : A DUPRAS (Ed); *La sexologie au Québec*, Longueuil : Iris, pp 1299-164.
- (8) KINSEY A.C. et al (1953) *Sexual Behavior of the Human Female*. Philadelphia : Saunders.
- (9) ZELNICH M., KANTNER J.F. (1980). *Sexual activity contraceptive use and pregnancy among metropolitan area teenagers, 1971-1979*. Family planning Perspective, 12, 230-238.
- (10) ibidem.
- (11) CLAES M. (1988). "L'éducation sexuelle auprès des adolescents : état d'urgence" (éditorial). *Apprentissage et socialisation*, vol. 11, no 1, pp. 3-4.

parmi ceux-ci, de par son impact auprès des jeunes, la BD joue un rôle particulier

existent d'ores et déjà pour la prévention sanitaire (maladies cardio-vasculaires, maladies sexuellement transmissibles, diabète, drogue, tabac, alcoolisme, etc...). Nous avons en 1987 (12) effectué une enquête auprès de plusieurs auteurs et éditeurs de BD scientifiques sur leurs motivations pour le choix de ce média. Trois idées importantes étaient souvent citées :

- l'impact est important auprès des jeunes,
- les dessins peuvent faire passer des notions difficiles,
- la BD peut permettre la sensibilisation à...

Ainsi, pour Goyallon, il s'agit d'abord *"de partager un savoir parfois austère d'une manière captivante..."* D'autres auteurs insistent sur le rôle important que peut jouer l'humour. Pour Moloch, *"l'humour est tout puissant et peut faire passer un message rébarbatif."* Puig Rosado rajoute : *"la B.D. peut permettre d'apprendre par l'humour."*

Compte tenu de l'ensemble de ces remarques, nous allons tenter d'évaluer la pertinence de l'utilisation du média BD dans la prévention du Sida en fonction de trois objectifs :

- augmenter le niveau de connaissance des jeunes à l'égard des moyens de prévention du Sida ;
- identifier des comportements à risques en regard de la transmission du Sida ;
- Développer une attitude empathique envers les personnes atteintes du Sida.

mais seule une réelle évaluation peut nous permettre d'en mesurer l'influence dans la prévention du SIDA

Cependant nous ne pouvons nous limiter à ces aspects et d'autres interrogations méritent d'être posées. Quels sont les impacts que peut avoir une BD Sida et quelles sont les limites de son utilisation (lisibilité, compréhension, modification de comportement) ? Quelles sont les représentations de la maladie Sida suscitées par les BD existantes ? Quelle est la part de morale, de dramatisation ? Cherche-t-on à **responsabiliser** le lecteur ou à le **culpabiliser** ?

Pour répondre à ces interrogations, nous avons effectué l'étude de dix-sept albums de prévention Sida originaires de France, des Etats-Unis, de Suisse et du Zaïre... Pour en faciliter l'analyse, nous les avons regroupés en deux classes suivant leurs caractéristiques dominantes (certains des albums pourraient appartenir aux deux classes) :

il existe des BD à dominante scientifique,

- 1- les BD à dominante scientifique (il s'agit d'albums qui traitent principalement des mécanismes immunologiques liés à la maladie SIDA) ;
- 2- les BD axées principalement sur la prévention (il s'agit en fait de promouvoir un mode de vie compatible avec la prophylaxie de la maladie en proposant notamment aux lecteurs de pratiquer le "safer-sex" c'est-à-dire une sexualité protégée par un préservatif et en conseillant aux toxicomanes de ne pas échanger leurs seringues).

et des albums axés principalement sur la prévention

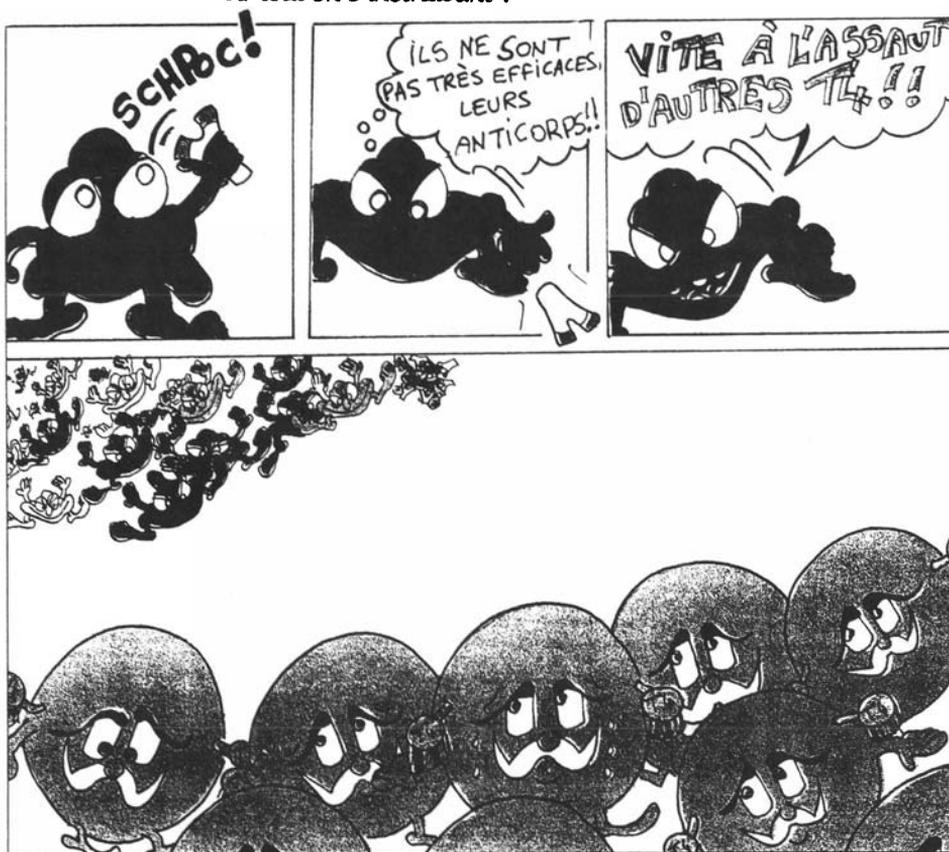
(12) GIRAULT Y. (1989) *Contribution à l'étude de la bande dessinée comme outil de vulgarisation scientifique*. Thèse de doctorat de l'Université Paris VII. 300 pages.

2. ÉTUDE DESCRIPTIVE DES ALBUMS À DOMINANTES SCIENTIFIQUES

Nous n'avons trouvé, dans la liste des albums étudiés, que deux albums qui peuvent rentrer dans cette catégorie. Nous allons donc en effectuer l'analyse successivement.

2.1. "Quelque - part le V.I.H."

Il s'agit sans nul doute de l'exemple le plus caractéristique. L'auteur, M. Maniez Montreuil, chef du laboratoire d'immunologie des maladies virales au centre de transfusion sanguine de Lille, a souhaité présenter de façon amusante, simple et exacte les aventures du "méchant virus" V.I.H. Le professeur Montagnier conclut la préface de cet album en disant : "Puisse les amateurs de BD y trouver bien du plaisir tout en s'instruisant".



Mais le virus VIH est un virus qui **mute** (se modifie) facilement et les anticorps peu neutralisants ne peuvent empêcher la fixation du virus sur le lymphocyte T4.

Pierre Ficheux, Michèle Maniez-Montreuil - *Quelque part le V. I. H.* Lille : Association Airpes, 1988.

un album scientifique qui ne répond pas aux caractéristiques de la BD

on y trouve des propos anthropomorphiques,

mais le concept central de l'immunologie n'y apparaît pas clairement

De quoi s'agit-il exactement ? L'auteur propose en fait une description relativement complète des mécanismes en jeu dans l'immunologie. Il faut peut-être préciser à ce sujet que les premiers ouvrages de synthèse rédigés ou traduits en français, qui s'adressent à un public de spécialistes, ne datent que des années 1975 environ. En effet, l'immunologie, branche de la physiologie, a pris un développement fabuleux depuis 40 ans, en partie grâce à l'essor de la biologie moléculaire. De plus, la compréhension des principes de l'immunologie est difficile tant par la diversité des mots utilisés, que par les concepts qu'ils sous-tendent. Pour parvenir à ses fins, l'auteur en fait utilise principalement la forme littéraire "classique" pour présenter les faits scientifiques, soit en bas de page, soit même en pleine page en prêtant la voix à une caricature du célèbre Professeur Montagnier. On peut donc déjà considérer que la présentation de cet album ne correspond pas à celle d'une BD qui est définie par Coulton Waugh comme "un récit narratif donné sous forme de séquences en images avec une distribution continue des personnages typés. Le texte et les dialogues étant normalement inclus dans la case". L'auteur utilise donc dans cet album le dessin "style BD" pour illustrer son propos. On découvre ainsi toute la séquence d'une réaction immunitaire : Antigène => Réactions de l'organisme par différentes cellules - lymphocytes B, lymphocytes T, lymphocytes cytotoxiques, lymphocytes suppresseurs, et macrophages. Puis les plasmocytes secrètent des anticorps spécifiques. Le tout est largement teinté d'anthropomorphisme voire même de finalisme. Ainsi à la page 9 le méchant virus (du Sida) qui s'ennuie en Afrique, décide de voyager et d'aller aux Etats-Unis. A la page 12 un échantillon de prélèvement sanguin infecté est jeté en enfer (dans un incinérateur). Que dire également des affres des lymphocytes T4 qui perçoivent l'imminence d'une attaque des virus H.I.V. ? Par contre, le concept central de l'immunologie, c'est-à-dire la reconnaissance spécifique dont les lymphocytes sont le support et qui les rendent capables de distinguer le soi du non-soi, n'apparaît pas clairement dans cet ouvrage (13).

Comme dans de nombreux albums de BD scientifiques, le scénario n'a que peu d'intérêt et il sert tout juste d'alibi pour diffuser une information très riche. Nous avons cependant déjà démontré que l'imaginaire et la fiction traduits

- (13) On peut se reporter à l'article de Claude VILAIN et André GIORDAN pour envisager l'approche de concepts intégrateurs en immunologie dans les *Actes des neuvièmes journées internationales sur l'éducation scientifique* (Chamonix, 1987). Pour une discussion sur les fondements expérimentaux et épistémologiques cf. A.M. MOULIN *Histoire du système immunitaire : immunologie et médecine* (1880-1984). Thèse de doctorat d'état de philosophie, Université de Lyon 3.2r. 1986. Pour une réflexion sur une approche didactique, CALANDE G., DE BUEGER-VAN DER BORGH T et al.(1990) *Plaisirs des Sciences, didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage. L'immunologie : un prétexte*, Bruxelles, De Boeck.

pourtant la
parabole
scientifique

peut nous faire
passer d'une
représentation
explicative du
discours
scientifique à une
figuration
narrative

notamment dans les dessins de la **parabole scientifique** justifiaient pleinement le choix de la BD pour la vulgarisation scientifique (Girault 1990) (14). Il existe d'ores et déjà un excellent exemple de B.D. qui présente la science à l'aide de fictions. Il s'agit de l'album : "*Les deux du balcon*" (15) dans lequel, l'auteur, Masse, nous raconte dix paraboles. Ces récits narratifs, à contenu allégorique, mettent en oeuvre des éléments concrets de manière cohérente. Chacun de ces éléments correspond métaphoriquement à un contenu de nature différente et en général très abstrait (physique quantique, super fluidité, néoténie...). Ainsi, Masse, en utilisant le principe de la parabole, nous fait passer d'une représentation explicative du discours scientifique, à une figuration narrative, qui, par son approche artistique notamment, nous déstabilise. Le spécialiste apprécie l'originalité des présentations, et à aucun moment il ne peut se sentir trahi car ce n'est qu'une fiction. Le néophyte intéressé comprendra par les présentations allégoriques la nature même des travaux présentés. Dans le même esprit, J.C. Forest (créateur de Barbarella) a déjà réalisé pour la revue *La Recherche* une bande de neuf vignettes qui traduit les relations entre les acteurs d'une réaction immunologique. En fait l'auteur avait choisi d'évoquer un climat, une ambiance qui traduit l'ambiguïté de la situation : comment reconnaître avec certitude les cellules malignes, plus dangereuses bien que tout à fait semblables à des cellules saines ? (16)

Considérant l'ensemble de ces critiques et les objectifs fixés par l'auteur de cet album de toucher un large public d'amateurs de BD pour qu'il s'instruise, nous devons conclure qu'il ne s'agit pas d'un bon exemple de vulgarisation scientifique sur le Sida. Cependant on peut souligner à l'instar de Gallisson (17) que cette tentative de divulgation peut contribuer "*à opérer une lente familiarisation avec une partie des concepts et des images scientifiques contemporaines.*"

2.2. Le dernier des tabous : les M.S.T.

un deuxième
album
scientifique est
basé sur
l'humour...

Moloch et Lachiver ont réalisé pour leur part un album tout à fait intéressant qui fait charnière entre les albums scientifiques et ceux de prévention. Les auteurs, comme le souligne W. Rozenbaum dans sa préface, "*nous entraînent sur cette route sur leur chariot d'humour, pour nous montrer tous les détours, les pièges et les impasses*". Moloch, scénariste et

(14) GIRAULT Y. "Science imaginaire et bande dessinée", in.A GIORDAN, J.L. MARTINAND, C.SOUCHON, *Actes des douzièmes journées internationales sur l'éducation scientifique*. éd. Chamonix 1990.

(15) MASSE, *Les deux du balcon*, Paris, Casterman.

(16) Pour une analyse plus détaillée, voir JACOBI D. (1990). "Quelques tendances ou effets de figurabilités dans la divulgation des théories immunologiques", *Aster*, 10.

(17) GALLISSON R. (1978) *Recherche de lexicologie descriptive : la banalisation lexicale ; contribution aux recherches sur les langues techniques*, Paris : Nathan.

qui n'est pas
partagé par tous

une information
scientifique
parfois trop
dense

dessinateur de bandes dessinées, pousse en effet ici l'humour jusqu'à la caricature, méthode qu'il juge particulièrement efficace pour faire passer les "messages". Cet humour, non partagé par tous les lecteurs a eu pour principale conséquence, suite aux nombreuses plaintes de parents ulcérés et du clergé, la mise au pilon de 30 000 exemplaires de la BD achetés par le ministère de la Santé. Mgr Jacques Jullien, archevêque de Rennes, président de la commission familiale de l'épiscopat, prenait position sur cet album (18) : *"Cet album, chef d'oeuvre d'information déformante, se propose d'informer sur les M.S.T. et même d'éduquer. Or la vulgarité des dessins frise la provocation et dessert le texte. Rien n'y manque, pas même le couplet anti-religieux"*.

Cet album qui ne répond pas aux critères de la BD fixés par Coulton Waugh, présente de nombreuses informations tant sur la maladie Sida (bref historique, la contamination, le sujet séro-positif, les maladies liées à l'infection du virus V.I.H.) que sur la prévention de l'infection. Hormis la qualité de l'information scientifique (parfois trop dense), il nous semble que le principal intérêt de cet album est de dédramatiser, de traiter le sujet avec beaucoup d'humour, en se moquant de tout le monde, et non uniquement du clergé, un peu à la mode de Coluche, ce qui évite tout jugement moralisateur. Il est de ce fait évident que cet album peut cristalliser des critiques sévères à son égard car, comme nous le développerons ultérieurement, des facteurs cognitifs et des facteurs moraux interagissent fortement dans le cadre de la prévention de la maladie SIDA.

3. ANALYSE DES ALBUMS AXÉS SUR LA PRÉVENTION

Etant donné le nombre important d'albums (dans notre échantillon) qui traitent de prévention, il nous est impossible d'effectuer l'analyse descriptive de chacun d'entre eux.. Nous avons donc cherché à mettre en évidence quelques caractéristiques communes. Ainsi, après avoir précisé les limites de la prévention du SIDA par la B.D., nous étudierons différentes conceptions de la prévention qui s'opposent, et enfin nous envisagerons l'étude des représentations de la maladie SIDA qui sont sous-jacentes dans les albums étudiés.

3.1. Les limites de la prévention SIDA

Aborder par la B.D., c'est-à-dire à l'aide de dessins, la prévention de la maladie SIDA, sujet qui touche à plusieurs tabous tels la drogue, le sang, la mort et la sexualité, n'est

(18) Article publié dans le journal *La Croix* du 21 février 1987 sous le titre : "Sida Information Déformation".

comment enseigner positivement la sexualité tout en mettant les jeunes en garde contre ses dangers ?

il faut prendre en compte les attentes des publics lecteurs.

pas simple. Comment parler de SIDA sans évoquer y compris par le dessin (dans la BD) les modes de contamination de la maladie, à savoir diverses pratiques sexuelles et toxicomaniaques. Ces aspects nous touchent au plus profond de notre culture tant philosophique que religieuse. Comme nous l'avons déjà vu, des groupes de personnes se sont déjà mobilisés contre la diffusion de BD jugées choquantes, provocatrices. Ainsi Mgr Jean Vilnet, président de la conférence épiscopale française précisait dans un communiqué de presse à propos des campagnes d'information sur le Sida (19) : *"Se défendre du Sida est un bien. C'est une nécessité sociale, familiale et personnelle. Mais cela ne peut se faire en fermant les yeux sur les aspects moraux et spirituels de la situation et en se cantonnant à la prophylaxie. Encourager des rencontres sexuelles prétendues libres, dans lesquelles ceux qui désirent signifient en même temps, par la protection de préservatifs, qu'ils sont porteurs ou menacés de mort, cela n'est pas un chemin ouvert à la vie, à l'amour, à l'avenir : c'est un mal"*. Si, comme le souligne Michel Dorais (20) *"l'autoritarisme moral, et le dogmatisme religieux n'ont pas leur place dans un monde tolérant"*, nous ne devons pas non plus laisser de côté le dilemme entre liberté et asservissement qui a été l'un des grands oublis de la révolution sexuelle. Ainsi, comment les adultes ayant vécu la sexualité hédoniste des années 70 vont-ils pouvoir enseigner à leurs enfants positivement la sexualité, tout en les mettant en garde contre ses dangers ? D'autre part, peut-on espérer arriver à inculquer aux jeunes le sens du respect d'eux-mêmes et d'autrui, le goût de la tendresse, et la conscience que le droit à la sexualité implique de fait la responsabilité face aux partenaires ? Ces différents questionnements nous portent à émettre comme hypothèse qu'il ne peut exister une bonne BD de prévention quasi universelle, mais qu'il peut exister des productions efficaces pour un public particulier.

Les didacticiens ont en effet montré depuis plusieurs années, que pour créer un outil didactique il fallait auparavant connaître les conceptions, les interrogations des publics auxquels celui-ci s'adresse. Ainsi, pour la réalisation d'un album B.D. sur le Sida, il n'appartient ni aux médecins, ni aux éducateurs, ni aux adultes "branchés ou ringards" d'effectuer des choix, seule la demande des jeunes devrait être prise en compte. Comme le souligne Ph. Lehmann (21) *"la diversité des mouvances et des options individuelles atteste de l'acceptabilité sociale des différences. C'est dans ce dialogue difficile entre tradition et liberté, entre famille et liberté, entre normalité et droit à la différence, que*

(19) Extrait du communiqué du conseil permanent, *"A propos de campagnes d'information sur le Sida"*, 10 février 1987.

(20) DORAIS M.,(1988) "Présager aujourd'hui les amours de demain". *Apprentissage et socialisation*, vol.11, 1, 5-9.

(21) Ph. LEHMANN et al. (1988). "Efficacité des campagnes de prévention du Sida en Suisse. Changements d'attitudes et de comportements" in MED et HYGGE., 46-1478-1482.

et de ce fait la
BD Sida doit être
ciblée

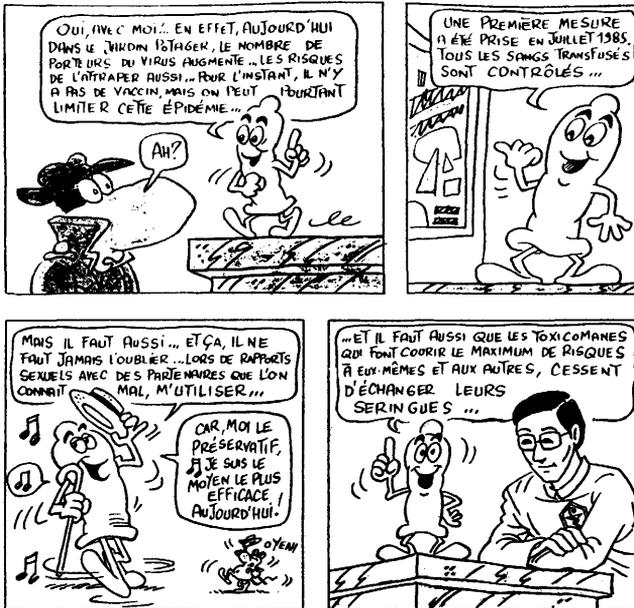
vient subitement s'introduire le risque du Sida." Ceci nous porte à croire que la BD de prévention doit être ciblée (au même titre que tout autre média), ce qui a pour principales conséquence et limite que toutes les BD ne sont peut-être pas à mettre entre toutes les mains.

3.2. Des conceptions de la prévention qui s'opposent

Nous avons retenu deux exemples typiques qui ont une approche commune, qui consiste à considérer la vulgarisation plus comme une narration qu'une information (22).

Tout d'abord, l'album *The Works, Drugs, Sex and Aids*, réalisé pour les membres du ghetto homosexuel de San Francisco, propose des scénarios et du vocabulaire qui colent à la réalité du milieu et, sur la couverture, les auteurs spécifient "pour adulte seulement".

Dans l'album *Pas de sida pour Miss Poireau* l'intrigue se déroule dans un potager. Monsieur Poireau qui a perdu sa fille, engage un détective privé pour la retrouver. Celui-ci décide de rendre visite à l'un de ses indices qui lui apprend que Miss Poireau va participer le soir même à une "macédoine de légumes" qui va réunir toutes les plus belles filles du quartier. Le détective s'y rend aussitôt et découvre Miss Poireau qu'il va, après lui avoir donné quelques conseils, ramener chez ses parents.



Mandryka et Moliterini. *Pas de Sida pour Miss Poireau*. Paris : Giphar - Carrefour BD.

(22) Se reporter à l'analyse de M. DE PRACONTAL (1982). *L'émetteur en vulgarisation scientifique (étude de système, Science et Vie)*. Paris, Université Paris VII.

certains albums suscitent l'identification du lecteur,

d'autres pour éviter de choquer empêchent cette même identification

Des divergences importantes sur les fondements mêmes des conceptions de la vulgarisation opposent donc ces deux tendances.

Dans un cas, les auteurs veulent susciter au maximum l'identification du lecteur au héros. Le scénario se déroule ainsi dans un milieu le plus proche possible de la réalité (loisirs, travail) avec les cadres d'appartenance au milieu (coiffure, culture rock, vêtements) (23).

A l'opposé pour éviter de choquer, pour respecter les opinions des adolescents, Mandryka et Moliterni ont volontairement empêché l'identification du lecteur au héros.

3.3. La bande dessinée, reflet des représentations de la maladie Sida

la BD, reflet de la société, transmet les valeurs dominantes existant sur le Sida

Si nous analysons de façon plus précise l'ensemble de ces publications, nous pouvons aisément percevoir diverses représentations de la maladie Sida et de son environnement. La bande dessinée qui est un produit de notre société reflète tout naturellement notre civilisation, et il n'est pas anodin d'y retrouver les deux principaux types de représentation sociale du Sida qu'ont les adultes. Ainsi, les travaux de Jodelet (24) relatés dans Moatti et al (25) sur les représentations sociales du Sida, ceux de Sontag (26) sur la signification métaphorique du Sida, les entretiens avec des sida-tiques réalisés par Kubler-Ross (27) nous permettent de dégager les deux principales conceptions : l'une de type moral et social et l'autre de type biologique.

• La représentation morale

à la conception morale, qui présente le Sida comme une punition,

Le Sida est ici considéré comme une maladie, (pour punir les auteurs de conduites dégénérées) qui représente la déchéance et qui conduit à la mort. Nous retrouvons tout à fait cette conception dans l'album de Bongo wa Bongo dans lequel nous pouvons lire en première page : "Parmi les fléaux qui dévastent le 20ème siècle, le Sida est sans nul doute la plus terrible colère de Dieu. Revanche de la bonne morale ?..." Le scénario présente les aventures amoureuses d'un chef d'entreprise qui, amené à voyager à l'étranger, va sortir dans des boîtes, va coucher avec différentes femmes, avec sa secrétaire, et va attraper la maladie Sida. Cet album qui vise la **dramatisation**, comme condition de la portée du

(23) Voir l'album *The Works, Drugs, Sex and Aids*. Voir aussi les albums *Sidonie, Isidore, Damien, Arnaud* et *Les maux d'amour*.

(24) JODELET D. (1989). "Représentations sociales : un domaine en expansion". Dans : JODELET D.(éd) : *Les représentations sociales*, P.U.F. Collection Sociologie d'aujourd'hui, 31-61.

(25) MOATTI J.P. et al (1990). "Les attitudes et comportements des Français face au Sida." *La Recherche*, 223, 888-895.

(26) SONTAG, S. (1990). *Illness as metaphor : Aids and its metaphors*. New-York : Anchor books.

(27) KUBLER-ROSS, E. (1990). *SIDA : un ultime défi à la société*. Montréal : Stanké.

correspond une prévention de type dramatique pour culpabiliser le lecteur

message de prévention, aboutit non pas à une responsabilisation du lecteur, mais à **une culpabilisation** liée à un climat de peur et d'insécurité. Pour inciter les lecteurs de cet album à modifier leurs conduites sexuelles, les auteurs exercent une pression extérieure au groupe (ici la menace du Sida), mais au risque de renforcer l'intensité des résistances au changement (28).

• La représentation biologique

à la conception biologique de la maladie,

Celle-ci renvoie à la contamination qui se ferait par des liquides corporels infectés, dont l'invasion dans le corps donnerait lieu à la mort d'autres cellules. Dans ce cadre (très présent dans les albums étudiés), les auteurs s'efforcent de réduire l'intensité des résistances au changement soit pour la majorité des cas en proposant une publicité pour l'utilisation de préservatifs, soit en cherchant à positiver son image. L'album *Préservatif mode d'emploi* aborde ce dernier aspect. Dans celui-ci, on peut souligner une approche intéressante qui vise à démystifier le préservatif en abordant notamment à travers un récit toutes les principales représentations qui existent à son sujet : "j'avais peur de moins sentir ma partenaire", "j'ai peur de perdre mon érection", "le frottement devient désagréable pour la femme"...



Vladimir et Véronique. *Préservatifs, mode d'emploi*. Genève : Aide Suisse contre le Sida.

(28) LEWIN K. (1970). *Psychologie sociale, tome 2*. Paris. Dunod.
ANZIEU D, MARTIN J.Y. (1968). *La dynamiques des groupes restreints*. Paris. PUF.

correspond tout naturellement une prévention axée sur l'utilisation du préservatif

mais il existe aussi des présentations sexistes

et stéréotypées de la maladie Sida

Cependant, comme le souligne Larrose B. (29), la promotion du préservatif comme seul moyen de non-contamination laisse en suspens un certain nombre de questions : "si ça devient sérieux avec une fille, quand est-ce qu'on peut enlever le préservatif ?" D'autre part à vouloir absolument positiver l'image du préservatif, ne risque-t-on pas de n'obtenir qu'une dissonance cognitive, tout au plus une adhésion intellectuelle, sans effet de changement mais non sans effet de saturation de désinvestissement et de ras-le-bol ? Ainsi si la prévention doit se soucier de l'aspect prophylactique, elle ne doit cependant pas évacuer les autres dimensions qui sont en jeu, notamment la relation à l'autre et le lien social. Il est en effet tout à fait regrettable de n'avoir trouvé dans aucun des albums étudiés d'éléments susceptibles de faciliter l'intégration des connaissances et de clarifier des valeurs personnelles face à la sexualité.

D'autre part, nous avons également noté dans plusieurs albums des **préjugés sexistes** tels dans *Pas de sida pour Miss Poireau* : "un playboy qui traîne souvent avec Miss Poireau", "il a recruté les plus jolies filles pour cette partie fine". Enfin, dans l'album *Merlot contre M.S.T. Sida*, pourquoi l'intrigue présente-t-elle un **stéréotype classique**, le milieu du show-business avec de multiples échanges de partenaires, tant homosexuels qu'hétérosexuels?

4. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES ALBUMS

Peut-on enfin tenter d'évaluer la portée réelle de la prévention de la maladie SIDA par la B.D. ? Nous porterons tout d'abord notre analyse sur les attitudes des lecteurs face à ces albums. Puis nous tenterons d'évaluer le rôle de la B.D. dans l'acquisition de données cognitives, et enfin nous envisagerons l'impact que peuvent avoir ces albums sur un changement d'attitude.

4.1. Les attitudes des lecteurs

les adolescents ne veulent pas s'identifier au héros

Comme nous allons le voir, le choix des différentes conceptions de la vulgarisation (voir le paragraphe 3.2.) va avoir des répercussions fortes sur le comportement des lecteurs. Ainsi, dans l'album *"Pas de SIDA pour Miss Poireau"* les auteurs ont voulu volontairement éviter l'identification des lecteurs pour éviter de les choquer. Cette opinion s'oppose aux résultats des travaux de Trenaman (30) qui conclue que la compréhension des thèmes éducatifs véhiculés par les médias est favorisée par la présentation de personnages

(29) LARROSE B. (1990). "Sida, limites d'une prévention". *Études*, p. 43-52.

(30) TRENAMAN J.M. (1967) *Communication and Comprehension*, New York : Humanities Press.

concrets, d'autant plus que le niveau de formation est élémentaire. Cependant, lors de nos travaux d'évaluation de cet album (31), de nombreux adolescents nous ont fait part de leur intérêt pour celui-ci, notamment parce qu'ils ne pouvaient pas s'identifier au héros:

Yann : "On est sûr de ne pas se reconnaître dans l'un de ces personnages".

Elodie : "Ce qui est marrant, c'est l'histoire des légumes et tout ça... C'est bien parce que ça ne choque pas et c'est expliqué clairement, on comprend bien et ça ne choque pas".

Trincaz et Zorman (32) ont abouti aux mêmes conclusions dans leur travail d'évaluation de la B.D. "Merlot contre M.S.T. Sida:" "Cette BD est apparue comme un bon support que les jeunes pouvaient culturellement s'approprier ; et la forme classique du "thriller" comme une façon de permettre cette **distanciation souhaitée par les jeunes** qui ne désiraient pas s'identifier à des personnages en situation."

cette
distanciation
souhaitée ne
traduit-elle pas
un refus du
discours de
prévention ?

Ceci nous amène à émettre deux hypothèses. N'y a-t-il pas dans ce refus d'identification, un refus plus profond du discours de prévention et de la modification de comportement qui doit en découler ? En effet, cet écart entre connaissance et conduite n'est pas un fait nouveau. Piaget (33) et Freud (34) ont montré depuis longtemps qu'une connaissance peut exister sans pour autant être acceptée. Ceci est corroboré par les résultats des travaux de King et al (35) qui mettent en évidence que si les jeunes semblent posséder des connaissances relativement bonnes sur la maladie Sida et sa prévention, ils n'en continuent pas moins de traduire des comportements à risque. C'est également ce que Nathalie nous précise très clairement : "Le Sida j'y pense et puis j'oublie. C'est comme si j'avais deux cerveaux. Celui qui sait les choses et celui qui me suggère de ne pas en tenir compte et me dit : n'oublie pas de faire non plus ce qu'il te plaît" (36).

D'autre part, **certains adolescents insistent sur le fait qu'une prévention ne doit pas choquer**. Or à cet âge (15 ans), d'après les statistiques citées, 65% des adolescents n'ont pas vécu d'expérience sexuelle. Ne se sentent-ils pas

(31) GIRAULT Y. (1989), id. note 12.

(32) TRINCAZ J., ZORMAN M., (1988). *M.S.T. Sida les jeunes évaluent*. Bilan et perspectives d'une campagne d'information dans les lycées. C.R.D.P. Grenoble.

(33) PIAGET J. "Inconscient affectif et inconscient cognitif" in *Problèmes de psychologie génétique*. Denoël-Gonthier, coll. Bibliothèque Médiations.

(34) "FREUD S, *Die Verneinung*, 1925 (G.W. XIV p. 11-15) Commentaires parlés sur la Verneinung de Freud", par Jean HYPPOLITE, in *Ecrits* de J. LACAN, p.879-887.

(35) KING et al, op. cit. note 7.

(36) TORNIKIAN J.(1990). "J'y pense et puis j'oublie". *Tabou*, 1, Agence Française de Lutte contre le Sida.

(encore) concernés, ou ne sont-ils pas gênés en pensant qu'ils pourraient être anormaux car ils n'ont pas eu de relations à leur âge ? L'idée dominante sur la conception actuelle de la sexualité chez les jeunes repose en effet sur le fait que le rapport sexuel doit ne pas manquer. Pour illustrer ce propos je citerai l'exemple d'une adolescente de 15 ans qui est venue dans un centre de planning familial *pour se libérer*. Il lui semblait anormal qu'à son âge, elle n'ait pas encore eu de rapport sexuel (37).

Force est de constater que si nous sollicitons de la part de certains une ouverture d'esprit sur l'évolution de la société et du mode de vie des jeunes, nous nous devons également de respecter les diverses pensées. C'est pourquoi nous pensons que **la variété des styles** utilisés actuellement peut **correspondre tout naturellement à la variété des membres de notre société.**

4.2. Intérêts au niveau cognitif

des évaluations
mettent en
évidence des
résultats
intéressants au
niveau cognitif

De nombreuses évaluations de campagnes de prévention sur le Sida (tous média confondus) révèlent que celles-ci ont fourni un niveau satisfaisant d'information (38). Nous avons pour notre part (39) effectué l'évaluation de l'album *Pas de Sida pour Miss Poireau*. La majorité des élèves interrogés en post-test savaient que le Sida attaque le système immunitaire (57%) ce qui entraîne un affaiblissement de tout l'organisme (29%).

Stéphanie : *"Le Sida détruit les lymphocytes responsables de notre défense contre les microbes"*

Les résultats excellents pour la connaissance du préservatif comme mode de protection (100% de bonnes réponses en post-test) lors de rapports sexuels étaient supérieurs à ceux obtenus dans le cadre d'une évaluation d'une campagne de prévention SIDA par la B.D. dans les lycées de la région de Grenoble (89% de bonnes réponses) (40). Cependant, seulement 48% des adolescents ont fait allusion au non-échange de seringues pour éviter la contamination par le virus du Sida, alors qu'ils étaient 25% à préciser au pré-test que le Sida se transmet par l'échange de seringues. Se sentent-ils moins concernés par la drogue et donc par ce mode de prévention?

Enfin, ces adolescents semblaient globalement avoir bien compris ce qu'est un porteur sain, étape importante pour mieux comprendre et assumer la prophylaxie. En effet, 57% savaient qu'il s'agit d'une personne qui a le virus, sans être malade et qui peut le transmettre et 25 % ont dit qu'il s'agit d'une personne qui a le virus sans être malade. Néanmoins,

(37) LARROSE B. (1990), op. cit. note 29.

(38) Revue *La Santé de l'Homme*, éditée par le Comité français d'Education à la Santé (C.F.E.S.) 1989.

(39) GIRAULT Y. (1989), op. cit. note 12.

(40) TRINCAZ J., ZORMAN M. (1988), op. cit. note 32.

mais nous n'avons pas de résultats sur les changements d'attitude des lecteurs

deux élèves n'avaient pas du tout compris le mode de transmission du virus H.I.V. Le premier pensait que des porteurs du virus pouvaient ne pas le transmettre et le deuxième a mélangé la contamination par relation sexuelle avec l'auto-contamination. Il est cependant vrai qu'un malade séro-positif doit éviter au maximum de se recontaminer pour augmenter ses chances de survie.

Si comme nos évaluations ont pu le mettre en évidence, la lecture de ces albums a pu jouer le rôle "d'agenda setting" (41), c'est-à-dire de conscientisation, nos travaux ne nous permettent aucunement d'évaluer la propension des lecteurs interrogés à changer d'attitude.

4.3. ÉVALUATION DE L'IMPACT SUR UN CHANGEMENT D'ATTITUDE

Nous ne connaissons aucune recherche sur l'impact des BD de prévention Sida au niveau du changement d'attitude des lecteurs, mais l'INSERM (42) a publié des résultats d'une recherche qui compare les comportements d'une population ciblée par une campagne de prévention, à ceux d'une population témoin, avant et après cette campagne. D'après les auteurs, les résultats semblent probants. Cependant, les travaux de King et al (43) montrent qu'en dépit des efforts pour assurer une information accrue et systématique sur le Sida, les jeunes n'en continuent pas moins à maintenir des comportements à risques. Les stratégies de sensibilisation sont-elles adéquates ? Des recherches récentes (44) montrent en effet que sur le plan cognitif, les adolescents ayant une activité sexuelle non protégée, c'est-à-dire à risque, ne présentent pas de caractéristiques clairement identifiables. Cependant ces mêmes travaux laissent entendre que la qualité du réseau social qui entoure l'adolescent, comme le niveau de communication entretenue avec les parents, les amis et le partenaire serait crucial sur ce plan. Des résultats semblables ont été obtenus par le Comité Régional d'Éducation pour la Santé (45), qui a effectué l'évaluation de

d'autres travaux soulignent le rôle des partenaires sociaux en complément de la lecture

-
- (41) MC COMBS, M.E. et SHAW, D.L. (1972) "The agenda-setting function of the press". *Public Opinion Quarterly*, 36, 176-187.
- (42) SPIRA N. et coll. "Health promotion campaigns" *British Medical Journal*, 295, 1065, (1987).
- (43) Op. cit., note 7.
- (44) CLAES M., PARADIS C. (1988). "L'utilisation des moyens contraceptifs par les adolescentes : quel est le rôle des facteurs cognitifs ?" *Apprentissage et Socialisation- En piste*, vol 11, 1. FORTIN F., KEROUAC S., TAGGART E. (1988). "Sexualité à l'adolescence". *Apprentissage et Socialisation-En piste*. vol. 11, 1. LIEBERMAN J.J. (1983). "Locus of control as related to birth control knowledge, attitudes and practice". *Journal of Youth and Adolescence*, 12, 3, 128-134.
- (45) Évaluation du programme d'information sur la drogue réalisé dans les CM2 de la région PACA pendant l'année scolaire 1987-1988. Comité régional d'éducation pour la santé. Marseille, 63 pages (1989).

trois albums de prévention sur la drogue. "Les réponses aux questions relatives aux connaissances et au rejet de la drogue sont "meilleures" quand un débat avec des adultes a suivi la lecture de l'album." On peut raisonnablement se demander quel est l'impact réel de la BD dans ces évaluations, par rapport à celui du discours des adultes. Cependant ces résultats confirment l'hypothèse proposée par De Fleur et Ball-Rokeach (46) selon laquelle le degré d'influence d'un média sur les croyances et les comportements d'un individu dépend en dernier ressort du besoin que ressent cet individu de comprendre et d'agir efficacement dans son milieu de vie.

5. EN GUISE DE CONCLUSION

la conception assistée par diagnostic didactique peut rendre la BD performante

La B.D. peut donc tout à fait s'avérer être un bon support pour diffuser une information de prévention sur le Sida dans la mesure où on utilise ce média comme un outil. Pour aboutir à ce résultat, nous proposons la réalisation de bandes dessinées scientifiques assistée par diagnostic didactique (Girault Y., 1989). Notamment, il nous semble indispensable d'effectuer deux évaluations : une évaluation préalable et une évaluation formative.

• L'évaluation préalable

un album basé sur les attentes du public...

Dans le cadre de la bande dessinée didactique, l'auteur doit cibler son public (ceci n'interdit bien évidemment pas aux autres lecteurs la lecture de l'album). Cette évaluation doit donc lui fournir des renseignements de base sur le public visé, par exemple :

- quelles sont ses aspirations sur le sujet?
- quelles sont les questions qu'il se pose?
- quel est le vocabulaire acquis?
- quelles sont les notions acquises?

L'ensemble de ce travail permettra de connaître "les conceptions" du public choisi, afin de guider l'auteur dans ses choix scientifiques et pédagogiques.

Il n'y a en effet pas de solution magique pour tous les publics. D'autre part la prévention n'est pas étrangère à une information scientifique qui doit cependant être parcimonieuse au risque de devenir indigeste. L'humour est un ingrédient qui peut parfois dédramatiser le sujet et permettre d'éviter toute moralisation abusive, qui a pour principales conséquences soit de rejeter l'intérêt, soit de culpabiliser le lecteur au lieu de le responsabiliser. En fonction de toutes ces indications, l'auteur va pouvoir réaliser le "story-board" (résumé).

(46) DeFLEUR, M.L. et BALL-ROKEACH, S. (1989) *Theories of mass communication*, 5th ed. New-York : Longman.

• L'évaluation formative ou rétroactive

Une première évaluation intervient à ce niveau pour vérifier, avant que le travail ne soit trop avancé (problème de coût de réalisation), si le "story board" est conforme à l'objectif que s'est fixé l'auteur. Ces évaluations entraînent le plus souvent quelques corrections et l'auteur peut alors réaliser une version initiale. De nouvelles évaluations permettront ensuite de vérifier si le choix des aides didactiques a été pertinent (schéma, tableau, analogie...).

et revu par des
spécialistes du
Sida

C'est également à cette étape que l'on proposera le projet d'album à un des spécialistes de la discipline traitée afin qu'il puisse corriger l'ensemble. Cette relecture devra permettre d'éviter facilement une multitude d'erreurs (vocabulaire non approprié, etc.). L'ensemble de ces travaux a déjà obtenu des résultats pour des réalisations dans le cadre d'autres médias (47).

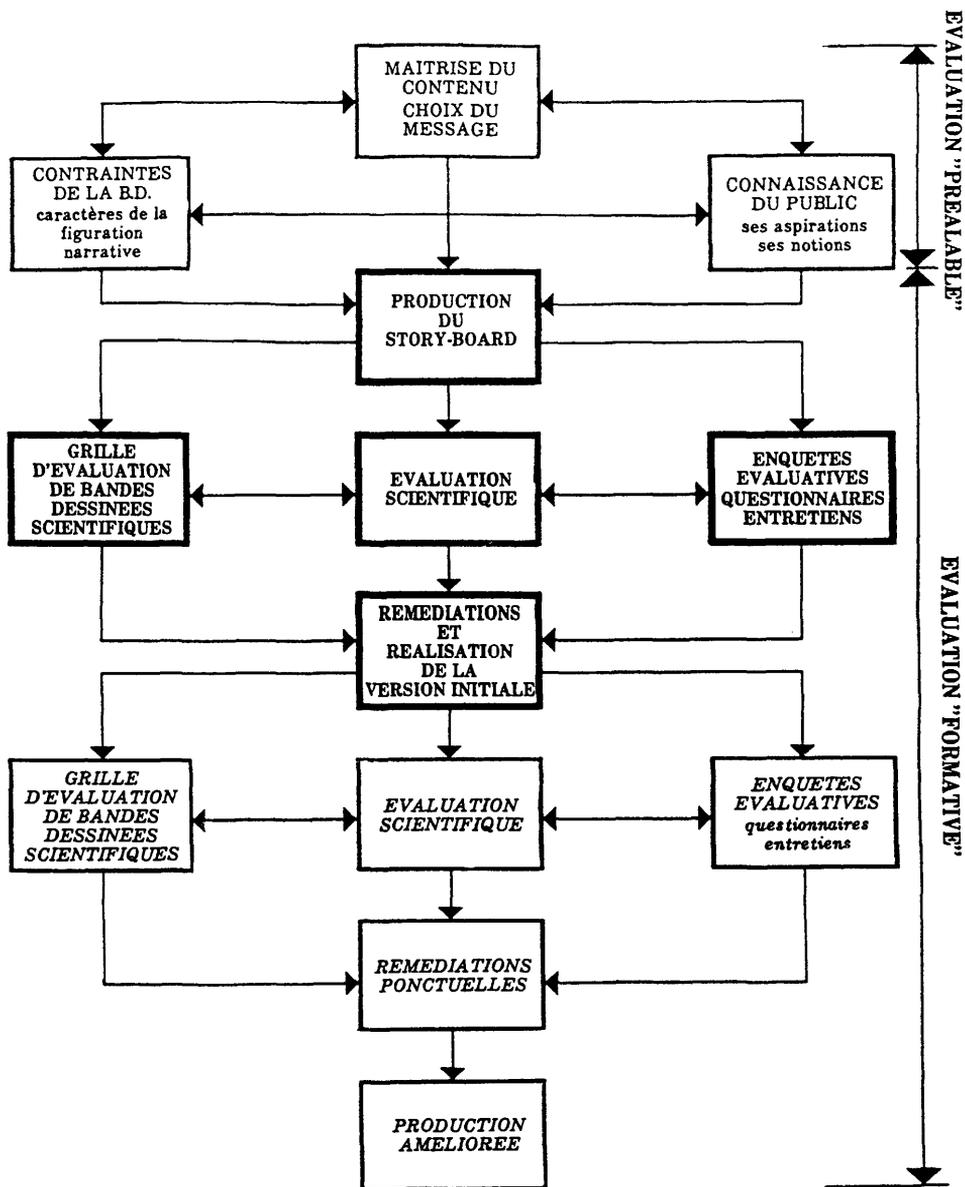
des albums
interactifs pour
faciliter le
débat...

D'autre part, pour pouvoir prétendre avoir une efficacité au niveau du changement d'attitude, le média B.D. doit donc être envisagé comme un support pour créer ou pour faciliter l'émergence d'un débat avec et entre les lecteurs. Ainsi, il nous paraît souhaitable de promouvoir la réalisation d'albums interactifs de prévention dont le scénario serait une "histoire à construire, une histoire dont le lecteur devient le héros". Ceci permettrait d'une part de faciliter le débat, et d'autre part de permettre aux lecteurs d'effectuer son auto-évaluation afin qu'il puisse mesurer l'implication réelle de son comportement face au risque du Sida. Les psycho-sociologues pour leur part pensent qu'il est plus facile de modifier des comportements de groupe que les comportements individuels, car tout changement individuel peut faire craindre à son acteur une mise à l'écart du groupe. Ainsi dans le cadre d'une activité de prévention réalisé notamment en milieu scolaire, la B.D. peut être un excellent moyen de lancer des débats. On peut par exemple demander à des élèves leurs impressions sur les albums étudiés (au niveau cognitif, mais aussi au niveau des attitudes et des valeurs qui ressortent de cette lecture). D'autre part, on peut également ne proposer que quelques pages à lire (le début par exemple) et demander aux élèves d'inventer la suite du récit. Enfin, si nous nous situons dans un cadre non scolaire, et dans l'hypothèse où l'on dispose d'une BD attrayante sur le Sida, on peut supposer que l'album sera lu, relu, prêté, échangé comme tout autre album de BD. Gageons alors que l'on obtiendra des résultats positifs car dans ce cas, les changements d'attitudes seront susceptibles de se renforcer, dans la mesure où les influences des pairs auront tendance à confirmer l'acceptabilité de conduites limitant les risques.

et permettre
d'auto évaluer
ses comportements
face au
risque du SIDA

(47) GIRAULT, Y. (1990). "La conception d'expositions assistée par diagnostic didactique" in : GENDRON (éd.). *Actes du 58e colloque de l'Association Canadienne Française pour l'Avancement des Sciences*. Québec, Musée de la civilisation 1990, p. 137-145.

PRODUCTION DE BANDES DESSINÉES SCIENTIFIQUES
ASSISTÉE PAR DIAGNOSTIC DIDACTIQUE



Pour finir, nous rêvons de lire des albums traitant des conséquences sociales que subissent le plus souvent les malades du Sida. En effet une réelle action de prévention se doit aussi de développer une attitude empathique envers les personnes atteintes du Sida.

Yves GIRAULT
L.R.D.V.S.T.,
Département de didactique,
Université de Montréal

Liste des albums étudiés

Condoms Stop Aids (1987) Rich Hack, in *The Works, Drugs Sex and Aids (adults only)* produced by the San Francisco Aids Foundation. Editor : Les pappas Art director, Lloyds Dangle, pp. 23-28.

Its nobody's fault... and everybody's problem. (1977) Malcolm Ater, AIDS (Acquired immuno Deficiency Syndrome) ed : American Foundation for AIDS Research Box Aids New York, N.Y. 10116, 10 p.

Free comics (1988) Leonard Rifas. Aids News. Edited by P. Cabolin Fullwood with members of POCAAN (People of color Against Aids Network) 17 p.

La bebête qui monte (1986) Savec B. Conseil général du Val d'Oise. 4 p., , noir et blanc.

L'amour latex. Préservatifs mode d'emploi. Véronik et Vladimir, 6 pages, noir et blanc. (Ed.) Aide suisse contre le Sida.

Les maux d'amour, le Sida (1990). Dufosse, B. Dépliant diffusé par la ligue nationale française contre le péril vénérien.

Les M.S.T. ou les maladies sexuellement transmissibles. (1987) Moloch Lachiver L.D. avec un dossier spécial SIDA. A.G. éditions, B.P. 988 27009 Evreux cedex. 40 p., couleurs, (1987).

Le sida. Luyeye Landi B. Bongo wa M'Bongo. Ed. Comité national de lutte contre le sida. Mouvement populaire de la Révolution, République du Zaïre, 12 p.

Loic et Flora devant l'amour Domenech, , Fédération nationale, couple et famille, 6 pages BD avec documentation complémentaire (40 p.)

Men at work (1987) Prince W., in *The Works, Drugs, Sex and Aids (adults only)* produced by the San Francisco Aids Foundation. Editor : Les pappas Art director, Lloyds Dangle, pp. 29-33.

Merlot contre M.S.T. Sida (1987). Lamouche, Tardy C. Académie de Grenoble, Mutualité française, 23 p., couleurs.

Paradis mortels. La drogue et le Sida face aux jeunes.(1987) Goherel C., Paradin J.F. Ed. Michel Lafon, 48 p., couleurs.

Pas de Sida pour Miss Poireau. Mandrika et Moliterni, Paris : Carrefour Bd, pharmaciens Giphard France, 12 pages, couleurs.

Préservatifs mode d'emploi. Véronik et Vladimir, Genève : Aide Suisse contre le Sida, 5 p., couleurs.

Quelque part le V. I. H. (1988). Ficheux P., Maniez-Montreuil M. Association AIRPES, 51 p. couleurs.

Sidonie Isidore Damien Arnaud, Orbo Ted , Ligue régionale française de lutte contre le sida (Nice), 28 p., couleurs.

Street wise in the works (1987) Prince W. *Drugs, Sex and Aids (adults only)* produced by the San Francisco Aids Foundation. Editor : Les pappas Art director, Lloyd Dangle, pp. 3-11.

What's Going Around (1987). Lloyd Dangle, in *The Works : Drugs, Sex and Aids (adults only)* produced by the San Francisco Aids Foundation, Editor : Les pappas Art director, Lloyd Dangle, pp. 12-17.