

UTILISER L'ACTUALITE POUR ENSEIGNER QUELQUES CONCEPTS DE LA BIOLOGIE CONTEMPORAINE : "TON CODE BARRE PERSO ADN SUR INTERNET", "LE BEBE MEDICAMENT", "LA CREME A L'ADN VEGETAL", et autres sujets...

Marie-Pierre Chevron.
Université de Fribourg.

Mots-clefs : *Biologie contemporaine, citoyenneté, techniques de biologie moléculaire, ADN*

RESUME : Aujourd'hui, l'étude et la compréhension du monde vivant et sa manipulation nécessitent d'avoir quelques connaissances sur l'acide désoxyribonucléique ou ADN. En fonction de la source d'information et du contexte d'apprentissage, les notions retenues sont souvent floues et bien souvent associées à des « images parasites ». Utiliser l'actualité des sciences et impliquer les élèves sur des questions vives de société, tout en prenant soin de décontextualiser le concept scientifique impliqué du contexte d'apprentissage devrait pouvoir permettre de mieux comprendre ce qu'est cette molécule. Cette approche devrait conduire à dépasser le seul aspect de fascination qu'exercent les problématiques dans lesquelles elle est impliquée, et de se positionner de manière critique pour faire des choix de société éclairés.

ABSTRACT : Study and understanding of living organisms require knowledge about DNA, even for a wide audience. According to the source of information and the context of learning, representations associated to DNA are usually wrong, and often linked to “parasite thoughts”. A better understanding of what is DNA could be achieved through the use of scientific news, and involve students in acute society questions, while taking care of “putting out of context” the implied scientific concepts out of the training situation. This approach should allow to overcome fascination linked to the DNA problematic and to make critical and correct societal choices.

1. Introduction : un paradoxe

La part de l'actualité consacrée à des sujets tels que le séquençage du génome humain, le déterminisme génétique, le clonage, le statut de l'embryon, la thérapie génique ou cellulaire, les OGM, le diagnostic génétique, l'identification des criminels, ... est extrêmement importante. Elle témoigne de l'intérêt rencontré pour ces sujets chez un large public. Par ailleurs ce même public est, tout spécialement en Suisse, régulièrement interrogé sur ces questions. On lui demande en effet de débattre, de se positionner et de faire des choix sur différentes questions : « Peut-on autoriser les scientifiques à travailler avec les cellules souches embryonnaires », « Autoriseriez vous la mise sur le marché des OGM »... Choix difficiles, car les questions sur lesquelles les citoyens doivent se prononcer mettent en jeu des situations très complexes, que le public ne comprend pas toujours (figure 1), mais dans lesquelles il s'investit (Figure 2).



Figure 1 : Illustration du Temps du 29 novembre 2004, faisant suite à la votation sur l'autorisation pour les scientifiques de travailler sur les cellules souches embryonnaires.



Figure 2 : Illustration du Temps du 29 novembre 2004, faisant suite à la votation sur l'autorisation pour les scientifiques de travailler sur les cellules souches embryonnaires.

Le public s'est toujours intéressé aux thématiques du vivant en général, et à celles des technologies d'utilisation ou de manipulation du vivant en particulier (figure 3). Probablement parce que ces études fascinent, qu'elles interpellent, qu'elles font peur et soulèvent dans certains cas (médecine) de très nombreux espoirs. Aujourd'hui, les techniques de biologie moléculaire permettent de manipuler le vivant. Ces manipulations ne vont pas sans soulever un certain nombre de questions et d'inquiétudes.

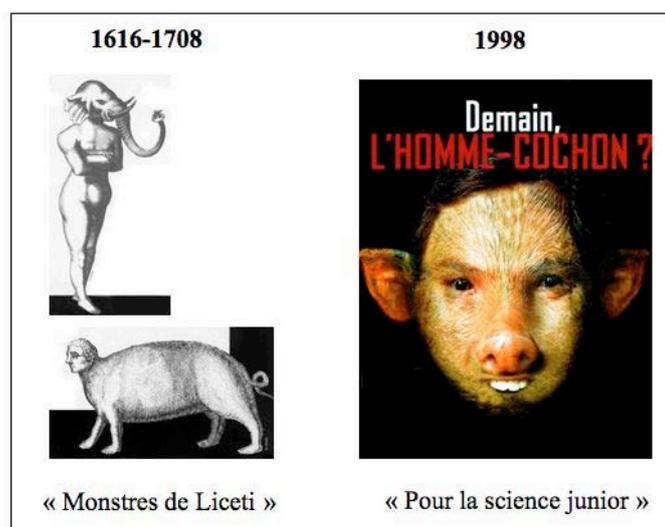


Figure 3 : Peurs et chimères (documents modifiés d'après des photos des monstres de Liceti, et de « Pour la Science Junior », 1998).

Pour s'intéresser et participer à la vie citoyenne de notre société sur ces différentes questions, pour se prononcer ou agir au quotidien face à des situations dans lesquelles nous sommes directement impliqués, il faut pouvoir les comprendre. Devant la complexité des questions soulevées, les savoirs anciens et le recours aux experts ne sont plus suffisants, et quand bien même la constitution d'une commission d'experts issus de différentes branches (biologie, philosophie, économie, droit, sciences sociales, ...) arrêterait-elle un rapport, encore faudrait-il, pour le citoyen ou les élèves, en comprendre le vocabulaire, la complexité, les applications possibles et l'ensemble des enjeux qui en découlent. Les individus, par leur manque de maîtrise de la culture scientifique pourraient se trouver rapidement décalés, dépossédés d'un certain nombre de choix, tant au niveau personnel (santé), que socio-économique (énergie). Ces sujets passionnent donc, et l'on pourrait être conduit à penser alors qu'un intérêt pour les sciences va aller de pair. Or on constate que le savoir scientifique passe mal, que les jeunes désertent les filières scientifiques. Comment alors expliquer d'une part que la masse des informations consacrées aux sciences dans les médias augmente, et la désertion de la sphère scientifique pas les jeunes d'autre part ? Comment comprendre cet écart ? Comment le réduire ? Comment faire pour mettre au service des citoyens des connaissances utiles ?

La « génétique », ainsi que la « molécule d'ADN », sont des sujets au programme dans toutes les écoles, françaises ou Suisse. Lorsque l'on se penche plus en détail sur les programmes, on constate que les notions d'hérédité, de caractères récessifs et dominants, de transmission des caractères, de mitose, de méiose, de brassage génétique, les lois de Mendel, les maladies génétiques, les protéines et l'ADN... sont le plus souvent abordées, et en général en détail.

Cette étude propose : 1) De se pencher sur les souvenirs, sur le sens de ce qui a été retenu et mémorisé sur ces notions liées à la génétique et à l'ADN en fonction de la source d'information (Ecoles, Médias, Centres de Culture Scientifique). 2) De s'interroger sur les savoirs scientifiques minimaux à maîtriser pour comprendre les enjeux actuels de société liés à ces concepts. 3) De faire des propositions d'enseignement permettant le réinvestissement de ces connaissances pour la compréhension des situations complexes présentées quotidiennement par les médias.

2. L'ADN, qui en parle, comment et qu'en reste t'il ? Résultats préliminaires.

Des travaux en sciences cognitives montrent que l'apprentissage d'un concept est fortement situé. La situation d'apprentissage n'est jamais neutre, et ce qui est appris est le fruit de comment, et dans quel contexte, le concept a été appris^{1 2 3}.

2.1 Les médias.

Lorsque l'on s'intéresse aux notions rattachées à celle de la génétique ou de l'ADN chez un public jeune ou dans le grand public essentiellement informé à travers les médias (télévision, journaux, radios), la première notion citée en lien à ces notions est celle de « crime » et « d'identification des individus » (Figure 4, 5, 6). Dans ces cas particuliers, lorsque les personnes interrogées disent que « l'ADN sert à reconnaître (ou retrouver) des personnes », et qu'on leur demande alors où se trouve l'ADN, les réponses les plus fréquemment obtenues sont « au bout des doigts », « sur les cheveux », dans la « salive », parfois même « dans des banques chez la police ».

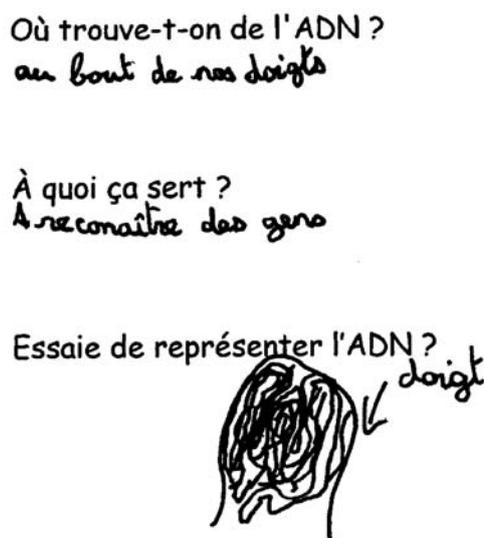


Figure 4 : Exemple informatif de représentation « d' empreinte génétique », rencontré chez un jeune garçon de 13 ans informé par les médias

¹ Situated Cognition and the culture of learning. Brown JS, Collins A, Dugud P. 1989. *Educational researcher*. January-february. 32-42.

² Reclaiming cognition. 2000. Edited by Rafael Nunez and Walter J. Freeman.

³ Représentations de la génétique chez des adolescents et jeunes adultes. Description et évolution. Thèses de Doctorat en Psychologie. Soutenue le 17 novembre 2006 à la Faculté des lettres de l'Université de Fribourg par Véronique Zbinden Sapin.



Figure 5 : Exemple informatif de représentation « d' empreinte génétique », associé au terme ADN, chez un adulte (35 ans) informé par les médias.

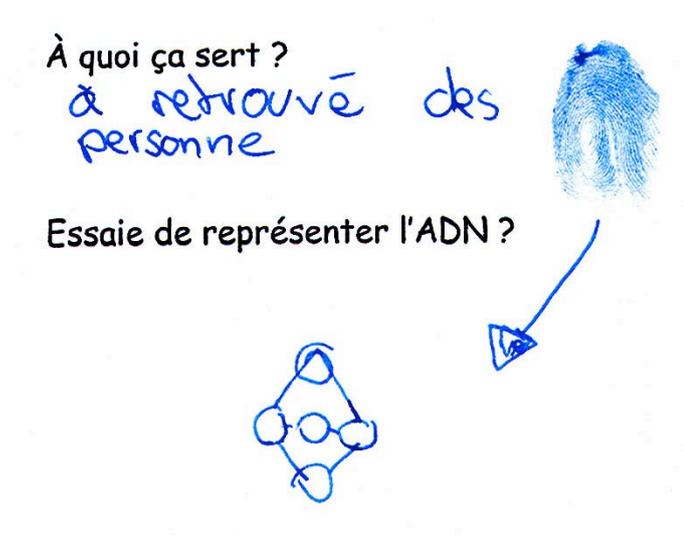
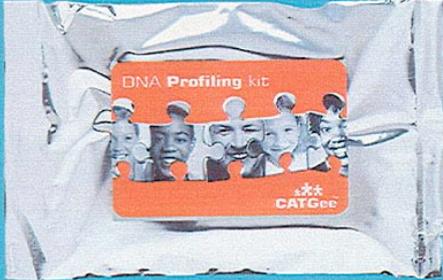


Figure 6 : Exemple informatif de représentation « d' empreinte génétique », rencontré chez un jeune garçon de 14 ans informé par les médias.

Ce public, informé par la télévision (séries télévisées comme « Les experts »), ou par la radio et les journaux (résultats d'enquêtes criminelles), relie immédiatement la notion d'ADN à celle d'identification, et le plus souvent de façon uniquement associée à des cas d'enquêtes criminelles. Cette idée est en partie exacte, l'ADN étant effectivement utilisé pour identifier (le plus souvent pour disculper) un individu, mais elle est très réductrice. De plus, dans la mesure où elle véhicule des idées associées à l'idée de crime (Figure 7), la notion biologique d'ADN est alors contaminée par une pensée négative et connotée de peur. Il en est de même pour de nombreux sujets, comme le clonage et la manipulation génétique. Certaines affirmations peuvent choquer et inquiéter (Figure 8).

Et toi, c'est quoi, ton code barre perso ?



Pas besoin de tuer pour connaître votre propre carte d'identité génétique. Sur www.catgee.com, commandez le kit ADN. Une fois les analyses effectuées, vous pourrez même faire imprimer votre code-barre multicolore sur un tee-shirt, un mug ou une affiche.

Figure 7 : « Pas besoin de tuer pour connaître votre carte d'identité génétique » (*Cosmopolitain* 2002).

REPORTAGE

DEMAIN, ELLES ENFANTERONT DES CLONES

CE N'EST PAS DE LA SCIENCE-FICTION: BIENTÔT, DES FRANÇAISES DEVRAIENT ÊTRE LES MÈRES PORTEUSES DE CLONES, ISSUS DE PERSONNES SOUHAITANT SE REPRODUIRE À L'IDENTIQUE OU DE BÉBÉS MORTS. REPORTAGE AU SEIN DE LA SECTE RAËL, OÙ UNE CINQUANTAINE DE FEMMES SE PORTENT DÉJÀ VOLONTAIRES. **PAR ELISABETH ALEXANDRE. PHOTOS ELENA DORFMAN.**

Figure 8 : Une présentation du clonage humain présenté dans un magazine grand public (Magazine Elle, janvier 2002)

Les humains ont de tout temps été fascinés par la création de chimères et par la manipulation du vivant. Mais aujourd'hui, les outils de biologie moléculaire permettent de lever un verrou mis en place et maintenu par l'évolution sur des millions d'années : la barrière inter-espèce n'est plus un problème au niveau moléculaire. Avec les expériences de biologie moléculaire (transgénèse), des bactéries, des plantes, des animaux peuvent produire des protéines humaines. Ces problématiques liées au vivant, lorsqu'elles sont présentées par les médias, fascinent et font peur bien souvent, mais informent peu.

2.2 L'école.

Si l'on regarde ce qui reste des enseignements de la génétique chez le public après la scolarité obligatoire ou après le gymnase (l'équivalent des lycées français en Suisse), on observe alors que de nombreuses notions sont retenues, mais qu'elles ne font pas toujours sens.

Dans l'exemple montré dans la Figure 9, rencontré chez une jeune fille de 16 ans qui a étudié la génétique et l'ADN à l'école, on peut en effet constater que des mots ont été retenus : cellule, ADN, mais ils sont étrangement associés : on parle de « cellule d'ADN ». En revanche, certaines notions retenues sont précises et pointues (la règle d'appariement des bases par exemple, et sans erreur). Elles ont été stockées en mémoire, mais elles sont bien souvent fragmentaires et floues. Elles ne font pas véritablement sens : A la question « l'ADN à quoi ça sert ? », la jeune fille qui connaît par cœur la règle d'appariement « ne sait plus » à quoi ça sert (Figure 9), de même qu'elle situe l'ADN dans le sang. Cette dernière observation est très fréquemment rencontrée chez les élèves, peut être parce que les analyses génétiques se font à partir d'un prélèvement sanguin, à moins que ce ne soit en raison d'une contamination de la pensée liée comme précédemment aux enquêtes criminelles (étude en cours).

Sexe Feminin
 Masculin

Âge: 16 ans 1/2

1°) Avez-vous déjà entendu parler d'ADN ? Oui

1-1 À quelle occasion (racontez la situation) ?
 l'année dernière avec M^{me} D

1-2 Par l'intermédiaire de quel support (école, hebdomadaires, journaux scientifiques, radio, télévision, films...) ?
 école

1-3 Où trouve t'on de l'ADN ?
 Dans le sang

1-4 "À quoi ça sert" ?
 je sais plus

1-5 Pouvez-vous le représenter ?
 Une cellule d'ADN:

A	G	A	G	A	G
C	T	C	T	C	T

Figure 9 : Exemple de représentation « d' empreinte génétique », rencontré chez une jeune fille informée à l'école

Il en est sensiblement de même chez ce jeune étudiant à l'université qui mixe différentes notions scientifiques, et confond les quatre « fameuses » bases azotées constitutives de l'ADN étudiées au gymnase avec les protéines (Figure 10). Il se rappelle que l'ADN est dans les cellules et que les protéines en déterminent le fonctionnement, mais ADN et protéines sont deux notions confondues.

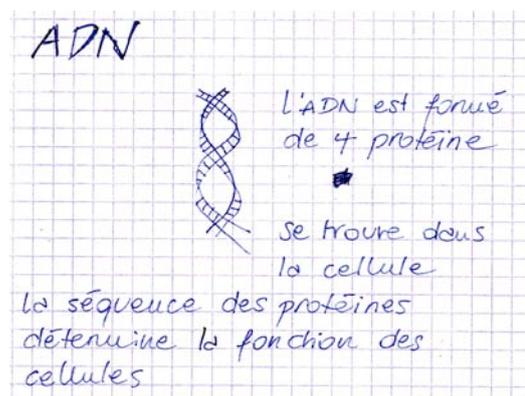


Figure 10 : Exemple de représentation « d’empreinte génétique », rencontré chez un étudiant de 23 ans à l’Université.

Dans un autre exemple, les savoirs semblent être bien organisés. En effet, l’élève de 18 ans sait que l’ADN se trouve dans les noyaux des cellules, et qu’il contient « l’information génétique » (Figure 11). Mais bien souvent, lors d’un entretien qualitatif, si l’on creuse cette notion d’informations génétiques, et que l’on demande à quoi cela correspond plus précisément, alors on s’aperçoit que là encore, les connaissances sont fragmentaires, et que l’élève ne sait pas toujours à quoi relier le concept d’informations génétiques (5, et résultats en cours d’analyse).

Sexe Feminin
Masculin
Âge: 18 ans.

1°) Avez-vous déjà entendu parler d'ADN ? Oui

1-1 À quelle occasion (racontez la situation) ?

Dans un cours de biologie
au lycée, en classe de 4^{ème}.

1-2 Par l'intermédiaire de quel support (école, hebdomadaires, journaux
scientifiques, radio, télévision, films...) ?

École, Journaux Scientifiques "Sciences et Vie"

1-3 Où trouve t'on de l'ADN ?

Dans les noyaux des cellules vivantes

1-4 "À quoi ça sert" ?

L'ADN contient l'information génétique

1-5 Pouvez-vous le représenter ?

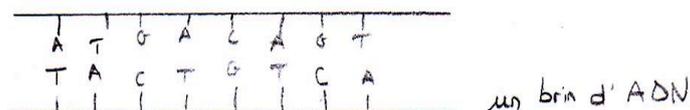


Figure 11 : Exemple de souvenirs liés à l'ADN rencontré chez une jeune fille de 18 ans informée par l'école.

D'une manière générale, pour les élèves ayant suivi un cursus scientifique (filiale terminale S française) dans lequel l'enseignement de la génétique s'est fait en lien avec l'ADN, les concepts semblent être stables et correctement construits. Dans les exemples présentés (Figure 12), les élèves, dans le cadre du programme enseigné de génétique, venaient faire des ateliers à l'École de l'ADN de Nîmes (voir point 2.3), où les questionnaires ont été distribués, en fin d'enseignement sur la génétique.

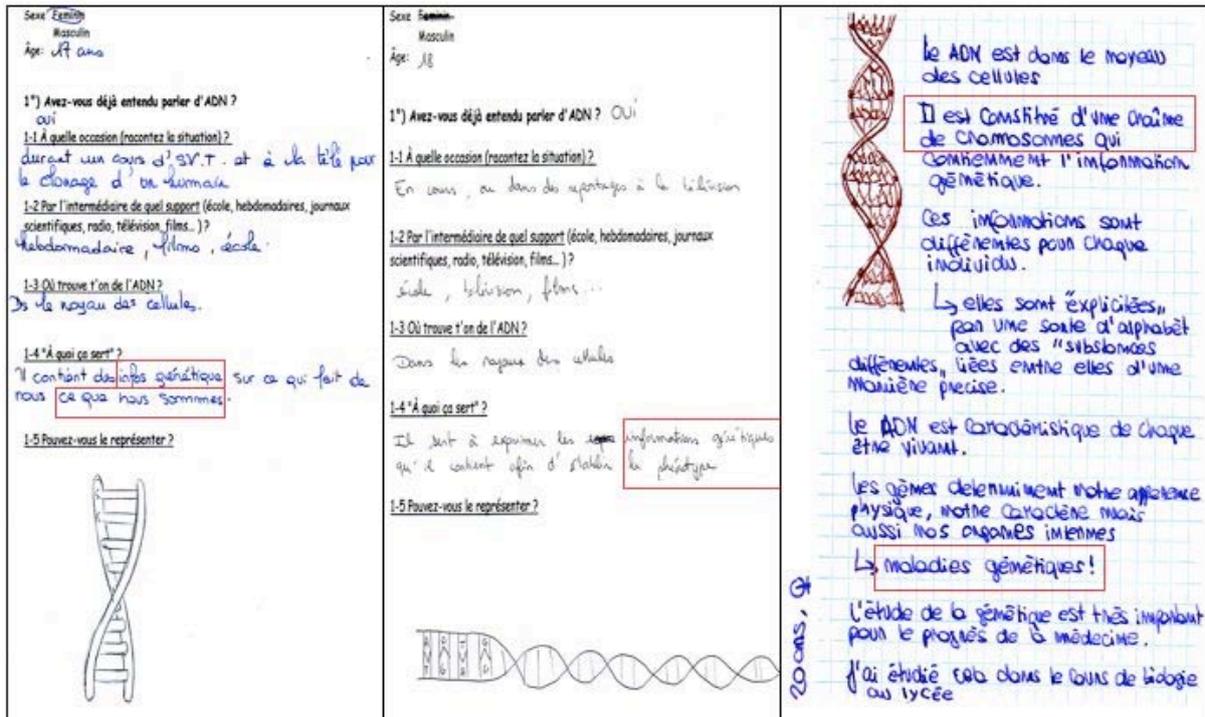


Figure 12 : Exemples de souvenirs liés à la génétique et à l'ADN chez des élèves l'ayant étudié à l'école, et ayant fait un atelier à l'école de l'ADN de Nîmes.

2.3 Les scientifiques et la culture scientifique.

Une grande majorité des scientifiques ne sait pas comment parler de ses découvertes au public. Elle ne sait pas transmettre ses connaissances, au moins à un large public. Il existe en effet un décalage trop important entre le temps réel des découvertes réalisées en laboratoire et la mise à disposition de ces découvertes au public. La transmission de ces données nécessite de devoir bien souvent tout expliquer depuis le début... Et de trouver un vocabulaire approprié. Or ce n'est pas la vocation primaire des chercheurs en biologie de faire ce travail.

Depuis quelques années, basé sur le modèle des *DNA learning Centers*, certains centres ont développé des stratégies pour rendre accessibles ces connaissances au public.

L'Éprouvette à Lausanne, ou l'École de l'ADN en France, ont pour objectif de démythifier les sciences du vivant afin de dissiper tant les craintes injustifiées que les vaines espérances et engager au débat sur les nouvelles technologies du génome. Dans ces écoles, les objets manipulés par les participants sont les cellules et l'ADN. Les enseignants de l'école de l'ADN sont presque tous issus du monde de la recherche. Ces centres dispensent un enseignement pratique et théorique des méthodes utilisées en biologie moléculaire et en génétique. Il sont

destinés aux élèves et aux enseignants du primaire et du secondaire ainsi qu'aux étudiants et enseignants des premiers et seconds cycles universitaires. Ils organisent également des stages de formation payants, spécialement adaptés aux exigences de professionnels concernés par le génie génétique⁴.

Ces centres sont une chance pour les écoles qui y ont accès, car ils offrent l'opportunité d'un laboratoire pratique permettant d'illustrer les concepts de génétique vus en classe. Les séances alternent tour à tour pratique et théorie. Les expériences, interrompues de moments d'explications, permettent d'expliquer ce qui se passe en temps réel dans les tubes et éprouvettes. Dans le cadre de ces visites de nombreux questionnaires ont été distribués aux participants à la fin de l'étude. Les résultats sont préliminaires, certaines réponses sont présentées figure 12.

Propositions d'enseignement et conclusion.

Postulat : Schématiquement, la compréhension du monde vivant et sa manipulation passent par la connaissance et la modification rendue possible d'une supra molécule, *outil* récemment identifié, plus récemment encore décrit (et pas complètement compris), l'ADN. Si ce que recouvre cette notion biologique est assimilé dans sa globalité, alors la lecture de toutes les problématiques dans laquelle il est impliqué trouvera un sens. En effet, les technologies du vivant sont liées, peu ou prou, à ce savoir émergent qu'est l'ADN. De plus, c'est un élément central de la biologie qui permet également de pouvoir expliquer de très nombreuses caractéristiques, décrites pourtant bien avant l'avènement de la biologie moléculaire : hérédité, caractères récessifs et dominants, transmission des caractères, mitose, méiose, brassage génétique, les lois de Mendel, les maladies génétiques, les protéines,

On ne peut que constater que c'est dans la façon de présenter les informations scientifiques que la dichotomie entre la presse et l'école est la plus grande. Les centres de culture scientifique (comme l'école de l'ADN de Nîmes ou l'Eprouvette à Lausanne), ou bien encore les émissions de diffusion scientifique, qui rencontrent chacun un énorme succès, travaillent très étroitement avec l'actualité et les questions vives de société. Cette approche n'est certainement pas étrangère à leur succès. Une esquisse de proposition peut alors être faite pour aborder les sciences durant la scolarité : l'école pourrait être à la fois un lieu de débat autour de l'actualité des sciences, et un espace dans lequel des connaissances solides se structurent. Pour cela, il

⁴ Les chemins buissonniers de la biologie : L'école de l'ADN. Chevron M.P., Cordier S., Lallement J.C. 2002. *La lettre de l'Ocim*, n° 80.

faudrait, à partir des exemples tirés des médias (exemple des figures 7, 8, 13 - mais il existe de bien nombreuses autres possibilités), impérativement décontextualiser le concept scientifique en jeu, pour permettre qu'il soit réinvesti plus tard dans n'importe quelle situation dans laquelle on le retrouve.

The image consists of two parts. On the left is a magazine advertisement for 'Cure Cellulaire' by Yves Rocher. The headline reads 'DÉCOUVREZ AVANT TOUT LE MONDE LA CURE ANTI-ÂGE ADN VÉGÉTAL'. Below the headline, there are several sections of text: 'POURQUOI EST-ELLE EXCEPTIONNELLE?', 'QUELS SONT LES BÉNÉFICES?', 'COMMENT PARTICIPER?', and 'OFFRE SPÉCIALE LECTRICES'. The advertisement includes a photograph of a woman's face and a small image of the product packaging. On the right is a separate text box with the title 'QUELS SONT LES RÉSULTATS ?'. This box contains a detailed description of the product's benefits, stating it is designed to align with the skin's renewal cycle of 28 days. It mentions that the product contains 28 monodoses and that after four weeks, skin mechanisms of youth are reactivated, leading to relaxed features, a firming oval face, and reduced wrinkles. It concludes with 'Essayez-la, on attend votre avis !'.

Figure 13 : Publicité pour une crème à base d'ADN végétal (magazines « féminins »). Exemple de situation d'enseignement avec lecture critique d'un document des médias.

Une façon de parvenir efficacement à ce résultat pourrait consister à partir de n'importe quelle situation tiré de l'actualité de départ : 1) D'y accrocher les élèves ; 2) De les faire se poser la question de la faisabilité ou de la crédibilité de la situation décrite et ainsi de travailler à partir de leurs conceptions⁵ ; 3) De les amener à s'interroger sur ce que sont les molécules d'ADN ; 4) Puis de faire comprendre que ces molécules sont des molécules présentes chez tous les organismes vivants sur terre. Qu'elles en constituent en quelque sorte les plans de fabrication. Que la lecture de ces plans (transcription) et leur réalisation (traduction) ne peuvent être réalisés que par les seules cellules. Il faut insister sur le fait que c'est une molécule universelle, tant d'un point de vue structurel (organisation moléculaire) que fonctionnel (code génétique). Que ce sont ces caractéristiques qui permettent de recombinaison, sans frontière, les ADN issus de

⁵ Les conceptions des apprenants : Un tremplin pour l'apprentissage. Giordan A. Sciences Humaines. Hors série n°12. Février – Mars 1996.

n'importe quels organismes. Que ces réarrangements, à l'origine de nouveaux caractères pour les êtres vivants, sont possibles parce que l'on a identifié et isolé, à l'intérieur de ces mêmes organismes vivants, des propriétés particulières, s'apparentant plus ou moins à des ciseaux (enzymes de restriction) et de la colle (ligase). Bien évidemment, cette liste n'est pas exhaustive, et par exemple, les notions de caractères récessifs, dominants, de brassage génétique, de réplication et de division cellulaire, d'allèles ou de méiose et de gamétogenèse, qui sont des concepts difficiles à comprendre pour les élèves, prennent sens et donnent une sorte de tout cohérent lorsqu'ils sont mis en lien autour de cette molécule^{6 7}.

Une telle approche, lorsqu'elle expose et permet l'expression d'arguments contradictoires, permet de diffuser le savoir dans un souci d'objectivité, et permet – entre autre – de présenter les progrès scientifiques sous un angle critique. La décontextualisation du concept de la multitude des situations de départ proposées permet en outre de diminuer l'impact émotif de certaines images. L'approche proposée dans cet article, à savoir : utiliser l'actualité tout en explicitant et en décontextualisant le concept scientifique impliqué, devrait donc permettre de travailler sur la motivation des élèves, de développer l'esprit critique et de structurer des concepts scientifiques fondamentaux. En conduisant à de la curiosité, du scepticisme, de l'exactitude, de l'ouverture d'esprit, elle sera utile, en ce sens qu'elle permettra de faire des choix citoyens éclairés.

Publié dans le cadre des journées internationales sur la Communication, l'Éducation et la Culture Scientifiques, Techniques et Industrielles .Chamonix. Novembre 2004.

⁶ Module sur les organismes génétiquement modifiés. MC-AG 2.3. *Bioliteracy*. UNESCO-CBE (IUBS). 2001. Chevron M.P., Giordan A.

⁷ L'ADN, support de la mémoire du vivant ? Revue du Palais de la Découverte. *Découverte* 305. 2003. Voisin J., Chevron M.P.