

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Problématique de l'étude.....	1
Chapitre II : Insertion théorique du sujet.....	2
II-1 Revue de la littérature.....	2
II-1.1 Cadre théorique générale concernant les préconceptions	2
II-1.2 Les préconceptions en tant qu'obstacle à l'apprentissage	4
II-1.3 Les préconceptions comme leviers d'apprentissage	5
II-1.4 Les préconceptions en génétique moléculaire	6
II-2 Formulation des hypothèses	7
Chapitre III : Méthodologie.....	9
III-1 Population et échantillon.....	9
III-2 Élaboration de la question	10
III-3 Instrument de collecte des données	11
III-4 Méthode de traitement des données	11
III-5 Limites méthodologiques	12
III-6 Analyse à priori, réponses des élèves envisagées	13
Chapitre IV : Présentation, analyse et interprétation des résultats.....	13
IV-1 Présentation des résultats	13
IV-1.1 L'hérédité/l'ADN/les gènes sont responsables des caractères	14
IV-1.2 Les ARN sont responsables de l'expression des caractères	14
IV-1.3 Les cellules lisent/décodent/voient l'ADN.....	15
IV-1.4 Réponses apparaissant avec une seule occurrence	15
IV-2 Analyse des données	16
IV-3 Proposition d'activité pédagogique.....	18
Conclusion.....	22
Bibliographie.....	23
Annexes.....	25

Introduction générale

Il est aujourd'hui admis que les apprenants, quel que soit leur âge, ne sont plus des « têtes vides » que les enseignants ont à remplir. Ils ont, en effet, déjà construit des préconceptions à partir de leur environnement personnel, et c'est donc à partir de celles-ci que l'enseignant va devoir réaliser ses cours. Seulement, une idée qui a germé puis grandie petit à petit dans l'esprit d'une personne pendant des années, qu'elle soit juste ou fautive, aura du mal à se laisser déloger par un exposé de quarante-cinq minutes de la part d'un maître de biologie par exemple. Il est donc important de savoir quelle représentation se fait l'élève d'un sujet précis avant de se lancer dans la modulation de celle-ci pour qu'émerge un savoir vrai. C'est ce constat qui justifie le choix de notre thème :

« Préconceptions et obstacles en génétique moléculaire »

Notre travail de recherche comptera 4 étapes qui correspondent aux chapitres suivants :

- **La problématique de l'étude** qui fera ressortir la formulation et la position du problème, ainsi que l'intérêt, les objectifs et les limites.
- **L'insertion théorique du sujet** qui concernera la définition des concepts, les théories explicatives provenant de la revue de la littérature, la formulation des hypothèses et la définition des variables.
- **La méthodologie** qui définira la population et l'échantillon de l'étude, l'instrument de collecte des données et ses limites, l'élaboration de la question et la méthode de traitement des données.
- **La présentation, l'analyse et l'interprétation des résultats** au cours duquel les résultats seront présentés, les données récoltées seront analysées et une proposition d'activité pédagogique exposée.

Chapitre I : Problématique de l'étude

En tant qu'enseignant de biologie dans le secondaire II, arrive un moment dans le programme où la thématique de la génétique est abordée avec les élèves. Il est courant, et c'était le cas lors de nos stages respectifs, de commencer par présenter les règles générales régissant l'hérédité et d'aborder par la suite les concepts de transcription et de traduction, ce que nous appelons l'expression génique. Or, l'étude de l'expression génique doit permettre de comprendre le lien moléculaire qui existe entre la composition de l'ADN (l'information qui définit le génotype) et l'expression des caractères (le phénotype) qui se fait essentiellement à travers l'expression de protéines issues des mécanismes de transcription et de traduction. Il

nous paraît, dès lors, utile de savoir avec quel bagage conceptuel les élèves abordent ce sujet afin de pouvoir s'appuyer sur ces préconceptions dans notre enseignement.

La question à laquelle nous souhaitons apporter des éléments de réponse est donc : quelles sont les préconceptions des élèves sur l'expression du phénotype d'un point de vue moléculaire ?

L'objectif premier de ce travail de recherche est d'effectuer une exploration afin de mettre au jour les conceptions naïves des élèves à propos de l'expression des gènes. Pour ceci, nous avons prévu de questionner des élèves du secondaire II en classe afin de faire ressortir les idées qu'ils ont sur le sujet avant l'étude de la génétique moléculaire. Cette recherche a comme intérêt de nous donner l'occasion, après analyse des résultats, de tirer parti des conceptions des élèves relevées afin de proposer une activité pédagogique appropriée pour faire le lien en classe entre la génétique dite classique et la génétique moléculaire.

Chapitre II : Insertion théorique du sujet

Dans ce chapitre, nous allons aborder, de manière non exhaustive, les différentes théories élaborées par des auteurs tels que Jean-Pierre Astolfi ou André Giordan entre les années 90 et début 2000 afin de définir les concepts clés de notre étude. Parmi ces concepts, nous retrouverons les préconceptions, les obstacles ainsi que la génétique moléculaire tels qu'ils peuvent être décrits dans la littérature. À la fin de ce chapitre, nous exposerons nos hypothèses de travail afin de faire le lien en la théorie passée en revue et notre étude.

II-1 Revue de la littérature

II-1.1 Cadre théorique générale concernant les préconceptions

Lorsque Giordan et De Vecchi (1994) nous proposent une explication sur « comment faire pour que l'enseignement scientifique marche » ils commencent par la citation suivante : « Construire un savoir scientifique c'est tout d'abord tenir compte de l'apprenant : plus facile à dire qu'à faire ! » (Giordan & De Vecchi, 1994, p. 15). Cela résume bien la situation dans laquelle se trouvent les didacticiens de nos jours, et qui, d'après nous, doit encore être transposée à la majorité des enseignants. Dans le même ouvrage, Giordan et De Vecchi se posent la question de savoir si ces conceptions ou représentations enfantines, comme ils les appellent, sont un simple « outil » à la mode qui sera complètement dépassé dans quelques années. Ou alors à l'inverse un élément dont le monde de l'enseignement ne pourra plus se passer. Dans un cas comme dans l'autre, il est nécessaire de savoir ce que sont

ces conceptions et comment les enseignants peuvent se les « approprier » pour le bénéfice de tous.

Un peu plus tôt, Astolfi (Astolfi, 1992) publiait un livre où il nous transmet ses apports concernant son travail sur les représentations, et ce, en traitant des sciences dites « dures ». Astolfi utilise alors le terme de représentation, correspondant à celui de préconception, et nous nous trouvons dans un cadre constructiviste. Un élève agissant dans ce contexte doit alors modifier ces représentations initiales pour qu'elles se rapprochent de la réalité et ainsi les rendre plus aptes à traiter un problème dans une discipline donnée. Comme nous en parlerons dans la prochaine partie, pour que ce processus se déclenche, l'élève doit rencontrer une « situation obstacle » comme le dit Astolfi. Il ressort de cet ouvrage que certaines représentations s'avèrent très résistantes, et que si l'apprenant n'est pas capable de surpasser ou modifier celles-ci lorsqu'une question porte de manière claire sur la discipline enseignée et où la personne mobilise ses savoirs, ce sera à nouveau la première représentation de l'élève qui fera surface à l'avenir, lors de questions plus simples ou générales. Ces questions plus simples correspondent, pour nous, à la base de chacun des sujets que nous devons enseigner aux élèves. Il est donc indispensable d'en tenir compte si nous ne voulons pas perdre les élèves lorsque nous arrivons aux questions plus complexes. En d'autres termes, si un élève se retrouve bloqué lorsque l'enseignant pose les bases d'un sujet car il est incapable de moduler ses représentations, une fois le sujet terminé cet élève n'aura pas pu retenir les détails qui ont suivi son blocage et tout ce dont il se souviendra sera sa propre représentation qui était déjà encrée dans sa tête. Toujours selon Astolfi, cette résistance serait due au fait qu'une représentation s'inscrit dans un mode d'organisation cognitive, et qui se retrouve donc reliée à d'autres représentations qui, ensemble, forment un système explicatif cohérent. Alors comment modifier ces représentations ?

D'après l'auteur, il faudrait passer par trois processus : 1) Faire un travail sur les programmes de la discipline pour identifier les concepts clés ; 2) Identifier les représentations des élèves et construire une situation problème qui fasse prendre conscience de certains aspects de celles-ci ; 3) faire en sorte que la résolution du problème rende nécessaire une meilleure maîtrise du concept pour le résoudre. Voici maintenant quelques remarques par rapport à ces trois points. Premièrement, il nous semble important de définir la notion de concepts clé: un concept clé rend visible la façon dont on aborde une discipline, il pointe les aspects essentiels et se définit selon un langage propre à chaque discipline. Par exemple, l'hérédité est un concept clé lorsqu'un enseignant traite de génétique ou de reproduction en biologie. Dans le point trois, le terme « concept » est à prendre au sens où l'entend Britt-Mari Barth (1987, cité par Gilibert,

1989, p. 9), à savoir : « une structure mentale qui a pour fonction de nous aider à organiser le monde, très complexe. ». Notre étude s'intéresse prioritairement à l'idée développée au point 2 ci-dessus en se focalisant sur le programme de génétique du secondaire II.

Aujourd'hui, comme pour répondre à Giordan et De Vecchi, il paraît évident que le monde de l'enseignement ne demande qu'à s'approprier ces représentations, ou ces préconceptions comme nous les appelons maintenant. Effectivement, depuis la fin des années 90, de nombreuses études sont menées afin de découvrir quelles sont ces fameuses préconceptions dans toutes les disciplines et pour chaque sujet. Notre recherche adopte donc ce mouvement.

II-1.2 Les préconceptions en tant qu'obstacle à l'apprentissage

Comme nous l'avons cité précédemment, Astolfi (1992) dit bien que pour qu'un élève puisse modifier ses préconceptions, et ainsi favoriser son apprentissage, il doit confronter ces dernières à une situation représentant un obstacle. Avant d'aller plus loin, il est important de comprendre à quoi correspond ce terme « d'obstacle ». Nous allons donc admettre que, dans notre cas, un obstacle peut être défini de la façon suivante : c'est une connaissance qui, dans certains contextes, peut servir d'outil d'apprentissage mais qui peut amener à faire des erreurs hors de ces contextes.

Avec la théorie d'Astolfi, nous nous trouvons sur les traces de Jean Piaget qui a, entre autre, développé le constructivisme. Il affirmait en effet qu'une personne devait subir un « déséquilibre », c'est-à-dire se retrouver face à une situation où le préconcept n'a pas ou peu de sens, et être capable de s'en accommoder pour finalement retrouver un équilibre et assimiler un concept (Piaget, 1937 et 1948). Évidemment, un élève aura besoin de l'aide d'un enseignant pour s'accommoder, à savoir le fait d'intégrer les concepts vrais en modifiant ses propres préconception, et ce, grâce aux connaissances et au guidage qu'il lui apportera. Aujourd'hui, les didacticiens ont nommé ce processus une situation-problème, et il a été décrit de la manière suivante par Dalongeville et Huber (2000, cité par le groupe de recherche en sciences économiques et sociale [SES] de l'académie de Grenoble, 2006): « La situation-problème est une mise en questionnement de l'apprenant qui rompt avec le paradigme de l'enseignement (mise à disposition de savoirs appropriables) pour s'appuyer sur le paradigme de la formation (mise en activité qui permet la production de capacités nouvelles transposables). ».

Cependant, toutes ces théories supposent que l'apprenant est capable de surmonter cet obstacle, mais cela lui est impossible s'il ne voit pas sa préconception comme tel, ce qui peut souvent être le cas dans la mesure où « un obstacle n'est perçu comme tel que par celui qui est

en mesure de lier des préconceptions à un savoir qui les réfute » (Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 116). Et la personne capable de faire ces liens se trouve être l'enseignant, pour qui l'obstacle est visible, et non l'élève, pour qui l'obstacle est invisible.

Les préconceptions peuvent donc être sources d'obstacle à condition que l'apprenant soit capable de faire les liens appropriés, ce qui ne se fait pas sans la médiation de l'enseignant. À partir de là, l'obstacle peut être perçu comme une connaissance qui, dans un certain contexte, génère des solutions adéquates aux problèmes rencontrés, mais qui, hors de ce contexte, conduit à des erreurs. Le fait que cette connaissance soit parfois bloquante explique aussi qu'une préconception peut résister aux explications et continuer à être mobilisée alors que l'apprenant en est conscient. Une fois de plus, ces explications montrent que l'enseignant « a donc tout intérêt à distinguer l'obstacle [et dès lors la préconception], générateur des erreurs normales qui caractérisent les passages obligés de la genèse du savoir... » (Fabre, 1999, repéré à <http://sites.estvideo.net/gfritsch/doc/rezo-cfa-319.htm>).

II-1.3 Les préconceptions comme leviers d'apprentissage

Nous exprimions dans la partie précédente le fait que les préconceptions peuvent parfois être considérées comme obstacles, et que ces derniers peuvent servir favorablement l'élève capable de les franchir. On peut donc également voir les préconceptions des élèves en tant que leviers pour le développement de leurs apprentissages.

La prise en compte des préconceptions dans les apprentissages scolaires suppose la mise en place trois situations : 1) une au cours de laquelle nous allons chercher à connaître directement ces représentations, ce que l'on peut voir comme une forme d'évaluation diagnostique ; 2) une autre pour confronter différentes représentations, source de conflits sociocognitifs, comprenant des interactions entre élèves et avec l'enseignant ; 3) une dernière mettant en œuvre une situation-problème telle que décrite précédemment (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997). Il est donc possible d'utiliser chacune de ces situations à bon escient afin de rendre les élèves, et l'enseignant, conscient des conceptions présentes dans le groupe classe. Une fois que ces deux acteurs du cours ont pu mettre à jour ces conceptions, il reste à savoir les utiliser de façon appropriée pour faire évoluer les connaissances de l'apprenant « dans le bon sens » et adapter le cours de l'enseignant. Cependant, le fait qu'une conception se trouve au milieu d'un vaste réseau de celles-ci dans la pensée de l'apprenant, qu'être conscient de cette représentation ne suffit pas à accéder à un nouveau concept, rendent l'exercice complexe (Giordan, 2007).

En réponse à cette énigme, André Giordan (2007) propose un modèle nommé l'apprentissage allostérique. Ce modèle demande à l'apprenant de « confronter les informations nouvelles avec ses propres connaissances mobilisées afin de produire de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations qu'il se pose. » (Giordan, 2007, p. 4). Mais il est mis en avant dans cet article que ce processus n'est évidemment pas immédiat car les nouveaux savoirs ne sont pas compris tout de suite pour toutes sortes de raisons que nous ne citerons pas ici. Il faut donc non seulement réussir à faire évoluer des conceptions en place, mais il est également indispensable de transformer radicalement le réseau conceptuel qui les entoure. Pour réaliser ceci, Giordan (2007) nous indique plusieurs conditions nécessaires à l'apprenant parmi lesquelles se trouvent l'intérêt de celui-ci pour le sujet, la redondance et la convergence d'éléments confrontant sa conception, ainsi que la génération de différents liens à l'intérieur de son nouveau réseau conceptuel. Le modèle d'apprentissage allostérique doit mettre à disposition un environnement didactique facilitant les éléments cités ci-avant.

« Seul l'apprenant peut apprendre, mais il ne peut le faire seul » (Giordan 2007). Voilà pourquoi le rôle de l'enseignant, avec sa capacité à découvrir et faire découvrir ces fameux leviers ainsi que de mettre en place un environnement adéquat, est toujours aujourd'hui indispensable.

II-1.4 Les préconceptions en génétique moléculaire

Il existe actuellement très peu de littérature faisant lieu des préconceptions que pourraient avoir des élèves de 15 à 20 ans en ce qui concerne la génétique moléculaire. Un ouvrage des années 80, prenant lui-même appui sur une thèse soutenue en 1980, a fait une analyse du sujet en confrontant des contenus de manuels scolaires et des questions d'examen aux publications des généticiens (Rumelhard, 1986, cité par Host, 1988). Son auteur a appliqué cette démarche sur les problèmes suivants : concept de gène, lois de Mendel, caractères héréditaires quantitatifs et expérience de Taylor. On peut voir dans ce livre, si nous prenons l'exemple du gène, que : « le concept de gène fait difficulté aux auteurs de manuels faute de pouvoir donner une définition rigoureuse tirée de la génétique moléculaire. (...) La génétique moderne a montré qu'on ne pouvait pas réduire ces définitions les unes aux autres (...) » (Rumelhard, 1986, p. 114). Nous retrouvons encore aujourd'hui ce genre de situation. En effet, lorsqu'un enseignant traite du sujet de la génétique moléculaire, on trouve énormément de termes et de concepts, relativement abstraits pour l'élève, qui ne peuvent être expliqués simplement. L'enseignant doit alors plonger l'élève dans différentes situations-problèmes afin que celui-ci puisse avoir la possibilité de modifier plusieurs réseaux conceptuels. Pour

reprendre l'exemple de Rumelhard (1986), ce qui reste du concept du gène après le passage de l'enseignement est : « une image matérielle peu opératoire qui évoque une conception mécaniste et préformiste du développement qui ignore la totalité organique et les régulations (...) ». L'enseignant donne donc à l'apprenant des nouveaux concepts trop vulgarisés et peu claires qui ne correspondent pas toujours à la réalité et qui ne permettent pas à convaincre l'élève de modifier ses propres représentations.

L'enseignement d'aujourd'hui a donc un réel besoin de connaître quelles préconceptions peuvent avoir les élèves concernant ce sujet afin de pouvoir créer un environnement approprié pour un apprentissage dans les meilleures conditions. Cet environnement sera composé de situations-problèmes adaptées, de descriptions convergentes claires des termes appropriés et d'explications basées sur les représentations qu'ont déjà les élèves.

II-2 Formulation des hypothèses

Pour notre étude, nous avons formulé plusieurs hypothèses de recherche selon trois types de réponses possibles données par les élèves à la question décrite à la partie III-2 (Élaboration de la question). Ces hypothèses sont des propositions d'explication vraisemblable tirées des analyses théoriques exposées dans la première partie de ce chapitre. Nous les avons triées dans le tableau suivant en séparant les possibles débouchés positifs et négatifs, ainsi que ceux concernant le point de vue de l'élève et de l'enseignant (tableau 1).

Tableau 1. Hypothèses de recherche (E=élève ; M=enseignant)

Type de réponse des élèves	Points positifs	Points négatifs	
<i>L'élève ne sait rien.</i>	Permet à l'enseignant de partir de zéro, permettant un apport direct de connaissance « vraies »	L'enseignant n'a pas de bases sur lesquelles s'appuyer pour adapter son cours.	M
	L'élève n'a rien qui pourrait bloquer son apprentissage.	L'élève ne peut pas s'appuyer sur une base pour mieux comprendre le sujet et aller plus loin.	E
		L'élève n'a pas d'obstacle à franchir, ce qui péjore la bonne intégration du concept.	
<i>L'élève a une idée précise qui ne correspond pas à la réalité.</i>	L'enseignant peut partir de cette préconception erronée pour la moduler / adapter son cours.	L'enseignant doit faire franchir cet obstacle à l'élève au risque que la fausse préconception perdure par la suite.	M
	L'élève a une base (fausse préconception) qu'il peut moduler pour affiner son apprentissage.	L'élève n'arrive pas modifier sa préconception et reste bloqué sur celle-ci.	E
<i>L'élève a une idée précise qui correspond à la réalité.</i>	L'enseignant peut renforcer ces concepts et aller plus loin (si l'élève a bien compris)	L'élève ne fait que restituer de l'appris par cœur et n'a jamais dû franchir d'obstacle (connaissances moins solides)	M
	L'élève a déjà adapté/moduler ses préconception (franchit l'obstacle) selon la réalité scientifique.	L'enseignant peut avoir du mal à proposer de nouveau obstacle pour consolider les connaissances de l'élève.	E

Chapitre III : Méthodologie

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons souhaité interroger des élèves du secondaire II sur leur préconceptions concernant l'expression génique, soit comment le génotype (les gènes sur la molécule d'ADN) d'un individu détermine l'expression d'un phénotype particulier (expression de caractéristiques physiques, comportementales et chimiques), et ce, avant que le sujet de la génétique moléculaire (transcription de l'ADN en ARNm, puis traduction en protéine) n'ait été traité en classe.

III-1 Population et échantillon

Il nous a paru intéressant dans un premier temps de cibler des élèves qui avaient déjà étudié la génétique dite classique, soit comment les caractères héréditaires se transmettent de génération en génération, puisque dans la suite logique de leurs études, ceux-ci allaient aborder le sujet de l'expression génique, l'explication moléculaire du lien entre génotype et phénotype. Finalement, nous avons élargi notre échantillon aussi à des classes n'ayant pas forcément encore traité du sujet de la génétique classique, d'une part du fait des classes qui nous ont été attribuées pour nos stages respectifs et, d'autre part, parce qu'il peut être intéressant de comparer les conceptions naïves d'élèves issus de différents cursus. Par contre, pour les quatre classes interrogées, nous nous sommes assuré que le sujet de la génétique moléculaire n'avait pas encore été abordé.

Il est à noter que la classe de 3^{ème} année en option spécifique biologie-chimie (Tableau 2, classe numéro 4) du Gymnase Intercantonal de la Broye correspond à une classe de 2^{ème} année en option spécifique biologie-chimie dans le plan d'étude vaudois.

Tableau 2. Echantillon d'élèves interrogés.

Classe	Voie	Nombre d'élèves
1	2 ^{ème} année maturité, classe d'option spécifique biologie-chimie	17
2	2 ^{ème} année maturité, classe de discipline fondamentale biologie	20
3	1 ^{ère} année, classe d'école de culture générale, option santé	19
4	3 ^{ème} année maturité, classe d'option spécifique biologie-chimie	12

III-2 Élaboration de la question

Certaines préconceptions récurrentes ont déjà été identifiées et largement étudiées concernant l'enseignement de la biologie. Citons par exemple la double tuyauterie digestive, l'une pour les liquides, l'autre pour les solides ; la ventilation comme seule respiration, la photosynthèse comme « respiration à l'envers » ou encore la difficulté de concevoir qu'une paroi (comme la membrane plasmique ou la paroi des capillaires sanguins) peut à la fois limiter et être perméable (Clément, 1998). Lors de nos recherches, nous n'avons cependant pas trouvé de données sur d'éventuelles conceptions naïves liées à l'apprentissage de la génétique, et encore moins de la génétique moléculaire. Partant de là, puisque nous ne connaissons pas *à priori* les préconceptions des élèves du secondaire II sur la façon dont le phénotype s'exprime à partir des informations contenues au sein de la molécule d'ADN, nous avons élaboré une question nous permettant de faire émerger ces conceptions naïves. Le document que nous avons distribué aux élèves (Figure 1) tient sur une demi-page A4 et comporte la question à laquelle nous avons demandé aux élèves de répondre par un dessin et un commentaire écrit.

A votre avis, comment des informations portées par l'ADN peuvent-elles se traduire en caractères visibles ?

ADN

Expression génétique

?

Couleur des cheveux, groupe sanguin, pigmentation, ... etc

Cellule

Faites un schéma montrant comment l'information encodée dans la molécule d'ADN peut être traduite par les cellules en caractères précis, tels que la couleur des cheveux, le groupe sanguin ou, comme dans le cas de l'albinisme, l'absence totale de pigmentation. Accompagnez ce schéma d'un commentaire explicatif d'une longueur maximum d'une demi-page.

Figure 1. Document distribué aux élèves.

Nous avons posé une question ouverte afin de ne pas biaiser les réponses des élèves. Nous avons délibérément utilisé un vocabulaire simple, sans termes techniques, comme « génotype » ou « phénotype », afin que notre question soit accessible même aux élèves n'ayant pas encore acquis ces notions préalablement. Le schéma qui accompagne la question

est là pour poser un contexte à notre question : nous partons d'une molécule, l'ADN, qui contient de l'information dans la cellule, et nous voulons savoir ce qui se passe à partir de là pour aboutir à une caractéristique visible. Nous donnons des exemples de ces caractères visibles (couleur des cheveux, groupes sanguins, ...) pour que les élèves visualisent l'entier du processus mais ce que nous souhaitons savoir c'est ce qui se passe entre l'ADN et le résultat final visible.

Dans la consigne, nous demandons aux élèves d'effectuer un schéma et de l'accompagner d'un court commentaire explicatif. De cette manière, nous espérons avoir des résultats comparables et suffisamment explicites pour que nous puissions les interpréter.

III-3 Instrument de collecte des données

Le document de la figure 1 a été distribué aux classes au début d'un cours de biologie par leur enseignant. Il a été précisé que ce document n'était en aucun cas évalué et que les données recueillies serviraient à la rédaction d'un mémoire professionnel dans le cadre de notre formation à la HEP Vaud. De plus, il a été précisé aux élèves que leurs réponses resteraient strictement anonymes, d'ailleurs les productions rendues par les élèves ne sont pas nominatives. Les élèves ont eu quinze minutes pour se prêter à l'exercice de façon individuelle et les réponses ont ensuite été récupérées pour analyse.

III-4 Méthode de traitement des données

Tout d'abord, précisons que nous avons retiré des données analysées un certain nombre de réponses reçues. En effet, certains élèves ayant rendu feuille blanche ou une feuille sur laquelle la seule réponse était « Je ne sais pas » ou « Je n'en ai aucune idée », cela ne nous a pas paru être des données utilisables. Nous pourrions être tentés de déduire de ces données que pour les élèves concernés, la tâche demandée fait appel à des notions trop abstraites et qu'il est difficile pour eux de conceptualiser ou de modéliser le processus en question. Mais il se peut tout aussi bien que certains de ces élèves n'ont pas eu le temps de produire une explication ou pas voulu réfléchir à la question ou encore pas souhaité répondre. Nous avons donc décidé de ne pas faire d'extrapolations à partir de ces données. Sur les soixante-huit réponses reçues, seize ont été ainsi écartées.

De plus, cinq élèves se sont annoncés sur leur document comme refaisant leur année. Nous avons décidé de ne pas tenir compte de leur réponses non plus, puisqu'ils ne répondent pas au critère de ne pas avoir déjà étudié les mécanismes de transcription et de traduction dans la cellule. Leurs réponses ne sont pas tant révélatrices de leurs préconceptions mais certainement plus de souvenirs d'un thème traité précédemment ou d'un savoir déjà acquis.

Deux élèves de la classe de 3^{ème} année option spécifique biologie-chimie ont répondu à notre question en recrutant les notions d'ADN produisant des ARN qui sont ensuite traduits en protéines, soit le modèle qui est présenté en classe usuellement pour expliquer l'expression des caractères après avoir étudié les principes de l'hérédité. Ces deux élèves ne se sont pas annoncés comme refaisant l'année, mais comme leur réponse est assez précise, nous ne pouvons pas exclure qu'ils avaient déjà étudié le sujet et, dès lors, leur réponse ne pourrait pas être considérée comme une préconception et ne rentre pas dans le cadre de notre recherche. Il nous paraît alors plus précautionneux d'exclure ces deux réponses de notre analyse.

Pour les données que nous considérons analysables dans le contexte de la question que nous nous posons, c'est-à-dire quarante-cinq sur les soixante-huit reçues, nous avons procédé à un tri. Nous avons regroupé les réponses qui partageaient des similarités de raisonnement. Pour cela, nous avons recherché des mots-clés ou des idées récurrentes qui nous ont permis de catégoriser les réponses des élèves. Nous n'avons pas fait d'analyse séparée pour les dessins et les réponses écrites puisque certains élèves n'ont pas accompagné leur commentaire d'un schéma. Nous avons donc considéré chaque réponse dans sa globalité.

III-5 Limites méthodologiques

L'étude des réponses données par les élèves de quatre classes du secondaire II ne saurait être exhaustive. En effet, dans le cadre de ce travail de mémoire et dans le laps de temps qui nous était imparti, nous n'avons pas pu nous permettre d'interroger tous les élèves du secondaire II n'ayant pas encore étudié la génétique moléculaire. Pour que notre échantillon soit plus représentatif, il aurait fallu transmettre notre question à des classes de toutes les filières représentées dans le plan d'étude et, ce dans plusieurs gymnases différents. Cela dit, notre échantillon, aussi réduit soit-il devrait nous permettre de considérer notre recherche comme une exploration en première approche, une prise d'information.

De plus, il est à noter que notre façon d'analyser les réponses que nous avons récoltées pourrait être complétée. En effet, en nous basant uniquement sur notre compréhension des écrits des élèves, il est certain qu'une part de notre analyse est sujette à l'interprétation. D'une part, leur expression écrite n'est pas toujours totalement maîtrisée et, d'autre part, certaines réponses sont pour le moins laconiques et ne reflètent peut-être pas totalement l'idée que les élèves souhaitaient mettre en avant. Si le temps nous l'avait permis, nous aurions pu effectuer ce premier travail d'interprétation des données et, ensuite, le compléter avec des entretiens individuels avec chaque élève afin de déterminer plus précisément et de façon plus complète

le sens de leurs réponses. En reprenant avec eux leur réponse et en éclaircissant certains points, nous aurions alors une vision plus juste et plus aisément interprétable.

III-6 Analyse à priori, réponses des élèves envisagées

Lorsque nous avons préparé le document présenté à la figure 1, nous nous sommes interrogés sur les réponses que nous pensions obtenir de la part des élèves. Nous étions très curieux de découvrir ce qu'ils allaient répondre, puisque le sujet est tout de même très abstrait en soi. Nous pensions que les élèves refaisant leur année (redoublement, raccordement) et ayant traité du sujet l'année précédente allaient naturellement évoquer le modèle ADN → ARN messager → protéine, qui explique en partie l'expression des caractéristiques des individus par le fait qu'à partir de l'ADN, les cellules produisent des protéines et que ce sont ces protéines qui définissent le phénotype. Par contre, il nous paraissait difficile pour un élève ne connaissant pas ce principe d'imaginer naïvement que cela puisse se produire ainsi. Nous redoutions que pour des concepts aussi précis et abstraits, car agissant à un niveau moléculaire, les élèves n'aient finalement pas réellement d'idée préconçue, soit parce qu'ils ne se sont jamais vraiment posé la question, soit parce que le temps imparti pour répondre à notre question ne serait pas suffisant pour qu'ils élaborent leur propre modèle de l'expression génique. Nous imaginions cependant que les élèves, conscients que l'ADN est une molécule contenant uniquement de l'information, allaient proposer des explications personnelles concernant l'expression du phénotype.

Chapitre IV : Présentation, analyse et interprétation des résultats

Pour terminer, c'est dans cette partie que les fruits de notre travail vont être exposés. Nous en discuterons de manière non exhaustive et proposerons des réponses à la question que nous nous posions avant l'élaboration de cette étude, ainsi que des pistes pour aller plus loin dans une autre recherche.

IV-1 Présentation des résultats

A partir des soixante-huit réponses que nous avons récoltées, nous en avons donc analysées quarante-cinq qui correspondent à nos critères de recherche, à savoir des réponses qui nous donnent une indication sur les conceptions que les élèves peuvent avoir sur l'expression du phénotype avant d'avoir étudié les principes de transcription et de traduction en protéines. Après une lecture attentive de toutes les réponses et une recherche des idées et mots-clés apparaissant de façon récurrente, nous avons pu définir quatre catégories de réponses. Le tableau ci-dessous récapitule ces réponses, classées selon le nombre d'occurrence.

Tableau 3. Récapitulatif des réponses les plus souvent données. Les valeurs correspondent au nombre d'élèves de chaque classe entrant dans chacune des catégories de réponses.

Réponses ordonnées par nombre d'occurrences	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
ADN/gènes/hérédité responsables des caractères	3	7	11	3	24
ARN responsables des caractères/ARN libérés hors des cellules pour transmettre l'information	2	-	2	3	7
Cellules lisent/décodent/voient l'ADN	3	-	1	1	5

IV-1.1 L'hérédité/l'ADN/les gènes sont responsables des caractères

Plus de la moitié des élèves, soit 53,3% des réponses, invoque l'ADN, les gènes ou les principes de l'hérédité (la transmission de caractères des parents aux descendants) comme seule explication à l'expression des caractères (Annexe I : deux réponses représentatives). Dans ces réponses, nous ne trouvons pas de réelle explication sur comment les informations portées par l'ADN peuvent se traduire en caractères visibles. En effet, ici, pour eux, la molécule d'ADN semble suffire, en elle-même pour l'expression des caractères. Ainsi, « L'ADN transporte le mode d'emploi de notre corps », « On a les même gènes que nos parents », « Tous les ADN sont différents donc peut-être que les caractères visibles se traduisent par la grandeur de la molécule d'ADN », « Y'a une histoire avec des chromosomes » sont des explications représentatives de ce que nous trouvons dans cette catégorie de réponses. Généralement, lorsque les réponses sont accompagnées d'un dessin, celui-ci représente une molécule d'ADN ou un chromosome.

IV-1.2 Les ARN sont responsables de l'expression des caractères

Sept élèves sur quarante-cinq, soit 15,5% des réponses, expliquent l'expression des caractères par le fait que de l'ARN est produit à partir de l'ADN et que ce sont les ARN qui font exprimer les caractères (Annexe II : deux réponses représentatives). Deux élèves attribuent directement ce rôle aux molécules d'ARN (« L'ADN devient de l'ARN. Ce dernier peut sortir du noyau de la cellule. Ce sera l'ARN qui transmettra ces informations » ; « L'ADN se transforme en ARN. Les lettres présentes le long des torsades vont se lier ensemble pour donner les caractères précis ») alors que les cinq autres imaginent que les ARN sont produits à partir de l'ADN, puis sortent de la cellule pour faire exprimer les caractères aux autres parties du corps. Par exemple : « L'ARN exporte l'ADN hors de la cellule et fait ressortir un ou

plusieurs caractères physiques », « L'ADN va faire l'information puis l'envoyer dans un ARN qui peut sortir du noyau [...] va pouvoir traverser la membrane cellulaire et sortir de la cellule pour aller jusqu'au cerveau qui va ensuite faire le reste ».

IV-1.3 Les cellules lisent/décodent/voient l'ADN

Cinq élèves sur quarante-cinq, soit 11,1% des réponses reçues, proposent un système de décodage, de lecture de l'ADN (Annexe III : deux réponses représentatives). L'explication sur ce qui permet aux caractères de s'exprimer n'est jamais donnée mais nous retrouvons dans ces réponses une idée de nécessité d'autre chose que la molécule d'ADN seule. Voici quelques réponses représentatives de cette catégorie : « L'ADN est retranscrit puis décodé », « J'imagine une enzyme qui fait le transfert. Elle lit l'ADN comme un code-barres puis envoie l'information aux cellules qui créent nos cheveux, yeux, ... » ou encore « Ceci existe, car dans tout notre corps, il y a des cellules qui permettent de voir nos 'gènes' ».

IV-1.4 Réponses apparaissant avec une seule occurrence

Neuf réponses obtenues n'entrent dans aucune des catégories mentionnées jusque-là et ne peuvent être regroupées entre elles pour former de nouvelles catégories. Elles ont chacune été données par un seul élève. Elles sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Réponses n'entrant dans aucune des catégories définies.

Réponses avec une seule occurrence
a) « Chaque ADN a une hormone spéciale qui définit soit la couleur de nos yeux, cheveux. »
b) « La cellule qui contient le gène de la couleur des yeux va se déplacer près des yeux. La connexion des cellules possédant les mêmes gènes vont former le résultat demandé. »
c) « D'abord, les gènes sont dans les cellules ADN. Puis ils se doublent et leur doublage sont dans la cellule phénotype. » (dessin montrant des cellules ADN et des cellules phénotypes)
d) « Tout est composé de cellules remplies d'ADN contenant la même info. Ces informations doivent être transmises par signal électrique et grâce à la réfraction de la lumière, nous voyons les cheveux de couleur brune par exemple. »
e) « Selon moi, des molécules accrochées à l'ADN sont libérées dans la cellule et ce sont ces molécules qui transportent les informations et iront se fixer sur les organites et la paroi. »

f) Dessin montrant l'ADN qui donne de l'ARN. Ensuite une phase de traitement des informations (« je ne sais pas où ») et un lien vers les glandes qui sécrètent « selon les ordres ».

g) « C'est l'ARN qui apporte les messages codés de l'ADN dans la cellule. Une fois sorti du noyau, il déverse les messages et ces derniers vont aller se stocker dans des récepteurs précis. C'est grâce à cette liaison message-récepteur que les couleurs de cheveux, le groupe sanguin et la pigmentation peuvent être définis. »

h) « Les informations circulent dans notre corps ».

i) « Pendant l'ovulation, l'ADN entre dans toutes les cellules du corps, puis dans les organites. » (dessin représentant l'ADN → chromosomes → cellules → organites → ex : couleur des cheveux)

IV-2 Analyse des données

Lorsque nous regardons les résultats présentés précédemment, il est frappant de voir que plus de la moitié des élèves arrêtent leur raisonnement à la molécule d'ADN (cf. Tableau 3). Que le terme utilisé soit « gènes », « chromosomes » ou « allèles », ces élèves semblent accepter sans autre forme de questionnement que c'est la molécule d'ADN qui est directement responsable de l'expression des caractères. Si nous possédons tel gène, alors nous exprimons un caractère sous telle forme. Il y a là un raccourci presque « magique » entre le génotype et le phénotype et tout ce qui peut se passer au niveau moléculaire dans la cellule est complètement occulté. Dans le même registre d'idée, dans le tableau 4, cinq réponses données (b, c, d, h et i) ne proposent pas non plus réellement d'autres alternatives que l'ADN comme explication à l'expression des caractères. Pour ces cinq réponses, il y a néanmoins une idée de localisation de l'ADN ou de l'information qui émerge mais aucun produit moléculaire issu de l'ADN n'est envisagé.

Nous pourrions nous poser la question de savoir quelle est la raison pour laquelle une grande majorité des élèves de cette étude voient en l'ADN le seul responsable du phénotype même si notre méthodologie ne nous permet pas de répondre à cette interrogation. Est-ce que la façon d'aborder la génétique à l'école en commençant par parler d'hérédité (transmission de gènes) au sens large sans donner d'explications moléculaires à ce phénomène induit ce raccourci de la pensée ? Est-ce que la différence entre les concepts d'information et d'expression est bien

définie dans l'esprit des élèves ? Le fait que la double-hélice d'ADN et les gènes soient devenus presque des icônes représentant la base de la vie dans la culture populaire influence-t-il les conceptions des élèves ? De fait, les autres composants moléculaires des cellules ne sont jamais vraiment mis en avant sauf dans le cadre des cours de biologie. Par contre l'ADN, simple molécule de l'information héréditaire, a acquis un statut culturel « semblable à celui de l'âme dans la Bible » et parfois, l'Homme est réduit à un « paquet de gènes » (Testart, 1998). Il est intéressant de voir qu'une certaine proportion des élèves apporte un raisonnement qui va au-delà de la molécule d'ADN. En effet, dans le tableau 3, cinq réponses proposent un système de décodage, de lecture de l'ADN. Pour trois de ces élèves, le mécanisme est très vague (« les cellules permettent de voir nos gènes », « L'ADN est décodé », « La suite de lettres de l'ADN est lue par nos cellules ») alors que pour deux d'entre eux ce sont des enzymes ou des protéines qui lisent l'ADN. Dans ces réponses, il n'y a pas réellement d'explication donnée qui va jusqu'à la raison de l'expression des caractères mais la molécule d'ADN semble assumer sa place de simple porteuse de l'information. Il faut quelque chose d'autre pour que le phénotype s'exprime. Les produits issus de l'ADN expliquant le phénotype (ARN, protéines) ne sont pas mentionnés mais il est clairement sous-entendu dans ces réponses que quelque chose se passe à partir de l'information contenue dans l'ADN. Sept réponses sur quarante-cinq (cf. Tableau 3) impliquent directement les molécules d'ARN comme responsables du phénotype. Dans ces réponses, il nous paraît intéressant de relever que l'ARN émerge comme une production faite à partir de l'ADN qui, lui, joue son rôle de molécule de support de l'information uniquement. Et ce sont ces molécules produites à partir de l'information contenue dans le noyau cellulaire qui ont un rôle actif dans l'établissement du phénotype. Cette vision, même si incomplète et approximative, se rapproche de la réalité biologique du phénotype : ce sont les produits issus de l'ADN qui établissent l'expression des caractères. De plus, nous retrouvons cette idée dans quatre réponses listées dans le tableau 4 (a, e, f et g). Que ce soient « une hormone spéciale », « des molécules attachées à l'ADN » ou « les ARN », les élèves évoquent dans ces réponses d'autres molécules que l'ADN pour justifier l'expression des caractères.

En bref et en tenant compte de toutes les réponses reçues, il nous semble que nous voyons émerger trois tendances distinctes lorsqu'il s'agit d'expliquer l'expression des caractères et le rôle que joue l'ADN dans ce processus (Tableau 5). Une catégorie de réponses n'envisageant que la molécule d'ADN, une autre qui laisse entendre que l'ADN contient de l'information qui doit être décryptée et, enfin, une dernière qui met en avant le fait que d'autres molécules doivent être produites à partir de l'ADN pour assurer l'expression du phénotype.

Tableau 5. Catégorisation des réponses en fonction du rôle attribué à l'ADN.

Catégorie de réponses	Nombre de réponses	Pourcentage
Tout ADN	29	64.44%
Lecture de l'ADN	5	11.11%
Molécules issues de l'ADN	11	24.45%

Donc, partant du constat que près de deux tiers des réponses se basent sur un modèle « tout ADN », il nous paraît pertinent de proposer une activité pédagogique à mener en classe qui tient compte de cet état de fait afin de faire prendre conscience aux élèves de la nature purement informative de l'ADN avant d'aborder les notions de transcription et de traduction dans la cellule.

IV-3 Proposition d'activité pédagogique

Après analyse de nos résultats, il apparaît que peu d'élèves envisagent que d'autres molécules que l'ADN puissent intervenir dans l'expression du phénotype. Pour mettre en place un enseignement efficace, il est nécessaire de prendre en compte ce « déjà-là » dans la tête des élèves. Il est souvent envisagé (Giordan & De Vecchi, 1987 ; Mathy, 1997 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004) que les conceptions des élèves puissent servir de diagnostic : les étudier permet de mettre à jour des obstacles auxquels les élèves peuvent être confrontés lors de leurs apprentissages.

Il nous paraît dès lors intéressant, avant d'aborder la problématique de la transcription des ARNm et de la traduction de protéines dans une séquence de cours, de confronter les élèves à une situation-problème dans laquelle la seule responsabilité de l'ADN pour l'établissement du phénotype ne suffit pas à justifier et expliquer le problème. En effet, il a été montré dans la littérature scientifique qu'un moyen pour utiliser efficacement la conception d'un élève comme levier d'apprentissage est d'introduire une perturbation cognitive, une sorte de dissonance qui heurte la conception de l'élève (Pellaud, Eastes & Giordan, 2005). Cette perturbation agit comme un déclencheur qui peut permettre une reformulation du savoir.

La figure 2 illustre l'activité que nous proposons dans ce but. Le travail se fait en groupe afin de susciter la discussion et la confrontation des différents points de vue. L'activité se déroule essentiellement en deux phases. Dans un premier temps, chaque élève prend connaissance de la situation décrite en haut de la page. A partir de cette situation, l'élève décide

individuellement si l'explication du tout ADN lui convient ou complète l'explication s'il pense que d'autres mécanismes entrent en jeu. Cette phase devrait permettre aux élèves de formaliser leur conception, de la même manière que la question que nous avons utilisée pour la rédaction de ce mémoire. Nous nous attendons, à ce stade, à ce que l'idée générale mise en avant dans la situation décrite soit plutôt acceptée par les élèves et qu'ils aient tendance à adhérer à l'explication du tout ADN si les résultats de notre recherche s'avèrent représentatifs de leurs préconceptions.

Dans une deuxième phase, une situation-problème est décrite et les élèves doivent en discuter en groupe. Cette situation doit confronter les élèves avec leur conception. Dans ce cas, la seule responsabilité de l'ADN pour établir l'expression du caractère ne saurait suffire pour justifier les résultats observés. Cette situation-problème est censée remettre en question le modèle établi dans l'esprit des élèves qui attribuent au seul ADN la responsabilité de l'expression des caractères. En effet, les expériences 1 et 2 vont dans le sens de la préconception la plus observée dans notre recherche, à savoir que les bactéries possédant un gène *lacZ* sans mutation expriment le phénotype bleu alors que si l'ADN est modifié (mutation), alors le phénotype change (blanc). Avec l'expérience 3, des bactéries possédant le gène *lacZ*, dans les conditions décrites, montrent pourtant un phénotype blanc. Ceci devrait faire émerger chez les élèves l'idée que la seule possession d'un gène par un organisme ne suffit pas à déterminer son phénotype. Idée confirmée avec l'expérience 4, dans laquelle des bactéries avec un gène muté montrent tout de même un phénotype bleu dans les conditions décrites. Nous nous attendons, à ce stade, à ce que les élèves, dans leur discussion, arrivent à la conclusion que même s'ils ne savent pas exactement ce qui se passe d'un point de vue mécanistique, ils arrivent à émettre l'hypothèse que l'information contenue dans la molécule d'ADN ne suffit pas à elle-seule pour expliquer l'expression des caractères. Dans le meilleur des cas, ils arriveront à la conclusion qu'il peut y avoir une influence de l'environnement (expérience 3) et/ou des molécules exprimées par la cellule (expérience 4).

Dans un troisième temps, nous proposons de faire une mise en commun oralement en classe de ce qui est ressorti au sein de chaque groupe et de pouvoir faire ressortir l'idée que des composants moléculaires autres que l'ADN doivent être présents dans et autour des cellules afin que celles-ci expriment un phénotype, ouvrant la porte pour des explications plus détaillées sur la transcription d'ARNm et la traduction en protéines par la suite. C'est en tout cas le message que nous souhaiterions que les élèves ramènent à la maison à l'issue de cette activité.

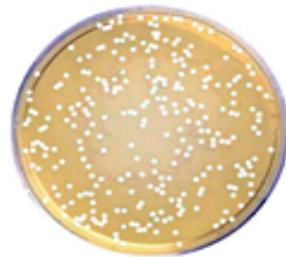
Nous identifions néanmoins quelques problèmes que pourrait susciter une telle activité. D'abord, notons que les images utilisées représentent des cultures de bactéries sur un milieu nutritif solide avec des colonies de bactéries s'étant développées dessus. Il n'est pas impossible que des élèves n'aient jamais vu de telles expériences, auquel cas il serait nécessaire pour l'enseignant d'explicitier ce qui est observé dans ces figures. Cependant, nous imaginons que cela ne devrait pas être un trop grand obstacle à la compréhension, puisque la culture de bactéries est un travail pratique qui se fait couramment déjà en cours de sciences dans le secondaire I. La notion d'enzyme peut aussi être un frein à la compréhension si cela n'a jamais été vu en classe auparavant. Si cette notion pose problème, il est alors possible de guider les élèves en expliquant brièvement ce qu'est une enzyme (une molécule produite par la cellule qui catalyse une réaction chimique) afin de débloquer la situation.

José est un jeune gymnasiens de 17 ans. Lors d'un repas de famille, ses parents se demandent comment cela se fait concrètement que nous puissions avoir des phénotypes différents (couleur des yeux, des cheveux, taille, ... etc.) alors que l'ADN est une molécule porteuse d'information. José leur donne l'explication suivante : « Nous en avons parlé pendant nos cours de biologie ce semestre, en fait, c'est bien la molécule d'ADN et elle seule qui définit notre phénotype. Si on a le gène (allèle) des yeux bruns, alors on a les yeux bruns. C'est aussi simple que ça ! »

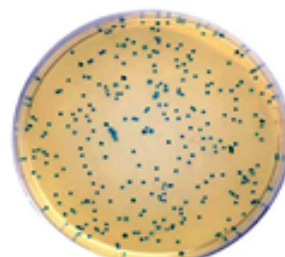
Question : Que pensez-vous de l'explication de José ? Cela correspond-t-il à votre vision de la génétique ? Si non, veuillez compléter en quelques mots son explication.

Situation-problème :

Les bactéries de l'espèce *Escherichia coli* possèdent dans leur ADN un gène, appelé lacZ, qui leur permet d'utiliser le lactose (un sucre du lait) comme source d'énergie dans les cas où le glucose (principale source d'énergie) vient à manquer. Les bactéries possédant le gène lacZ ont, en outre, la particularité de devenir bleues (phénotype) si on leur donne comme nutriment une molécule appelée X-gal. En effet, les bactéries transforment chimiquement le X-gal en un composé de couleur bleue.

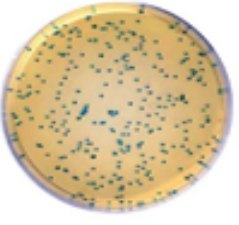

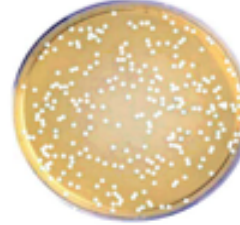
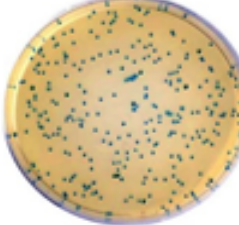


Bactéries cultivées sans X-gal



Bactéries cultivées en présence de X-gal

Nous avons effectué les expériences suivantes :

Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4
			
Bactéries avec gène lacZ normal cultivées avec X-gal	Bactéries avec gène lacZ muté (séquence de nucléotides de l'ADN modifiée) cultivées avec X-gal	Bactéries avec gène lacZ normal cultivées avec X-gal et du galactose (molécule n'ayant aucun effet sur l'ADN)	Bactéries avec gène lacZ muté cultivées avec X-gal auxquelles on fait exprimer la β -galactosidase (une enzyme)

Question : A la vue des éléments présentés ci-dessus, veuillez rediscuter en groupe de l'affirmation de José concernant le rôle de l'ADN dans l'expression du phénotype. A-t-il raison ? Son explication est-elle complète ?

Veuillez formuler une hypothèse sur ce qui influence l'expression du phénotype dans les organismes vivants.

Figure 2. Activité pédagogique proposée pour susciter une perturbation cognitive chez les élèves.

Conclusion

Si l'étude des conceptions naïves des élèves, par le biais de notre méthodologie, n'est pas suffisamment complète et exhaustive pour en tirer des conclusions définitives, cela nous a cependant permis une première exploration dans ce domaine et de récupérer une information que nous considérons exploitable. En effet, il est utile, dans le cadre de l'enseignement d'une discipline, de tenir compte des représentations que se font les élèves des concepts que nous leur enseignons, ou du moins d'en avoir conscience afin d'effectuer des choix didactiques plus pertinents. Si nous avons à l'esprit, avant d'aborder les notions de transcription et de traduction, que la majorité des élèves n'imagine même pas que d'autres molécules que l'ADN puissent participer à l'établissement du phénotype d'un organisme, alors, en première approche, il est certainement intéressant de prendre du temps pour faire germer cette idée dans leur esprit. C'est le but recherché avec l'activité pédagogique que nous proposons et que nous avons analysée à la fin de ce travail.

Bibliographie

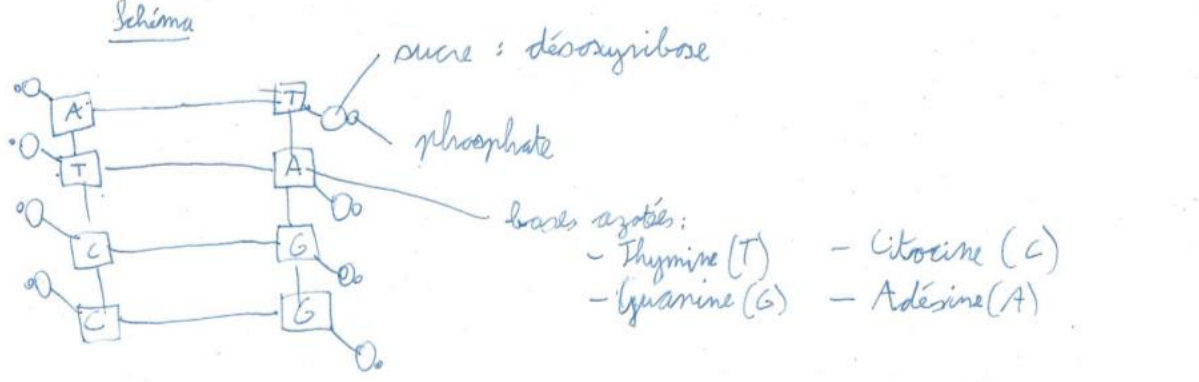
- Astolfi, J. P. (1992). *L'école pour apprendre* (Vol. 205). Paris: ESF.
- Astolfi, J. P. (2011). *L'erreur, un outil pour enseigner*. ESF éditeur.
- Astolfi, J. P. B. & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*.
- Astolfi, J. P., & PETERFALVI, B. (1993). *Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales*.
- Astolfi, J. P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies*. Paris Bruxelles: De Boeck université.
- Britt-Mari, B. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Retz/VUEF.
- Clément, P. (1998). *La biologie et sa didactique, dix ans de recherche*. Aster, 1998, 27" Thèmes, thèses, tendances".
- DALONGEVILLE, A., & HUBER, M. (2000). *Former par les situations-problèmes. Des déstabilisations constructives*.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Presses universitaires de France.
- Gilabert, H. (1989). *L'apprentissage de l'abstraction. Entretien avec Britt-Mari Barth*. *Communication et langages*, 81(1), 5-12.
- Giordan, A. (2007). *Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage*. Internet Adresi: <http://www.lides.unige.ch/publi/rech/concep/concep.htm>, Erişim Tarihi, 1.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux conceptions scientifiques*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1994). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche?"*. Delagrave; Z'éditions.
- Groupe de recherche en sciences économiques et sociales [SES] – Académie de Grenoble. (2006). *Fiches de lectures*. Repéré à http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/ses/Content/stages/FC_pedago_2007/Fiches_de_lecture/Dalongeville_situation_probleme.htm
- Host, V., & RUMELHARD, G. (1988). *La Génétique et ses représentations dans l'enseignement*. (Exploration: recherches en sciences de l'éducation).
- Martinand, J. L., Astolfi, J. P., & Rumelhard, G. (1994). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. P. Lang.

- Mathy, P. (1997). Donner du sens aux cours de sciences: des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants. De Boeck Supérieur.
- Pellaud, F., Eastes, R. E., & Giordan, A. (2005). Un modèle pour comprendre l'apprendre: le modèle allostérique. *Gymnasium Helveticum*, 1(5), 18-24.
- Piaget, J. (1937). La construction du réel chez l'enfant.
- Piaget, J. (1948). La naissance de l'intelligence chez l'enfant.
- Rumelhard, G., & Jacquard, A. (1986). La génétique et ses représentations dans l'enseignement. Berne: Peter Lang.
- TESTART, J. P., Lindee, S., NELKIN, D., & BLANC, M. T. (1998). La mystique de l'ADN: pourquoi sommes-nous fascinés par le gène?. Editions Belin.
- Verhaeghe, J. C. (2004). Pratiquer l'épistémologie: un manuel d'initiation pour les maîtres et formateurs. De Boeck Supérieur.

Annexes


I – Deux réponses représentatives de la catégorie « L'hérédité/l'ADN/les gènes sont responsables des caractères »

schéma



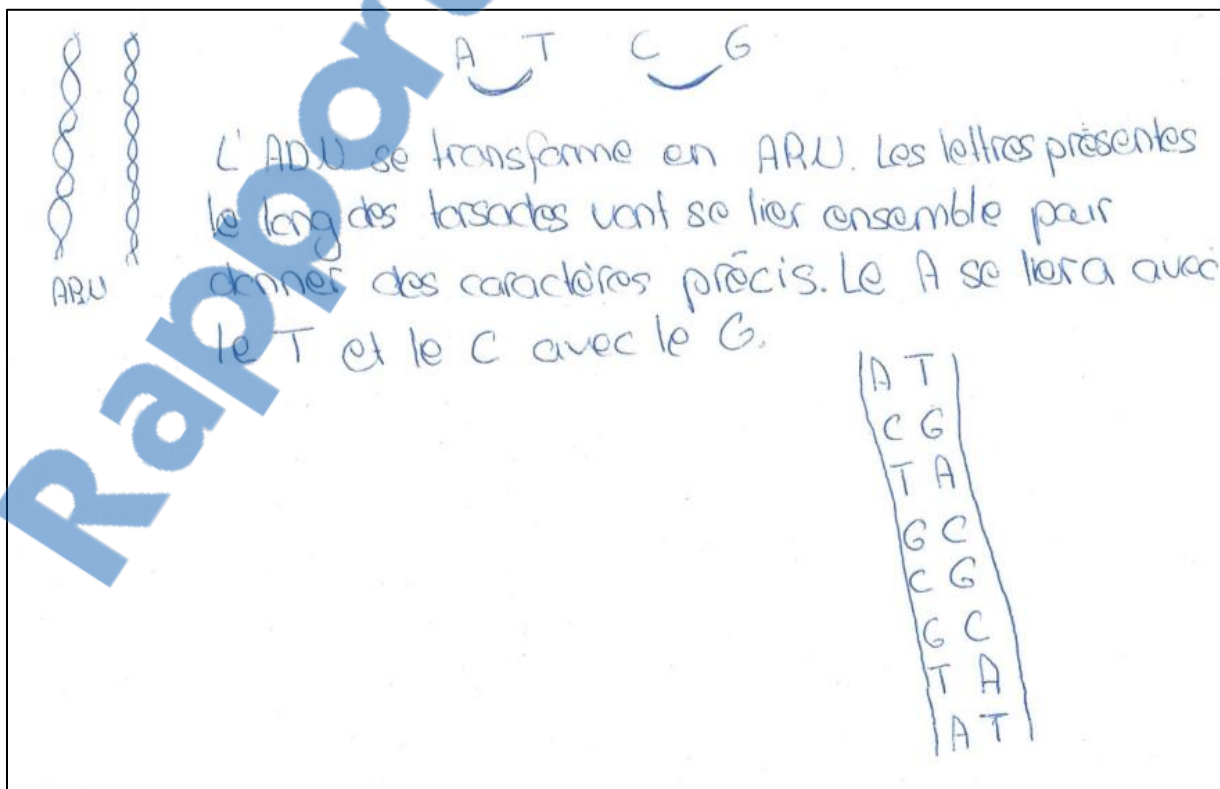
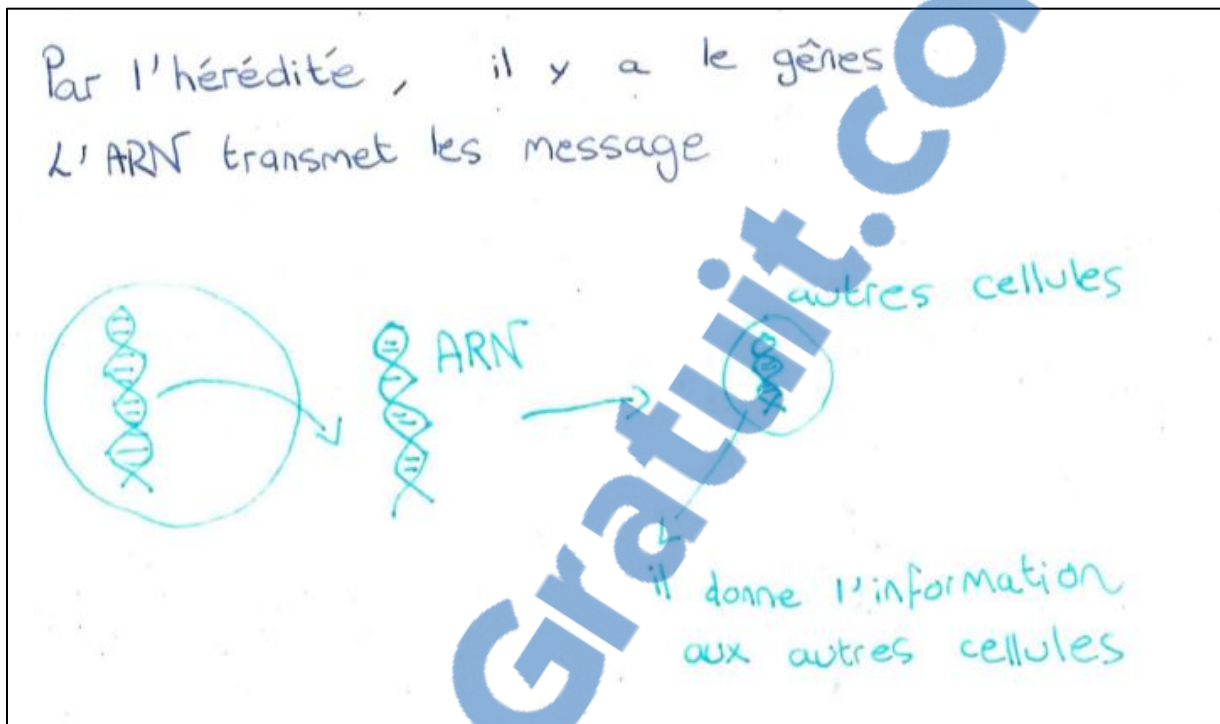
sucres : désoxyribose
phosphate
bases azotées:
- Thymine (T) - Cytosine (C)
- Guanine (G) - Adénine (A)

J' imagine que cela est cette double suite de bases azotées qui forme les gènes et donc ^{qui donne} la couleur des cheveux, le groupe sanguin, etc...

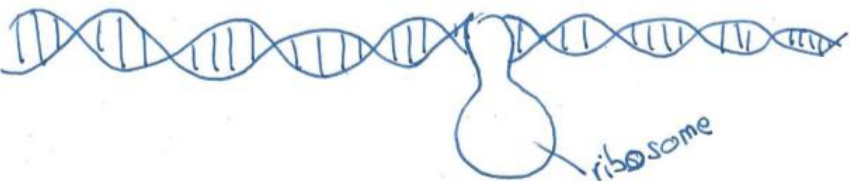


L'ADN est composé d'acides ces acides c'est ce qui forment tout ce qu'on est, chaque acide à un "copain" par exemple ici, se jaune doit aller toujours avec de bleu et de vert avec de rose, mais quand ça change cette ordre, ça peu changer notre corps comme par exemple une personne albine.

II – Deux réponses représentatives de la catégorie « Les ARN sont responsables de l'expression des caractères »



III – Deux réponses représentatives de la catégorie « Les cellules lisent/décodent/voient l'ADN »



Le ribosome va lire l'ADN
 Mais si par exemple il lit un A qui n'est pas en face du T
 bah c'est un défaut et peut-être que c'est là que il y aura des
 mal formation ou des maladies qui sont dans le gène. Et l'ordre
 de "A,T,G..." C'est ce qui fait la couleurs des yeux, cheveux, peau...

A	T	} suivant la suite de lettres correspond aux lettres de l'ADN Cette suite va être lue et traduite par nos cellules qui va y associer la couleur de cheveux etc. Chaque caractéristique (albinisme, groupe sanguin) a sa suite de lettres correspondantes.
G	C	
G	C	
A	T	
A	T	
G	C	
A	T	
G	C	

Résumé

Il est aujourd'hui accepté que les apprenants, loin d'être des « têtes vides » que les enseignants ont la tâche de remplir avec du savoir disciplinaire, arrivent en classe avec leurs préconceptions à propos du monde les entourant. Ces conceptions sont parfois erronées et éloignées des conceptions scientifiques que les enseignants essaient de leur transmettre. Elles peuvent donc être considérées comme des obstacles à l'apprentissage. Néanmoins, les nombreuses recherches effectuées en didactiques, et particulièrement en didactiques des sciences dans notre cas, ont montré que les préconceptions des élèves peuvent aussi être utilisées comme des leviers d'apprentissage lorsqu'elles sont identifiées et confrontées aux conceptions scientifiques. Dans ce travail de recherche, nous avons tenté de déterminer quelles étaient les préconceptions des élèves du secondaire II concernant la génétique moléculaire, soit les mécanismes moléculaires menant à l'expression des gènes, notamment la production par les cellules de protéines, largement responsables du phénotype d'un organisme. Pour cela, nous avons questionné les élèves de quatre classes du secondaire II, leur demandant d'explicitier leur interprétation personnelle quant aux mécanismes se cachant derrière l'expression des gènes. Après analyse des quarante-cinq réponses que nous avons retenues comme étant valides dans le cadre de notre étude, nous concluons que pour près des deux tiers des élèves (64,4%), la seule présence de l'ADN et des gènes portés par celui-ci dans les cellules suffit, sans autre forme de mécanisme moléculaire, à justifier l'apparition de caractères propres chez les organismes. Forts de ce constat, nous proposons une activité pédagogique à mener en classe avant d'aborder les notions moléculaires de la génétique (transcription et traduction) visant à tirer parti de notre observation afin de susciter une perturbation cognitive chez les élèves, ce qui a pour but d'agir comme un déclencheur pour une reformulation du savoir incluant d'autres composants moléculaires que l'ADN dans ce processus.

Mots-clés

Apprentissage ; Préconception ; Obstacle didactique ; Biologie ; Génétique ; Situation-problème