HAL
open science

Favoriser l intérêt des filles pour la génétique par l investigation

Gwendaël Chapel, Patricia Marzin-Janvier, Muriel Ney, Cedric d'Ham

To cite this version:

Gwendaël Chapel, Patricia Marzin-Janvier, Muriel Ney, Cedric d'Ham. Favoriser l intérêt des filles pour la génétique par l investigation. XXIX èmes JIES, 2008, Chamonix, France. pp.303-308. hal-00591626

HAL Id: hal-00591626

https://hal.science/hal-00591626v1

Submitted on 10 May 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

FAVORISER L'INTÉRÊT DES FILLES POUR LA GÉNÉTIQUE PAR L'INVESTIGATION

Gwenda-Ella CHAPEL, Patricia MARZIN, Muriel NEY, Cédric d'HAM
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Équipe MeTAH, Grenoble, France

MOTS-CLÉS :

RÉSUMÉ :

ABSTRACT :

1. INTRODUCTION

Ces dernières années, un désintérêt marqué pour les sciences a été remarqué chez les filles en Europe (OCDE, 2006). Les sciences de la vie, bien qu'étant le domaine le moins touché, subissent une désaffection croissante. Afin d'améliorer l'intérêt des filles pour les sciences, et en particulier pour la biologie, nous avons choisi de leur faire aborder les sciences par le biais de la démarche d'investigation
Il nous paraît également nécessaire que cette méthode permette aux élèves de surpasser des difficultés d'apprentissage liées au domaine choisi. Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes attachés au domaine de la génétique et plus particulièrement à la structure de l'ADN et à ses mutations. Plusieurs études (Recoil Project, Biohead citizen Project) ont montré que ce concept est largement étudié en Europe par les lycéens (16-18 ans) et qu'il existe des difficultés d'apprentissage liées à cette notion.
Par l'intermédiaire de la situation mise en place, nous allons tenter de répondre à deux questions :

- Quelles sont les difficultés des élèves en génétique présentes dans la littérature ?
- Quelles sont les modalités d'une situation d'apprentissage basée sur l'investigation qui permettrait à des élèves de seconde
    - de dépasser leurs difficultés et
    - de susciter l'intérêt des filles pour l'apprentissage de la génétique ?

2. PROBLÈME

Afin d'apporter une réponse à ces questions nous avons choisi de construire une séquence d'enseignement, principalement lors de séances de travaux pratiques, faisant intervenir la conception de protocole expérimental et se basant sur une partie du programme de génétique. Cette séquence s'articulerait autour du thème : « les effets des UV sur l'ADN : mutations induites et risques de développer un cancer de la peau. » Préalablement à cette ingénierie nous avons repéré dans la littérature un certain nombre de difficultés, liées aux travaux pratiques et à certaines notions de génétique.

2.1 Difficultés des élèves liées aux TP

Les travaux de Tiberghien (2001) et Millar (2004) ont montré que, en Europe, l'organisation actuelle des TP n'aide pas les élèves à faire le lien entre les pratiques expérimentales et la théorie. En général, ils n'ont qu'à appliquer un protocole expérimental fourni par l'enseignant et ne s'interrogent pas sur le

choix des paramètres à tester ni sur l'adéquation des résultats et de la conclusion avec le problème de départ. Ce type de TP, qualifié de « cookbook labwork » dans la littérature anglo-saxonne, fait perdre de vue aux élèves le lien à faire entre le domaine pratique et le domaine théorique.

Pour remédier à cette perte de sens, nous avons montré dans une étude récente (Marzin, 2007 ; Chapel, 2007) que la conception d'un protocole expérimental lors d'une séance de travaux pratiques permet aux élèves de construire ce lien grâce à leurs connaissances. Nous avons remarqué que lorsque les élèves imaginent puis rédigent un protocole expérimental, ils s'approprient les concepts en jeu dans le T.P. et réussissent mieux à établir une conclusion au problème de départ à partir de leurs résultats expérimentaux. Nous avons aussi constaté que la formalisation d'une représentation externe, au cours de la rédaction d'un protocole expérimental, aide les élèves à faire évoluer leurs connaissances, car elle leur donne un retour explicite sur leurs choix et les décisions qu'ils ont prises.

2.2 **Difficultés des élèves liées à la notion étudiée**

L'étude du savoir de référence, nécessaire aux élèves pour répondre au problème posé au cours de la séquence, a permis de dégager trois composantes principales :

1) La localisation et la structure de la molécule d'ADN
2) Les caractéristiques du rayonnement UV et ses effets au niveau de la peau, la cellule et l'ADN
3) Les mutations de l'ADN dues aux UV.

Cette étude du savoir de référence nous a permis de cibler nos recherches, lors de l'état de l'art, sur les difficultés des élèves en génétique.

2.2.1 Difficultés en génétique

Les difficultés des élèves en génétique ont fait l'objet de plusieurs études menées ces 25 dernières années. Ainsi Johnstone (1980) a réalisé une étude auprès de 166 élèves en fin de lycée, 167 étudiants en première année d'université (filière biologie) et 50 enseignants. Ils devaient classer 15 thèmes (« topics ») de la biologie selon une échelle :

- Facile, j'ai compris dès la première fois.
- Moyen, j'ai travaillé mais j'ai compris
- Difficile, j'ai travaillé et je n'ai toujours pas compris.
- Je n'ai jamais étudié ce thème.

Les réponses ont été transformées en indice de difficulté selon la formule suivante :

$$\frac{\text{(Nombre d'élèves ayant répondu « difficile ») *100}}{\text{(Nombre total d'élèves) – (Nombre d'élèves qui n'ont jamais étudié la notion)}}$$

À partir de cet indice, un classement des thèmes a été réalisé. Johnstone a ainsi constaté que, sur les 15 thèmes, la génétique était classée 3e par les élèves et les étudiants et 5e par les enseignants. Ces résultats ont été comparés avec le rapport réalisé, comme chaque année, par the Examination Board qui classe aussi la génétique en 3e position parmi les sujets où les candidats ont le plus de difficultés. Cette étude montre donc que la génétique est un champ disciplinaire aussi difficile à apprendre pour les élèves et les étudiants qu'à enseigner pour les professeurs.

Dans une étude plus récente, Bahar (1999) a utilisé la même échelle et le même calcul d'indice auprès de 207 étudiants en première année d'université (filière biologie). Il voulait spécifier les thèmes posant des difficultés, et a étendu la liste des domaines à classer (36) en détaillant certaines notions de génétique. Ses résultats montrent que, parmi les 10 thèmes classés comme étant les plus difficiles, 6 concernent la génétique. Ainsi, le génie génétique est classé 2e et les mutations 10e.

Cette catégorisation de la génétique comme étant un thème difficile peut être expliquée par plusieurs difficultés.

2.2.2 Difficultés liées à la notion d'échelle

Bahar explique, notamment, la difficulté liée à l'existence de la génétique sur plusieurs niveaux. La génétique s'exprime au niveau Macro et tangible, niveau perceptible pour les élèves, par l'observation des caractéristiques morphologiques des êtres vivants (fleurs, insectes, homme). On la retrouve aussi au niveau Micro, sub-micro et moléculaire pour ce qui concerne les gènes, les allèles, la structure de l'ADN et qui explique souvent le niveau Macro. Ce niveau n'est pas accessible, par les sens, pour les élèves. Le dernier niveau est le niveau Symbolique. Il est représenté par les outils mathématiques et lie les évènements du niveau Micro avec les observations faites au niveau Macro (Bahar, 1999).

Ces notions d'échelles et d'interactions entre les niveaux ont également été mises en avant par Marbach-Ad (2000) comme engendrant des difficultés lors de l'apprentissage de la génétique. Il insiste sur le fait que le niveau Micro est généralement enseigné de façon trop théorique et que les élèves n'arrivent donc pas à extrapoler leurs connaissances aux observations faites au niveau Macro, ou font des erreurs lorsqu'ils essayent. Selon Marbach-Ad, cette difficulté à lier les diverses échelles de la génétique est en partie due au fait que ces niveaux sont enseignés séparément dans le temps.

2.2.3 Difficultés liées au caractère abstrait de la notion

Knippels (2005) revient elle aussi sur ce problème Macro-Micro et ajoute celui du caractère abstrait du sujet étudié. Les interviews de 22 élèves de 16-17 ans confortent cette idée. Pour eux, le fait que cette matière ne soit pas reliée aux problèmes du quotidien, personnels ou sociétaux, augmente sa nature

abstraite et engendre une démotivation lors de l'apprentissage. Leur compréhension de la génétique est limitée, confuse et entraîne des difficultés d'apprentissage pour des notions comme la division cellulaire ou les mutations.

2.2.4 Difficultés liées à l'action des UV

Zion (2006) développe l'idée que les élèves possèdent quelques connaissances sur les UV acquises, la plupart du temps, grâce aux médias. Cependant, en accord avec Morimoto (2002), il pense que ces connaissances restent superficielles. Elles ne sont pas connectées les unes aux autres et celles liées aux effets des UV sont très limitées, notamment les effets sur les êtres vivants dont l'Homme. Cela empêche les élèves de comprendre l'ensemble des phénomènes induits par les UV. Morimoto suggère d'enseigner ces effets surtout par des exemples et sur un plus grand nombre d'heures. D'après lui, les microorganismes utilisés comme modèle permettent, certes, de rendre les notions plus concrètes pour les élèves, mais pas suffisamment car il s'agit de matériel familier pour les élèves.

2.2.5 Propositions de TP sur l'action des UV sur l'ADN

1) Afin de dépasser ces difficultés, Zion (2006) propose un TP sur les dommages dus aux radiations UV et le système de réparation de l'ADN bactérien. Il soutient qu'une façon d'aider les élèves à lier le niveau Micro avec le niveau Macro peut se faire grâce à l'étude de petits organismes comme les bactéries (pourtant ce sont bien des microorganismes, non ? de quelles bactéries s'agit-il ?). Les bactéries choisies, Saccharomyces marcescens, permettront aux élèves de faire un parallèle avec leur vie quotidienne, car même si ce sont des microorganismes, elles présentent un pigment proche de la mélanine de l'Homme (pigment en cause dans le bronzage ou les coups de soleil) (pourquoi ? peut-on citer un exemple de bactéries que les étudiants « rencontrent » dans la vie quotidienne : hygiène des dents, digestion, maladies ?)Cela permettra de rendre les notions en jeu dans le TP plus concrètes.

2) Pour Morimoto (2002), la façon de remédier à ce problème est de proposer aux lycéens, un TP où ils observent les dommages dus aux UV et le rôle du système de réparation des organismes concernés sur des organismes plus gros que les microorganismes. Il propose d'utiliser, comme matériel à soumettre aux rayons UV : une banane, des lentilles et des drosophiles (mouches que l'on trouve sur les fruits abîmés). Ce sont des « choses vivantes » que les élèves ont plus l'habitude de côtoyer que les microorganismes et qui sont plus gros, les effets seront donc plus visibles.

L'ensemble de ces études est utile pour la conception de notre séquence d'enseignement, car elles s'intéressent toutes à des lycéens dont la tranche d'âge (15-18 ans) est la même que celle des élèves

avec lesquels nous allons travailler. Nous nous appuierons sur les difficultés présentées ci-dessus pour élaborer la séquence d'enseignement.

3. CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Notre recherche se place dans le cadre du projet européen SCY (Science Created by You) qui regroupe 12 partenaires issus de différents pays (Pays-Bas, Estonie, Chypre, Norvège, Allemagne, France, Canada). L'objectif de ce projet est de proposer aux élèves une nouvelle approche des sciences : la résolution d'un problème d'actualité, sous la forme d'une mission, par le biais de la démarche d'investigation. La mission se fait en lien avec des experts du domaine, elle doit être liée à une profession ou à un domaine professionnel.

Les élèves ont à leur disposition différents outils réunis au sein d'une plate-forme informatique : le SCY-lab. Ces outils peuvent être classés en deux catégories :

- Des outils dépendants du contenu de la mission (Logiciels adaptés, Bases de données, Travaux d'experts)
- Des outils indépendants du contenu (outils de communication, outils de rédaction)

Les élèves vont eux-mêmes produire des outils appelés ELOs (Emerging Learning Object) qui seront ensuite pris en charge par le SCY-lab lors des diverses activités menées pour apporter une réponse à leur mission.

4. EXPÉRIMENTATION PRÉVUE

4.1 Mission proposée

Afin de développer le thème qui nous intéresse (la structure de l'ADN et ses mutations) dans le contexte européen, la mission suivante sera proposée à des élèves de seconde générale en France :

> « Déterminez quelle est la population du globe présentant le plus de risques face au cancer de la peau. Établissez une campagne de prévention à destination de cette population en vous appuyant sur des connaissances scientifiques (argumentation et expérimentation). »

La construction de la séquence s'appuiera sur la plateforme du Scy-lab pour répondre à nos objectifs :

- Problème d'actualité scientifique lié à l'Education à la santé : le cancer de la peau est en augmentation constante en Europe (+ 5-7% par an) et touche 60% de femmes (Sources ;Institut Curie)

- Intérêt des filles : un thème en lien avec le bronzage sera plus motivant pour les filles
- Mise en œuvre de la démarche d'investigation
- Problème scientifique lié à la génétique et plus particulièrement à la structure de l'ADN, à ces mutations et ses réparations
- Lien avec les experts travaillant sur les mutations de l'ADN

Cette mission sera organisée selon la démarche d'investigation décrite par de Jong (2006). La démarche d'investigation est une façon d'explorer le monde, réel ou matériel, en se posant des questions, en faisant des découvertes, des hypothèses et en les testant. Cette démarche comprend les étapes suivantes :

- L'appropriation du problème
- La génération d'hypothèses
- L'expérimentation
- La conclusion avec retour sur les hypothèses
- L'évaluation
- La planification
- Le réinvestissement

Certaines de ces étapes se retrouvent dans notre mission (Tab.1) au cours de laquelle les élèves travailleront sur le modèle, en groupes, pour concevoir un protocole expérimental, réaliser une expérience et rédiger un rapport.

Timing	**Organisation pédagogique**	**Consigne**	**Matériel**	**Indications pour l'enseignant**
Séance 1: Situation problème (the research question)	Groupe de 3	À quoi sont dus les cancers de la peau? Quels mécanismes entrent en jeu?	Documents et sites internet à consulter sur le rayonnement UV, sur le cancer, la réplication et la réparation de l'ADN	Recherche et discussion entre les 3 élèves
	Classe entière avec l'enseignant	Mettre en commun des idées		
	Groupe de 3	Comparer des séquences d'ADN et déduire l'influence des caractéristiques de l'échantillon : Sexe, age, type de peau, localisation géographique.	Logiciel de simulation de séquences d'ADN (Anagène)	Comparaison entre des séquences mutées et non mutées qui varient selon des caractéristiques d'âge, de sexe, de type de peau, de localisation géographique

		Comparer des séquences de levures avec des séquences d'Homme (mutées et non mutées)	Logiciel de simulation de séquences d'ADN (Anagène)	Comparaison pour identifier une ressemblance au niveau d'un pigment
	Classe entière avec l'enseignant	Mettre en commun les résultats : comparaison et conclusion		Les levures peuvent être utilisées dans les expériences pour "remplacer" l'Homme grâce à la similarité de leurs pigments.
Séance 2 : Investigation - expérimentation (hypothesis generation - changing variable value - making predictions)	Groupe de 3	Formuler des hypothèses sur l'effet de l'irradiation UV sur l'ADN Imaginer une expérience qui prouve expérimentalement cet effet sur l'ADN des levures	Documents sur le changement de couleur des levures à la suite d'exposition aux UV et documents qui lient phénotype et génotype	
	Groupe de 3	Rédiger un protocole expérimental de cette expérience	Logiciel CoPEX	
	Groupe de 3	Représenter à l'aide d'un schéma des structures de l'ADN qui seront touchées	Schéma à compléter	
	Groupe de 3	Représenter les résultats attendus		Il faut un témoin.
	Groupe de 3	Échanger des protocoles avec un autre groupe de 3		
Séance 3 : Expérimentation - test et correction du protocole (interpreting outcomes - pair assessment)	Groupe de 3	Réaliser le protocole de l'autre groupe		
		Commenter le protocole reçu		
	Groupe de 6	Discuter et corriger les 2 protocoles		
Séance 4 : Expérimentation (reaching conclusions)	Groupe de 6	Rédiger un protocole commun	CoPEX	
	Groupe de 6	Réaliser le protocole commun		
	Groupe de 6	Représenter les résultats attendus puis les résultats obtenus		

	Groupe de 6	Rédiger une conclusion à partir des résultats		
Séance 5 : Synthèse (synthesis)	Groupe de 3	Rédiger une synthèse permettant de répondre au problème initial grâce à l'ensemble des travaux réalisés au cours des 4 séances précédentes		
Séance 6 : Evaluation		Evaluation		
Séance 7 : Réinvestissement (monitoring)		Interpréter l'actualité scientifique	Documents, Articles sur l'utilisation des puces à ADN	

Tableau 1 : scénario pédagogique de la mission SCY sur l'ADN

À partir de ces multiples activités, plusieurs ELOs seront produits : des hypothèses, un protocole expérimental, des données expérimentales, des schémas, des diagrammes… Ils seront intégrés au fur et à mesure dans le SCY-lab qui rassemblera les ELOs des différents groupes.

5. CONCLUSION

Cette séquence d'enseignement sera testée en classe de seconde et les résultats seront étudiés dans le cadre de ma thèse. Nous faisons l'hypothèse que l'organisation de cette mission aidera les élèves à surmonter certaines difficultés en génétique. En particulier, en travaillant sur un même objet, l'ADN, mais à des échelles différentes, ils pourront faire le lien entre les différents niveaux concernés par des manipulations sur la molécule d'ADN (lien génotype/phénotype).

L'utilisation de logiciels de visualisation et de simulation de la molécule ainsi que le choix du problème permettra de faire de la molécule d'ADN un objet plus concret et sera en relation avec leur quotidien, surtout pour les filles.

Ce sont ces manipulations, autant intellectuelles, par l'investigation, l'élaboration d'expériences, que concrètes par la réalisation d'expériences touchant la molécule et dont ils observeront les résultats, qui aideront les élèves à dépasser leurs difficultés liées à l'action des UV sur l'ADN et sur les êtres vivants.

BIBLIOGRAPHIE

BAHAR M., JOHNSTONE A.H., HANSELL M.H., Revisiting learning difficulties in biology, *Journal of Biological Education*,1999, vol. 33 (2), 84-86.

CHAPEL G., MARZIN P., MONOD-ANSALDI R., DEVALLOIS D., Conceptions de protocoles expérimentaux pour aider les élèves à faire le lien entre : expérience, modèle et actualités immunologiques sur le SIDA, Actes des *XXVIIIe JIES.* Chamonix, avril 2007.

DE JONG T., Technological advances in inquiry learning, Science, 2006, vol. 312, 532-533.

KNIPPELS M.C., WAARLO A.J., BOERSMA K.T., Design criteria for learning and teaching genetics, *Journal of Biological Education*, 2005, vol. 39 (3), 108-112.

JOHNSTONE A.H., MAHMOUD N.A., Isolating topics of high perceived difficulty in school biology, *Journal of Biological Education*, 1980, vol. 14 (2), 163-166.

MARZIN P., d'HAM C., SANCHEZ E., How to scaffold the students to design experimental procedures? A proposition of a situation experience by 108 high-schools students, *ESERA*, 2007.

MARBACH-AD G., STAVY R., Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena, *Journal of Biological Education*, 2000, vol. 34 (4), 200-205.

MILLAR R., The role of practical work in the teaching and learning of science, *High school science laboratories : Role and vision*, National academy of sciences, 2004.

MORIMOTO K., Demonstrating the influence of UV rays on living things, *Journal of Biological Education*, 2002, vol. 37 (2), 39-43.

OCDE (2006). Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies. Policy Report

TIBERGHIEN A., VEILLARD L., LE MARECHAL J-F., BUTY C., An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several european countries, *Science Education,*2001, vol. 85, 483-508.

ZION M., GUY D., YAROM R., SLESAK M., UV radiation damage and bacterial DNA repair systems, *Journal of Biological Education*, 2006, vol. 41 (1), 30-33.