

L'introduction des didacticiels «génétique» dans l'enseignement de premier cycle universitaire

Conditions d'utilisation, résultats d'observations et d'enquêtes

Christine RICHARD-MOLARD

Département de Biologie
Université Paris 11, Bât. 336
Avenue Clémenceau
91405 Orsay cedex, France.

Résumé

Le travail présenté ici concerne l'introduction de didacticiels de génétique fondamentale dans l'enseignement de premier cycle universitaire scientifique. Nous rapportons l'analyse des résultats d'enquêtes réalisées auprès d'étudiants et d'enseignants de deux universités françaises utilisatrices des didacticiels. Ces résultats nous ont conduits à la définition des conditions nécessaires à une utilisation satisfaisante des didacticiels. Ces enquêtes font apparaître les caractéristiques de ce nouvel outil de travail. Les observations que nous avons faites lors de l'utilisation des didacticiels révèlent des éléments nouveaux dans ce type d'enseignement ; on assiste en particulier à une redéfinition des rôles respectifs des étudiants et des enseignants.

Mots clés : *génétique fondamentale, didacticiels, objectifs, enquêtes, conditions d'utilisation.*

Abstract

The work presented here concerns the introduction of several tutorials for genetics in biology teaching during the two first years of sciences at the university level. Several surveys were carried out among the students and the teachers of two French universities using the tutorials. The analysis of results led us to define better conditions of use for didactic software. The survey makes evident characteristics of this new work tool. While we were using the tutorials, new elements appeared in this type of teaching such as a redefinition of the respective functions of the students and of the teachers.

Key words : *fundamental genetics, tutorials, aims, surveys, conditions of use.*

Resumen

El presente trabajo concierne la introducción de un tutorial para genética fundamental en la enseñanza del primer ciclo universitario científico. Nosotros presentamos el análisis de los resultados de investigaciones realizadas con estudiantes y enseñantes de dos universidades francesas que utilizan tutoriales. Estos resultados nos conducen a la definición de las condiciones necesarias a una utilización satisfaciente de los tutoriales. Estas investigaciones muestran las características de esta nueva herramienta de trabajo. Las observaciones realizadas en el momento de la utilización de los tutoriales revelan elementos nuevos en este tipo de enseñanza ; se asiste en particular a una redefinición de los roles específicos de los estudiantes y de los enseñantes.

Palabras claves : *genética fundamental, tutoriales, objetivos, investigaciones, condiciones de utilización.*

Ce sont les différences importantes constatées entre les étudiants, au niveau des connaissances de base et des rythmes d'apprentissage, qui nous ont incités à créer des didacticiels de génétique. Nous présentons ici des didacticiels entièrement conçus et réalisés par une équipe d'enseignants-chercheurs en génétique (Richard-Molard et al., 1990), ainsi que les conditions de leur utilisation dans un enseignement de premier cycle universitaire (DEUG des Sciences de la Vie). Une nouvelle version des didacticiels vient d'être réalisée. Elle tient compte des évaluations basées sur plusieurs années d'utilisation ainsi que de l'évolution des matériels et logiciels de création.

Le premier objectif de ce travail a été de fournir aux étudiants un outil favorisant, à leur rythme et selon leurs besoins, l'apprentissage des notions de base et des méthodes de la génétique au moment où celle-ci est abordée dans l'enseignement supérieur (Rossignol, 1992).

Le deuxième objectif a été d'offrir aux enseignants une aide dans la gestion de groupes d'étudiants dont les niveaux de connaissance et les rythmes d'assimilation sont différents.

L'intégration des didacticiels aux activités d'enseignement a été pensée au cours de leur conception, puis effectivement réalisée après la mise au point des conditions d'utilisation. Nous avons souhaité éviter deux tentations qui sont « *de cesser de réfléchir en termes d'objectifs de formation pour se laisser aller au plaisir de la technique* », et de « *remplacer une mauvaise pédagogie par une bonne technique : c'est une conséquence directe de la précédente, l'enfermement dans le niveau de réflexion technique* » (Gautier, 1988).

Nous présenterons :

– l'innovation elle-même :

- * les objectifs, les contenus et la structure des didacticiels,
- * le contexte d'enseignement et les conditions d'utilisation adoptées à la suite de différents essais et des enquêtes réalisées auprès des étudiants,

– les données qui fournissent des indications sur la validité des stratégies et des objectifs choisis :

- * les résultats d'une enquête auprès des étudiants après l'utilisation des didacticiels,
- * les observations que nous avons pu faire en séance d'enseignement avec les didacticiels.

1. PRÉSENTATION DES DIDACTICIELS

1.1. Objectifs

Nous proposons aux étudiants grâce à ces différents didacticiels :

- de mieux percevoir leurs difficultés dans l'acquisition et la maîtrise des bases de la génétique,
- de résoudre ces difficultés à temps,
- d'avancer à leur propre rythme.

Ces didacticiels ont été conçus pour une utilisation en complément et à la suite d'un enseignement portant sur les conséquences génétiques de la méiose. Ils proposent des tests de connaissance et des exercices de niveau progressif.

1.2. Contenus

Une première série de didacticiels porte sur **la méiose et la transmission d'un gène**. Elle met à l'épreuve et consolide les connaissances de base des étudiants.

Une deuxième série insiste sur **la démarche du généticien et l'approche expérimentale**. Elle exerce de façon progressive à l'interprétation de résultats expérimentaux, aux prédictions de résultats et au jugement de propositions justificatives inspirées de copies d'étudiants. Les didacticiels de cette deuxième série ont pour objectif l'apprentissage d'un savoir-faire méthodologique (apprentissage des démarches déductive et prédictive).

Ces didacticiels font appel à différents modèles d'étude qui sont : l'algue unicellulaire **Chlamydomonas**, le champignon ascomycète **Sordaria**, le **Maïs** et la mouche du vinaigre la **Drosophile**.

Le didacticiel «Divisions cellulaires, métaphases»

Les notions sur lesquelles portent les sollicitations concernent les niveaux de ploïdie, l'homologie des chromosomes, l'identité des chromatides issues de la réplication de l'ADN, la structure à deux chromatides de tout chromosome métaphasique.

Cet exercice doit permettre aux étudiants de maîtriser le concept de reproduction conforme de l'information cellulaire à la mitose d'une part, et les concepts de réduction de ploïdie et de brassage interchromosomique à la méiose d'autre part. Le brassage intrachromosomique (crossing-over) est introduit dans le didacticiel «Sordaria», en même temps que la notion de distance génétique. Les concepts abordés dans ce premier didacticiel font partie des connaissances de base qui doivent être assimilées avant tout enseignement de génétique.

Le didacticiel «Chlamydomonas» : choix d'un organisme à cycle haplophasique pour l'étude de la transmission d'un gène

Ce didacticiel incite les étudiants à appréhender la ségrégation 2 : 2 d'un couple d'allèles comme la conséquence directe du déroulement de la méiose. On demande à l'étudiant de faire des prédictions en termes de phénotype et de génotype au niveau des produits de méiose regroupés par méiose, puis de généraliser en passant au niveau des produits «en vrac» d'un grand nombre de méioses.

Le didacticiel «Maïs» : étude génétique à différents niveaux de ploïdie (deuxième série)

Ce didacticiel offre aux étudiants la possibilité de réaliser que les conséquences génétiques de la méiose sont les mêmes chez les organismes à cycle haplophasique et chez les organismes à cycle diplophasique, et que les différences constatées s'expliquent par le niveau d'observation (niveau de ploïdie). Le concept de liaison génétique est abordé et les étudiants se familiarisent avec l'écriture des génotypes haploïdes et diploïdes dans le cas de deux gènes.

Le didacticiel «Sordaria» : organisme à cycle haplophasique et à tétrades ordonnées, transmission de plusieurs gènes

Ce didacticiel constitue une initiation à la démarche du généticien, puisque l'étudiant y est guidé pour mettre en œuvre les différents éléments de cette démarche : interprétation de résultats expérimentaux, prédictions, intégration de conclusions ponctuelles pour comprendre le déterminisme génétique d'un caractère et formuler de nouvelles hypothèses en référence aux lois de la génétique. Des calculs de distance génétique sont demandés aux étudiants et l'étude de la ségrégation de plusieurs gènes contrôlant un même caractère est abordée. L'existence de souches mutées pour deux gènes ou pour un gène ayant un même phénotype permet de souligner la différence entre un phénotype et un génotype, et d'insister sur l'importance qualitative et quantitative de ce que l'on appelle la ségrégation 2 : 2.

Le didacticiel «Drosophile» : cycle diplophasique, hérédité liée au sexe

Il s'agit d'un exercice de synthèse entraînant les étudiants à une réflexion critique. À partir de différents résultats de croisements, les étudiants mettent en jeu une démarche déductive. Celle-ci les conduit à conclure soit à une hérédité liée au sexe du caractère étudié, soit à l'absence d'une telle hérédité, soit enfin, à une impossibilité de choisir entre ces deux situations par insuffisance de données génétiques. La réflexion critique des étudiants s'exerce au cours de la confrontation de leurs propres explications à une série d'explications (justes ou fausses) proposées par le didacticiel.

Pour que le travail avec les didacticiels soit le plus efficace possible, nous incitons les étudiants à réfléchir avec «du papier et un crayon». C'est le cas, en particulier, pour la deuxième partie du didacticiel «Sordaria» où il est nécessaire de franchir différentes étapes pour pouvoir répondre aux questions. Pour le didacticiel «Drosophile», où les étudiants ont à confronter leurs explications à celles proposées par le didacticiel, s'ils ne notent pas les différentes étapes de leur raisonnement, l'exercice n'est pas profitable.

1.3. Structure des didacticiels

Chaque didacticiel consiste en un exercice guidé et commenté. La conception des didacticiels s'est appuyée sur les réponses des étudiants à des questionnaires simulant le déroulement des exercices. Les réponses incorrectes ont été analysées puis classées par type d'erreur. C'est à partir de cette analyse que les commentaires explicatifs, qui sont fournis au cours du déroulement des didacticiels, ont été élaborés pour souligner les notions ou concepts mal assimilés, les erreurs de raisonnement, etc. La reconnaissance des réponses des étudiants et la pertinence des commentaires explicatifs ont été améliorées de deux manières : par l'analyse des fichiers d'enregistrement des réponses fournies au cours du déroulement des didacticiels, et au cours des discussions que nous avons eues avec les étudiants.

1.3.1. Exemples de réponses incorrectes

Pour le didacticiel «Divisions cellulaires, métaphases»

Certains étudiants ne savent pas reconnaître une figure de mitose. D'autres n'ont pas réalisé que :

- pour toute métaphase les chromosomes possèdent toujours deux chromatides,
- l'appariement des chromosomes se fait entre les chromosomes homologues à la première division de la méiose (méiose I),
- le nombre de chromosomes n'est plus que de moitié en deuxième division de la méiose (méiose II),
- on ne retrouve pas de chromosomes homologues en métaphase de deuxième division de la méiose (méiose II).

Pour le didacticiel «Chlamydomonas»

On indique aux étudiants que le caractère étudié est sous le contrôle d'un couple d'allèles et que le croisement est réalisé entre deux souches, l'une possédant l'allèle sauvage a^+ , l'autre l'allèle mutant correspondant a .

Question :

- *Donnez le nombre d'exemplaires de chaque allèle a et a^+ en prophase de première division de la méiose et justifiez votre réponse.*

Une réponse correcte possible :

- il y a deux exemplaires de chaque allèle, car il y a eu duplication des chromosomes.

L'objectif de la question est que les étudiants établissent la relation entre la réplication de l'ADN en interphase avant la méiose, la duplication des chromosomes et le doublement des allèles de chaque gène en prophase de première division de méiose.

Voici deux exemples de réponses fausses :

- «*c'est deux car il y a 2N chromosomes*» (le nombre est exact mais la justification ne l'est pas).

Dans ce cas, **la question peut avoir été lue autrement** : le nombre de chaque allèle a été compris comme le nombre d'allèles différents ;

- «*il y en a un de chaque*».

Pour cette réponse, il y a eu oubli de la synthèse d'ADN en interphase et de la duplication des chromosomes qui s'ensuit.

Pour le didacticiel «Mais»

Voir au paragraphe 1.3.2. les réponses R4 et R5 à la question Q2.

Pour le didacticiel «Sordaria»

Question :

- *À partir des résultats du croisement souche mutante A par souche sauvage (sur un grand nombre d'asques observés, six types d'asques à spores ordonnées sont identifiés), on émet l'hypothèse suivante : la souche A est mutée au niveau d'un seul gène contrôlant la pigmentation des spores. Citez les résultats qui confirment cette hypothèse.*

Une réponse correcte possible :

- il n'y a que des phénotypes de spores de type parental, en égale quantité et dans chaque asque.

L'objectif de cette question est que les étudiants fassent un tri parmi les données afin de n'utiliser que celles qui sont nécessaires pour répondre à la question posée.

Certains étudiants mentionnent un résultat qui n'est pas fourni : ils répondent qu'il y a autant de chaque type d'asque, alors que l'effectif de chaque type d'asque n'est pas fourni. **D'autres étudiants citent un résultat inutile ici** : l'ordre des spores dans l'asque. **D'autres encore oublient de mentionner un résultat important** : l'égalité de quantité de chaque type de spore dans chaque asque.

Autre question, après l'analyse de trois croisements (souche mutante par souche sauvage) réalisés à partir de trois souches mutantes de même phénotype et le calcul de distance génétique (gène-centromère) :

- *Déterminez le nombre de gènes impliqués dans la synthèse du pigment.*

Une des réponses correctes possibles :

- il y a au moins trois gènes, car les distances gène-centromère calculées pour le gène muté de chaque souche mutante sont différentes.

L'objectif de la question est que les étudiants mettent en relation plusieurs informations génétiques qu'ils ont déduites précédemment des différents résultats fournis (le nombre de gènes mutés pour chaque souche mutante, les distances génétiques gène-centromère calculées pour chaque gène).

Certains redonnent une réponse déjà fournie précédemment : ils répètent l'interprétation déjà donnée pour chaque croisement sans utiliser le calcul des distances génétiques. **D'autres donnent un nombre de gènes exact mais une justification erronée** : ils répondent trois gènes car il y a trois souches mutantes (le nombre de gènes est correct, mais la justification que les étudiants fournissent ne l'est pas). **D'autres encore fournissent des réponses où le nombre de gènes et la justification sont faux** :

- *«la réponse est un gène car il n'y a qu'un caractère étudié»,*
- *ou bien «un gène car les trois souches mutantes ont la même couleur de spore»,*
- *ou bien «deux gènes car le locus du gène est différent pour chacun des croisements» ;*

pour cette dernière réponse, les étudiants concluent implicitement qu'il n'y a pas de gène dans le cas où la distance génétique calculée est égale à 0 cM.

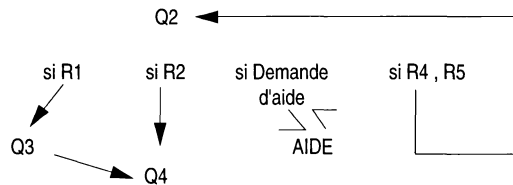
1.3.2. Exemples de cheminements diversifiés

En cours d'exercice, l'apprenant peut être aiguillé vers une **aide** (rappel d'informations, rappels de résultats déjà obtenus, proposition d'une autre formulation de la question...), ou vers des questions supplémentaires. Un **lexique** est consultable à tout moment. Ainsi, des **cheminements diversifiés** sont créés pour une adaptation optimum à l'état des connaissances de l'apprenant.

Pour le didacticiel «Divisions cellulaires, métaphases»

Le didacticiel «Divisions cellulaires, métaphases» se présente sous la forme d'un questionnaire à quatre choix (mitose, méiose I, méiose II, impossible) en réponse à des figures censées représenter les chromosomes lors des divisions d'une cellule à $2n = 4$ (dans les figures de méiose, nous faisons abstraction des crossing-over). **Les figures à interpréter sont tirées, d'une manière aléatoire, parmi des familles de figures similaires mais non identiques. Ceci permet de solliciter les étudiants au moins deux fois sur un même thème (à un moment quelconque du déroulement du didacticiel), afin de limiter les réponses justes dues au hasard. À chaque réponse, qu'elle soit juste ou fausse, est associé un commentaire explicatif. Plus l'étudiant fait d'erreurs, plus il aura de figures à interpréter (de 11 à 20). Si l'étudiant refait l'exercice, il ne reverra pas les figures dans le même ordre (tirage aléatoire des figures), ni nécessairement les mêmes figures.**

Pour le didacticiel «Maïs»



Question Q2 :

- *Quelle information concernant le génotype du pied de maïs vous apporte l'existence de grains de pollen se colorant en bleu ou en brun en présence de lugol ? Justifiez votre réponse.*

L'objectif de cette question est que les étudiants réalisent que la caractéristique générale (pour un caractère donné) d'un génotype – l'homozygotie ou l'hétérozygotie – se détermine sans faire l'analyse d'effectifs et donc sans connaître le nombre de gènes qui rend compte des différences observées.

Si réponse R1 (une des réponses correctes possibles) :

- comme il y a deux types de gamètes, il y a au moins un gène contrôlant le caractère coloration.

Commentaire de la réponse : *oui.*

La question Q3 est alors envoyée :

- *Cependant, l'existence de plus d'un type de grain de pollen permet de préciser une caractéristique du génotype du pied de maïs qui est indépendante du nombre de gènes. Donnez cette caractéristique.*

Si réponse R2 (trois exemples de réponses correctes) :

- le génotype du pied de maïs est hétérozygote
- le génotype du pied de maïs n'est pas homozygote
- le génotype du pied de maïs n'est pas de souche pure,

la question Q4 est envoyée à l'étudiant :

- *Le dénombrement des différents types de gamètes conduit au résultat suivant : 495 gamètes se colorent en bleu et 525 se colorent en brun.*

Indiquez le nombre de gènes ou de couples d'allèles contrôlant ici la coloration des gamètes. Justifiez.

Si demande d'aide, voici le commentaire d'aide qui est envoyé :

- *L'existence de plus d'un type de grain de pollen permet de préciser une caractéristique du génotype du pied de maïs qui est indépendante du nombre de gènes ou de couples d'allèles en jeu.*

Si réponse R4 (un exemple de réponse incorrecte) :

- il y a un gène,

le commentaire de la réponse est le suivant :

- *Non. Sans les effectifs des deux types de grains de pollen, vous ne pouvez pas conclure quant au nombre de gènes ou de couples d'allèles contrôlant le caractère alternatif dans ce croisement.*

Une nouvelle réponse à Q2 est alors demandée à l'étudiant.

Si réponse R5 (deux exemples de réponses incorrectes) :

- on ne peut pas conclure car il manque des informations ;
- on ne sait rien sur le génotype en l'absence des effectifs.

Commentaire de la réponse :

- *S'il est impossible de donner avec précision le génotype du pied de maïs, l'existence de plus d'un type de grain de pollen apporte cependant une information importante.*

Une nouvelle réponse à Q2 est alors demandée à l'étudiant.

1.3.3. Exemples de bilans

Des **bilans** du travail réalisé par les étudiants sont proposés à la fin de chaque didacticiel pour donner une indication du niveau acquis, pour souligner les incohérences détectées au cours du déroulement de l'exercice et, si nécessaire, pour fournir des indications sur le travail à effectuer afin d'atteindre le niveau requis.

Nous avons choisi de ne pas noter le travail des étudiants.

Pour le didacticiel «Divisions cellulaires, métaphases»

Bilan

Ce didacticiel est terminé, il vous faudra réussir cet exercice avant de passer aux suivants... Voyons plus précisément les types de figures avec lesquelles vous avez eu des difficultés.

Dans un premier temps, vous n'avez pas su voir, sur une figure, qu'il était **impossible** que ce soit une **métaphase** puisque les chromosomes n'avaient qu'**une seule chromatide**. Par la suite c'était correct.

(Les schémas de figures impossibles non reconnues sont affichées à l'écran)

ATTENTION !

Vous n'avez pas reconnu comme **Métaphase de Méiose II** une des figures suivantes, pourtant, dans un cas précédent, il n'y a pas eu d'erreur :

(Les schémas de méiose II sont affichés à l'écran)

Vous avez eu des problèmes avec deux des figures suivantes ; vous n'avez pas réussi à vous corriger sur une autre figure du même type, notez bien que ces 4 figures sont équivalentes 2 à 2 :

**(2 figures impossibles : appariements illégitimes en méiose I
et 2 figures possibles : appariements légitimes en méiose I
sont affichées à l'écran)**

Pour le didacticiel «Sordaria»

Bilan

Ce didacticiel est terminé, voici le bilan que nous pouvons faire de votre travail.

À l'issue des premiers croisements, vous n'avez pas su exploiter les distances gène-centromère (significativement différentes) pour postuler l'existence de trois gènes contrôlant la pigmentation des spores. Cependant, vous avez réussi à donner une des réponses possibles à la question relative au quatrième croisement : souche mutante D par sauvage, ce qui montre que, dans ce cas, vous avez été capable d'exploiter les distances gène-centromère.

2. L'INTRODUCTION DES DIDACTICIELS DANS L'ENSEIGNEMENT : CONTEXTE ET CONDITIONS D'UTILISATION

2.1. À l'université d'Orsay

À Orsay, l'enseignement de la génétique au DEUG des Sciences de la Vie se fait en deuxième année, au cours d'un module semestriel. Les prérequis (matériel génétique : nature, réplication et expression ; gène : structure et fonction ; divisions cellulaires : mitose, méiose) sont enseignés en première année de DEUG.

Le module de deuxième année est effectué sous la forme d'un enseignement dit intégré : l'ensemble des connaissances théoriques et pratiques est apporté aux étudiants (par groupes de 24) au cours de séances non différenciées en travaux dirigés, travaux pratiques et cours. Dans le module, 23 heures sont consacrées à la génétique fondamentale et 4 heures 1/4 à l'utilisation des didacticiels de génétique (soit 18 % du temps réservé à la génétique fondamentale).

La durée moyenne d'utilisation des différents didacticiels est de trente minutes pour chacun des deux didacticiels de la première série, une heure pour chacun des trois didacticiels de la deuxième série.

Après avoir testé différentes conditions d'utilisation depuis 1986, nous sommes parvenus aux conditions actuelles qui satisfont les enseignants :

- le didacticiel est utilisé en alternance avec l'enseignement théorique et pratique ;
- le délai entre les différentes parties du cours et l'utilisation des didacticiels est de huit à dix jours ; ce délai, ni trop long ni trop court, semble un bon compromis, car il donne aux étudiants le temps de travailler les notions introduites en cours et permet de limiter leur oubli ;
- la durée des séances avec les didacticiels ne dépasse pas 1 h 15 à 1 h 30. Au-delà, le travail des étudiants est moins efficace ; en effet, ces séances sont fatigantes, car les étudiants sont sollicités d'une manière continue.

Cet enseignement concerne chaque année environ 400 étudiants qui travaillent en binôme et qui sont répartis en groupes de 24 étudiants. Chaque groupe d'étudiants est sous la responsabilité d'un enseignant.

L'existence d'un libre-service permet aux étudiants de venir travailler en binôme ou en individuel, soit pour terminer un didacticiel, soit pour le refaire. Pendant ces séances, le lexique est particulièrement consulté. Ce libre-service est plus spécialement fréquenté pendant les périodes précédant les contrôles écrits et les examens.

2.2. À l'université de Marseille

En 1991-1992 à Marseille, le didacticiel a été utilisé dès la première année du DEUG des Sciences de la Vie, trois mois après le cours.

La durée des séances avec les didacticiels est de deux heures. Les étudiants travaillent en binôme et sont répartis en groupes de 35 étudiants, sous la responsabilité de deux enseignants. Seul un petit nombre de micro-ordinateurs est disponible en libre-service.

Le nombre d'étudiants concernés chaque année est d'environ 300.

À la suite des résultats de l'enquête réalisée auprès des étudiants par une collègue de Marseille¹ (voir paragraphe 3.1.), de nouvelles conditions d'utilisation du didacticiel ont été définies pour l'année 1992-1993 :

- le didacticiel est utilisé juste après le cours et la durée des séances avec les didacticiels est d'une heure ;
- les groupes d'étudiants sont dédoublés ; 17 étudiants travaillent en salle d'informatique en présence d'un enseignant.

3. L'OPINION DES ÉTUDIANTS : RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE RÉALISÉE AUPRÈS DES ÉTUDIANTS DE L'UNIVERSITÉ DE MARSEILLE

Une enquête anonyme a été réalisée en 1991-1992 auprès de cent dix étudiants de Marseille.

Tous les étudiants étaient présents à l'ensemble des séances.

L'âge moyen des étudiants de première année est de 19 ans et demi (de 18 à 24 ans). 63 % des étudiants sont de sexe féminin et 37 % de sexe masculin. 14 % sont des redoublants.

3.1. Résultats de l'enquête

D'une manière globale, l'analyse des questionnaires montre que :

– **67 % des étudiants trouvent cette nouvelle manière de travailler intéressante**, 15 % trouvent cette formule éternante, 10 % sont sans opinion et 8 % la trouvent ennuyeuse ;

– **70 % des étudiants souhaitent que l'utilisation des didacticiels soit poursuivie**, 22 % n'ont pas d'opinion et 8 % veulent arrêter.

1 CHARMOT D., enseignant-chercheur en génétique, Laboratoire de génétique et de biologie cellulaire, Campus de Luminy, 13288 Marseille cedex 9.

À propos de l'utilisation d'un micro-ordinateur

39 % n'ont jamais utilisé de micro-ordinateur (il s'agit d'étudiants de première année qui n'ont pas encore eu d'enseignement en informatique ni de rapport de stage à faire dans le cadre de leurs études).

37 % trouvent que la lecture à l'écran est plus difficile que sur le papier.

À propos de la consultation du lexique

92 % des étudiants ont eu recours au lexique, dont 76 % un peu et 16 % souvent.

À propos des didacticiels comme bon instrument de compréhension ou bon instrument de mémorisation

56 % des étudiants trouvent que ces didacticiels sont un bon instrument de compréhension.

28% trouvent qu'ils sont un bon instrument de mémorisation.

À propos du sentiment d'avoir éclairci certains points du cours

- peut-être (37%)
- non (17%)
- oui (46%).

Dans ce cas, il est demandé d'indiquer **les points sur lesquels les didacticiels ont été profitables.**

Voici ce qui est le plus souvent cité :

- les définitions des termes utilisés grâce à un lexique accessible à tout moment,
- la variété des exemples,
- la clarté des commentaires,
- l'étude :
 - des différentes phases de la méiose d'un point de vue génétique,
 - du cycle du Sordaria avec la formation des différents types d'asques,
 - des différents niveaux d'observation (diploïde et haploïde),
 - des conditions d'observation d'une hérédité liée au sexe.

À propos des avantages et des inconvénients des didacticiels

Les avantages liés à l'outil informatique :

- la prise en compte immédiate et positive des erreurs, sans sanction (ils ne sont pas notés),
- une réflexion personnelle stimulée,
- les bilans personnalisés,
- le travail à son propre rythme,

- les rappels de connaissances oubliées,
- la possibilité de faire le point de ses connaissances,
- l'apprentissage de la précision des termes et de la concision des réponses.

Les avantages liés aux conditions d'utilisation :

- le travail en binôme : «*en expliquant à l'autre, on voit si on a vraiment compris, de nouvelles questions auxquelles on n'avait pas pensé apparaissent*»,
- le travail en groupe avec une aide à proximité : «*en séances de TD ça va souvent trop vite*».

Les inconvénients :

- les réponses des étudiants ne sont pas toujours reconnues (dans ce cas l'étudiant reçoit un message «*désolé, mais votre réponse n'a pas été prévue*», parfois assorti d'une incitation à relire la question et/ou de recommandations pour une nouvelle formulation de la réponse),
- les explications sont parfois trop longues,
- la nomenclature génétique est contraignante,
- le cas de binôme où il y a une trop grande différence de niveau d'assimilation des connaissances entre les deux étudiants : «*cela ralentit le travail*».

Les étudiants d'Orsay, qui n'ont été interrogés que sur les avantages et les inconvénients des didacticiels, font des remarques semblables à celles des étudiants de Marseille.

À propos des conditions d'utilisation et d'insertion dans l'enseignement (voir les conditions d'utilisation des didacticiels avant l'enquête au paragraphe 2.2.)

- il y a un trop grand délai entre le cours et l'utilisation des didacticiels, ce qui entraîne un oubli des notions enseignées,
- la durée des séances d'utilisation des didacticiels est trop longue,
- il y a un trop grand nombre d'étudiants en salle d'informatique,
- il est nécessaire d'avoir déjà travaillé les notions introduites en cours,
- il serait souhaitable de revenir en travaux dirigés traditionnels sur des points mal compris en séance avec le didacticiel.

3.2. Discussion des résultats de l'enquête réalisée auprès des étudiants de Marseille

Nous constatons que, malgré les mauvaises conditions d'utilisation des didacticiels, la majorité des étudiants trouvent ce nouvel outil intéressant et souhaitent que ce type d'enseignement soit poursuivi.

Cependant, nous remarquons que certains étudiants ont des réactions d'énervernement et d'ennui, et que d'autres souhaitent même l'arrêt de ce type d'enseignement.

La durée trop longue des séances et le trop grand nombre d'étudiants par salle peuvent expliquer, au moins en partie, l'énervernement (15 % des étudiants), l'ennui (8 % des étudiants) ou le souhait d'arrêter l'utilisation des didacticiels (8 % des étudiants).

Il se peut aussi que la nouveauté de l'outil micro-ordinateur (39 % des étudiants) et la difficulté de lecture à l'écran (37 %), soient en partie responsables de ces appréciations négatives.

Par ailleurs, le fait d'être redoublant peut également conduire à ce type de réaction (14 %).

Enfin, les inconvénients cités par les étudiants au paragraphe 3.1. peuvent également être en cause.

Seule une enquête réalisée dans le nouveau contexte d'utilisation (voir paragraphe 2.2.) permettrait de tester ces différentes hypothèses.

4. LE FONCTIONNEMENT DES SÉANCES D'ENSEIGNEMENT AVEC LES DIDACTICIELS : RÉSULTATS D'OBSERVATIONS

4.1. Qu'en est-il pour les étudiants ?

Nous constatons qu'au cours de ces séances l'implication des étudiants est importante. Ceci s'explique par la sollicitation continue de chaque étudiant ou de chaque binôme et par l'analyse immédiate des réponses des étudiants. Un contexte qui soutient et stimule la réflexion est créé par l'envoi d'un commentaire à chaque réponse, qu'elle soit correcte ou fautive, puis par l'analyse de l'ensemble des réponses (voir paragraphe 1.3.3. les exemples de bilan). Par ailleurs, nous pensons que l'analyse immédiate du travail des étudiants est un élément important de l'apprentissage.

Une autre situation est également propice à l'apprentissage. En effet, le didacticiel fournit la mémoire de ce qui s'est passé au cours du travail. La question, la réponse étudiante et le commentaire de cette réponse restent affichés à l'écran le temps que l'on veut. Nous remarquons que ceci peut permettre aux étudiants de **prendre conscience qu'ils ont lu une question partiellement ou d'une autre manière** que celle envisagée par le didacticiel ou encore **qu'ils ont oublié des données du problème** (voir paragraphe 1.3.1. exemples de réponses incorrectes). Ainsi, cette situation particulière

permet aux étudiants de réaliser, **par eux-mêmes**, dans la plupart des cas, l'importance de prendre le temps d'analyser le texte des données et celui de la question avant d'essayer de répondre.

Si nous espérons une importante implication des étudiants au cours de ces séances, nous ne nous attendions pas à observer un aussi grand nombre de discussions.

En effet, alors que nous ne voyions que l'aspect négatif du travail en binôme, c'est-à-dire ne pas pouvoir suivre le travail de chaque étudiant, nous observons un aspect positif de cette situation. Le fait d'être en binôme entraîne des conflits puisque les étudiants ne peuvent fournir qu'une seule réponse à la fois. La nécessité du choix de la réponse conduit alors à de nombreux échanges entre les étudiants d'un même binôme ou de binômes différents. Dans cette situation, nous constatons qu'un important travail de réflexion et d'argumentation a lieu au cours de ces discussions et nous considérons qu'elles favorisent l'assimilation des notions et concepts (distance génétique, ségrégation 2 : 2, transmission de plusieurs gènes, liaison génétique...) ainsi que l'apprentissage des démarches déductives et prédictives.

4.2. Qu'en est-il pour les enseignants ?

Au cours de ces séances, le rôle de l'enseignant est différent de celui qu'il a pendant l'enseignement sans les didacticiels. En effet, puisque l'enseignant est déchargé de la conduite de la séance et de la gestion des erreurs les plus courantes, **il est dans de meilleures conditions de travail pour fournir des explications à chaque étudiant qui le souhaite**. L'enseignant joue davantage un rôle d'observateur attentif prêt à intervenir s'il y a demande ou s'il le juge nécessaire. Pouvoir, dans ces conditions, revenir sur des notions qui ont été déjà vues par ailleurs mais qui sont encore mal assimilées est apprécié par les enseignants.

L'enseignant est également plus disponible pour inciter les étudiants à travailler avec «du papier et un crayon». Nous estimons de cette manière limiter les réponses fournies au hasard, aider au choix et à l'analyse des données essentielles, aider à noter les différentes étapes de l'analyse et enfin, favoriser la schématisation et l'utilisation des symboles.

Par ailleurs, grâce à l'affichage sur l'écran de la question, de la réponse de l'étudiant et du commentaire de sa réponse, **l'enseignant peut être aidé dans son travail de compréhension des difficultés d'un étudiant**, difficultés que le didacticiel n'a pu analyser. L'enseignant peut alors, par une série de questions, reconstituer le contexte où la réponse de l'étudiant prend sens et amener celui-ci à réaliser que le contexte qui lui est

proposé est différent. C'est un travail qu'il est difficile d'effectuer en travaux dirigés sans les didacticiels en raison du temps qu'il demande. En effet, il est nécessaire de faire avancer la séance sans trop faire «perdre de temps» aux étudiants qui n'ont pas cette difficulté ou qui l'ont, mais pas au même moment.

Enfin, **l'enseignant, s'il le souhaite, pourra connaître les erreurs les plus souvent faites par les étudiants d'un groupe** grâce à l'enregistrement et au tri des réponses des étudiants que permet le système auteur DruiD². L'enseignant, s'il le juge nécessaire, pourra alors revenir sur les difficultés des étudiants en séance sans les didacticiels.

4.3. Qu'en est-il des relations enseignants-enseignés ?

L'introduction d'un intermédiaire, le micro-ordinateur, qui détient une partie du savoir et des explications, semble faciliter les échanges explicatifs entre les étudiants et les enseignants. Il se peut que cet intermédiaire, «tierce personne neutre», permette de réduire les confrontations duelles bloquantes qui peuvent avoir lieu au cours des échanges explicatifs entre l'étudiant et l'enseignant.

Notons enfin que l'aide à proximité que représente l'enseignant, dont les interventions sont moins systématiques et plus à la demande, est appréciée par les étudiants (voir paragraphe 3.1.).

5. CONCLUSION

En conclusion, il apparaît que, dans les conditions d'utilisation telles qu'elles sont actuellement définies à Orsay et à Marseille, ces didacticiels sont bien adaptés aux étudiants du premier cycle universitaire. Ils leur fournissent un nouvel outil de travail qui les aide, à leur propre rythme et selon leurs besoins, dans l'apprentissage de la génétique et qui complète ceux qui existent déjà dans l'enseignement de la génétique.

L'utilisation des didacticiels en séance d'enseignement crée un nouveau contexte de travail pour les enseignants. Ce contexte leur fournit de nouveaux moyens dans la gestion de groupes d'étudiants dont les niveaux de connaissance et les rythmes d'apprentissage sont différents.

Pour nous, auteurs des didacticiels, un important travail de réflexion, d'analyse de la discipline et des erreurs des étudiants a été nécessaire pour conduire l'interaction avec l'étudiant par l'intermédiaire de l'ordinateur.

2 Système-auteur DruiD (1992). Laboratoire d'ingénierie didactique (LID), Université Paris 7, 2 place Jussieu, 75251 Paris cedex 05.

Nous avons clarifié la définition des objectifs de notre enseignement. Par ailleurs, il est apparu au cours de ce travail que de nombreux implicites étaient présents dans l'enseignement. Aussi sommes-nous plus attentifs à la formulation des questions et des explications mutuelles entre les enseignants et les étudiants au cours des séances d'enseignement sans les didacticiels.

BIBLIOGRAPHIE

- GAUTIER G. (1988). Que faire des nouveaux medias ? *Éducation permanente*, n° 93-94, pp. 95-108.
- RICHARD-MOLARD C., LAURENT J., BOUCHON B., HEUDE M., MASSON A., MONNEROT M. & PRUDHOMMEAU C. (1990). Conception et réalisation d'un didacticiel de génétique : bilan de trois années d'utilisation. *BIOpedagos*, n°5, Laboratoire de physiologie animale et bioinformatique, Université de Caen, 14032 Caen cedex, pp. 67-75.
- ROSSIGNOL J.-L. (1992). *Génétique*, 4ème édition. Paris, Masson.

Remerciements

Je remercie Marie-Geneviève SÉRÉ, responsable du groupe DidaScO, Université Paris XI, pour ses critiques et ses remarques constructives concernant la rédaction de cet article.