

Académie de Rouen
Stages SVT « échanges de pratiques au lycée » Année 2005

Intitulé du stage : « les difficultés rencontrées par les élèves dans la maîtrise du niveau d'organisation moléculaire »

Les programmes de SVT au lycée visent notamment à apporter des connaissances essentielles pour saisir certaines grandes lignes des fondements actuels des sciences du vivant et de la terre. Or les connaissances à apporter atteignent dans de nombreux cas le niveau d'organisation moléculaire. L'expérience montre que de nombreux élèves peinent à s'approprier la compréhension de ce niveau . L'objet de ce stage visait dans un premier temps à faire le point sur les confusions les plus fréquemment observées, les notions auxquelles les élèves ont du mal à donner du sens afin de dégager des problématiques possibles. Puis à partir de l'étude de nos pratiques de cours de proposer des solutions pour que le niveau d'organisation moléculaire prenne plus de sens aux yeux de nos élèves

**EXEMPLES DE CONFUSIONS REPEREES OU DE NOTIONS POSANT PROBLEME
ET PROPOSITIONS DE PROBLEMATIQUES A TRAITER**

Confusions

Constitution des protéines / constitution ADN (nucléotides, acides aminés)
Code génétique / information génétique
Chromosome / chromosome répliqué
Chromosomes homologues / chromosomes à deux chromatides
Molécules / cellules

Notions auxquelles les élèves ont du mal à donner du sens

- Information génétique, définition de gène (séquence de nucléotides)
- Réplication de l'ADN et conséquences sur les chromosomes
- Méiose et son résultat au niveau du génotype
- Signification des modèles moléculaires
- Allèles

DES PROBLEMATIQUES POSSIBLES :

Comment faire comprendre l'importance de la séquence des nucléotides dans la fonction du gène notamment en seconde?

Pourquoi les élèves ont-ils tant de difficultés à faire la différence entre un nucléotide et un acide aminé, ce qui a pour conséquence qu'ils ne repèrent pas toujours ce qui est du niveau du gène (génotype) de ce qui est du niveau de la protéine (phénotype) ?

Pourquoi les élèves ont-ils du mal à saisir le rôle des protéines ?

Pourquoi les élèves ont-ils tant de difficultés à comprendre ce qu'est un chromosome, ce qui les empêche de faire un lien entre ce qui se passe au niveau moléculaire (séquence de nucléotides) et ce qui est observable au niveau cellulaire lors de la méiose ou de la mitose et donc de bien comprendre le résultat de ces deux phénomènes ?

PROPOSITIONS

1) Comment faire comprendre l'importance de la séquence des nucléotides dans la fonction du gène notamment en seconde?

De nombreuses évaluations réalisées en seconde montrent que les élèves retiennent particulièrement bien la structure de l'ADN et sont capables de reproduire une molécule d'ADN même lorsqu'elle est présentée de manière complexe c'est à dire avec la structure détaillée des nucléotides. Par contre la notion d'information génétique définie par la séquence des nucléotides semble difficile à maîtriser.

Une des idées proposées est que le fait de trop détailler la structure de L'ADN nuit à l'acquisition de la notion d'information génétique

Que dit le programme :

« La transgénèse repose sur l'universalité de la molécule d'ADN en tant que support de l'information génétique.

Chaque chromosome contient une molécule d'ADN qui porte de nombreux gènes.

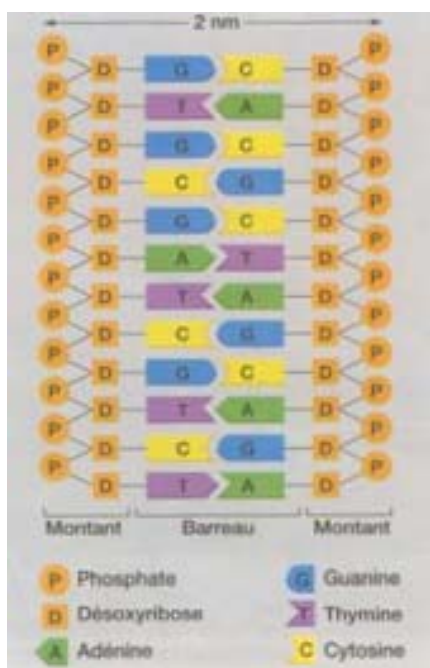
L'ADN est formé de deux chaînes complémentaires de nucléotides (A, T, C, G). La séquence des nucléotides au sein d'un gène constitue un message.

Les allèles ont pour origine des mutations qui modifient la séquence de l'ADN.

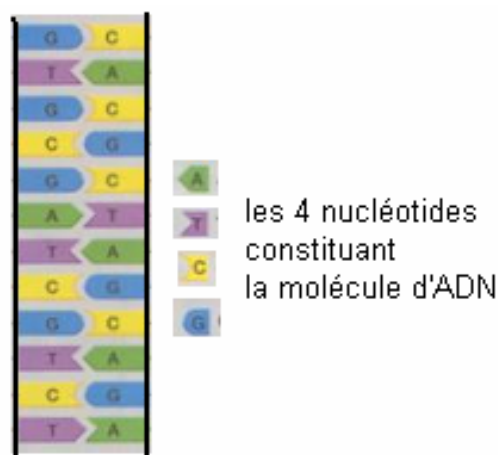
La structure détaillée des nucléotides n'est pas au programme »(souligné par nous).

Or un rapide tour de table révèle que la majorité d'entre nous détaille la structure des nucléotides, il en va de même dans tous les livres d'élèves ainsi que dans les logiciels de type rasmol.

Représentation schématique de la molécule d'ADN couramment proposée et que l'on retrouve dans la plupart des livres



Proposition de représentation schématique simplifiée de la molécule d'ADN que les élèves auraient à retenir



Cette représentation simplifiée implique que chaque symbole ne représente plus qu'un nucléotide et non plus une base, chaque nucléotide n'étant plus désigné que par une lettre conformément au programme. Il n'est alors plus fait référence aux termes de phosphoryle, de désoxyribose, d'adénine, de thymine, de guanine ni de cytosine.

Ainsi simplifiées, les connaissances à structurer peuvent être centrées sur la notion d'information génétique et de séquence de nucléotides.

Des critiques ont été formulées à l'égard de cette approche :

- Comment comprendre la signification d'ADN si on ne présente pas les différentes molécules constitutives ?
- Comment donner du sens au modèle moléculaire représenté si l'on simplifie à l'extrême ?
- Comment dans l'optique de la première, faire comprendre la différence entre un acide aminé et un nucléotide si l'un est représenté par une simple boule et l'autre par une flèche.

Il est sûrement problématique qu'un élève assimile une molécule à un symbole sans qu'il n'ait une idée même approximative de ce que représente ce symbole.

L'idée serait de faire observer la complexité de la molécule d'ADN lors des activités (utilisation de logiciels ou construction de modèles), de manière à ce que l'élève puisse concevoir ce que représente un nucléotide. Puis après avoir montré l'importance de la séquence, proposer la représentation simplifiée comme seul modèle à retenir, sans le détail de la composition des nucléotides.

2) Pourquoi les élèves ont-ils tant de difficultés à faire la différence entre un nucléotide et un acide aminé, ce qui a pour conséquence qu'ils ne repèrent pas toujours ce qui est du niveau du gène (génotype) de ce qui est du niveau de la protéine (phénotype) ?

Pourquoi les élèves ont-ils du mal à saisir le rôle des protéines ?

Le niveau moléculaire est atteint dans la grande majorité des notions que nous avons à construire de la seconde à la terminale. Les molécules présentées interviennent dans des processus très variés (métabolisme énergétique, message nerveux, communication hormonale, information génétique, immunité...) Un rapide regard sur nos pratiques révèle que dans de très nombreuses activités nous présentons aux élèves des molécules très diverses aussi bien de par leur composition que par leur rôle, notamment lorsque nous établissons des liens entre le génotype et le phénotype. Laissons nous aux élèves le temps de se représenter les différences qui existent entre les molécules citées ?

Notre proposition est qu'à chaque fois que la situation se présente, lorsqu'une nouvelle molécule est citée, l'élève puisse être amené à réfléchir sur la nature, la fonction de cette molécule.

Cette réflexion conduirait l'élève à classer les molécules étudiées dans un tableau. (Voir les divers tableaux proposés en annexe).

L'idée est qu'en multipliant ces situations de repérage de la nature et de la fonction des molécules les élèves cessent de faire les confusions précédemment énumérées.

3) Pourquoi les élèves ont-ils tant de difficultés à comprendre ce qu'est un chromosome, ce qui les empêche de faire un lien entre ce qui se passe au niveau moléculaire (séquence de nucléotides) et ce qui est observable au niveau cellulaire lors de la méiose ou de la mitose et donc de bien comprendre le résultat de ces deux phénomènes ?

Lorsque l'on demande à des élèves de terminale de représenter un chromosome, la majorité d'entre eux dessine un chromosome métaphasique. Rare sont ceux qui demande des précisions concernant la phase du cycle cellulaire à laquelle il faut le représenter. Cela veut dire que la majorité des élèves n'ont pas bien intégré cette notion de cycle cellulaire, ce qui leur pose de réelles difficultés dans la compréhension de la

méiose. On peut ainsi régulièrement observer des élèves qui, lorsqu'il ont à décrire la méiose ou la fécondation, inventent une étape pendant laquelle les chromosomes homologues à une chromatide se réunissent pour reformer le fameux chromosome métaphasique. On voit bien qu'encore une fois les élèves conservent, ancrée à l'esprit, leur conception initiale du chromosome, et que nos belles explications, ne parviennent pas à modifier cette conception.

Modifier les représentations des élèves est une tâche ardue. Des auteurs comme Giordan et De Vecchi proposent de prendre en compte les conceptions initiales des élèves pour les transformer. Il est alors nécessaire de placer les élèves dans une situation dans laquelle leur modèle explicatif va se trouver en contradiction avec les faits observés.

Concrètement, avant d'aborder la division cellulaire, on pourrait dans un premier temps faire émerger les conceptions initiales des élèves, sans document, en s'appuyant sur les connaissances de 3^{ème}, et leur demander de représenter la garniture chromosomique des cellules, avant, pendant et après la division cellulaire. Dans un deuxième temps, la comparaison des diverses représentations doit faire surgir des contradictions et faire émerger des problèmes comme celui de la nécessité de la reproduction du chromosome ou de l'état dans lequel doivent se trouver les chromosomes avant ou après la division cellulaire. Ainsi dans un troisième temps, l'observation des chromosomes aux différentes phases du cycle cellulaire est justifiée par la résolution des problèmes résultant de la mise en commun,

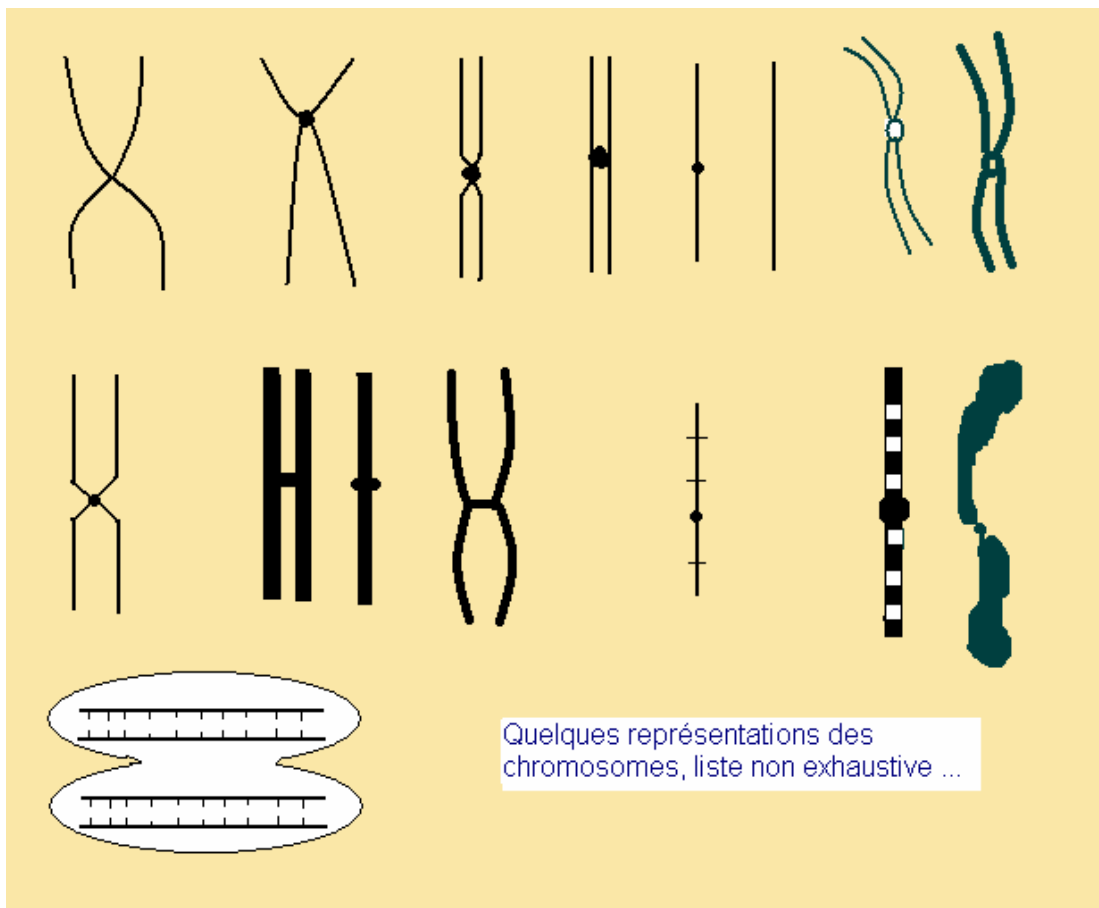
Le tableau présenté ci-dessous peut alors être complété.

Phases du cycle	Stades	Nombre de molécules d'ADN par cellule	Nombre de chromosomes par cellule	Nombre de chromatides par chromosome	Aspects des chromosomes
Interphase					
Mitose					

Il est évident que le simple fait de prendre en compte les conceptions initiales des élèves ne peut à lui seul permettre de faire intégrer la notion de cycle cellulaire, d'autres solutions doivent être envisagées, parmi elles :

- Obliger les élèves à réinvestir cette notion le plus souvent possible. Lors de l'étude d'autres activités cellulaires (synthèse des protéines, méiose ...) il serait souhaitable de reposer le problème de l'état de l'ADN et des chromosomes.

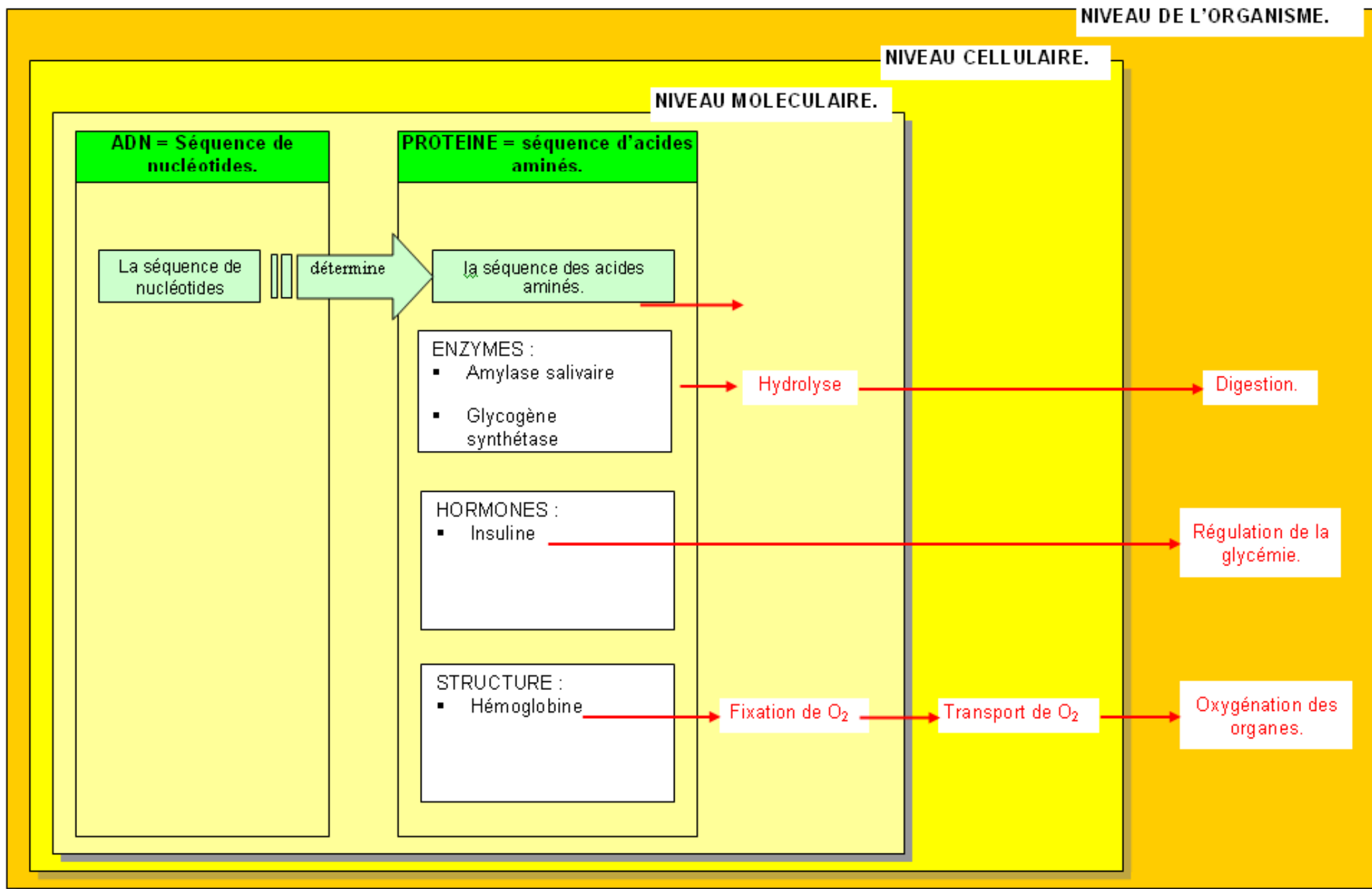
- Faire retenir l'essentiel. Pour cela, réfléchir sur le degré de complexité dont on présente la réplication de l'ADN et notamment les expériences historiques ayant conduit à sa découverte.
- Faire établir un lien clair entre représentation des chromosomes et les différentes étapes du cycle cellulaire. Pour cela réfléchir sur la façon dont nous représentons les chromosomes. En effet il apparaît que ces représentations sont variables d'un professeur à un autre voir, pour un même professeur d'un moment du cours à un autre. Difficile alors pour les élèves de s'y retrouver dans cette « jungle » de la représentation du chromosome. (Voir document annexe). On peut penser qu'il serait utile, d'une part qu'une concertation ait lieu au sein d'un même établissement et que d'autre part lorsqu'une représentation est utilisée, elle soit justifiée pour devenir compréhensible.



La séquence des nucléotides constituant l'ADN détermine :

- La séquence des acides aminés constituant les protéines,
- Les activités métaboliques des cellules et de l'organisme.

→ Fonction de la protéine.



HIERARCHIE ET FONCTION DES PRINCIPALES BIOMOLECULES ETUDIEES DE LA SECONDE A LA TERMINALE.

