

Correction Bac Blanc 2021

Exercice 1 : Des mécanismes à l'origine de la diversité génétique des individus (10 points)

Critères de référence :

- Logique et complétude de la construction du texte par rapport à la question posée ;
- Exactitude et complétude des connaissances à mobiliser
- Pertinence, complétude et exactitude des arguments nécessaires pour étayer l'exposé (schémas, principes ou exemples d'expériences, observations, situations concrètes... éventuellement issus du document proposé) ;
- Qualité de l'exposé (syntaxe, vocabulaire scientifique, clarté de tout mode de communication scientifique approprié).

Introduction :

La reproduction sexuée assure la pérennité d'une espèce. Elle assure à la fois sa stabilité et sa diversité des individus au sein de l'espèce. Cette reproduction sexuée fait intervenir 2 mécanismes complémentaires : la méiose et la fécondation.

La méiose est une succession de 2 divisions précédées d'une réplication de l'ADN qui produit 4 cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde. La méiose est à l'origine d'une très grande diversité de gamètes.

La fécondation rétablit la diploïdie et assure la formation d'une cellule œuf diploïde à l'origine d'un individu.

Comment la méiose et la fécondation conduisent-elle à la diversité des individus ?

Pour répondre à cette question nous étudierons une cellule $2n=4$, et la transmission de 3 gènes hétérozygotes et de 2 paires de chromosomes : 2 gènes A et B liés, c'est-à-dire portés par la même paire de chromosomes homologues, et un 3ème gène E indépendant, porté par une autre paire de chromosomes. Chaque gène est présent sous 2 formes alléliques dans la cellule mère des gamètes.

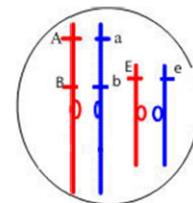


Schéma : caryotype ($2n=4$) de la cellule mère des gamètes avant réplication

I- la méiose

La méiose permet la formation des gamètes. Elle correspond à la succession de deux divisions cellulaires précédées comme toute division d'un doublement de la quantité d'ADN (réplication).

1) La première division (réductionnelle) et la séparation des chromosomes homologues :

Au cours de la prophase I, les chromosomes homologues de chaque paire, formés de deux chromatides s'apparient ; il y a formation de bivalents. A la métaphase I, les deux chromosomes de chaque paire se répartissent de part et d'autre du plan équatorial.

A l'anaphase I, l'un des chromosomes d'une paire va vers un pôle et l'autre vers l'autre pôle, indépendamment du comportement des chromosomes des autres paires. Chaque cellule fille n'hérite donc que d'un seul chromosome de chaque paire, toujours formé de deux chromatides. La cellule entrant en méiose était diploïde. Les deux cellules formées en télophase I sont ainsi haploïdes.

2) La deuxième division (équationnelle) et la séparation des chromatides

Au cours de la deuxième division de la méiose, il y a séparation des deux chromatides de chaque chromosome double. Les quatre cellules formées (qui donneront les gamètes) héritent donc, pour chaque paire d'un chromosome simple à une chromatide. Ce sont des cellules haploïdes.

Comment étudier le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique ?

II- Les brassages lors de la méiose

Les généticiens ont pris comme modèle les drosophiles à cycle diploïde, et réalisent des croisements afin d'étudier le devenir de deux caractères phénotypiques gouvernés chacun par un gène (avec chacun deux allèles) : la couleur du corps ou la longueur des ailes par exemple.

Il effectuent les croisements suivants :

- un premier croisement de deux parents de lignée pure (souche sauvage avec une souche double mutante) : ils sont homozygotes pour chaque gène
→ génération F1 (100 % homogène) permettra de définir la récessivité et la dominance des allèles.

- un deuxième croisement appelé croisement test ou test-cross qui consiste à croiser l'individu à tester un individu F1 (dont les allèles récessifs ne sont pas visibles dans le phénotype), par un double homozygote récessif.

→ Les individus F2BC issus de la méiose et de la fécondation auront différents phénotypes qui refléteront totalement les gamètes produits par le parent F1.

A partir des fréquences obtenues, il est alors possible d'effectuer une analyse génétique.

1- Brassage interchromosomique lors de l'anaphase I.

On supposera dans ce paragraphe que les crossing-over n'ont pas eu lieu entre les gènes A et B liés.

En anaphase I, lors de la disjonction des chromosomes, les deux chromosomes homologues de chaque paire se séparent. Chaque chromosome migre vers l'un ou l'autre pôle de la cellule.

C'est un phénomène aléatoire et le nombre de combinaisons ou lots possibles entre les n paires est infini : ainsi le chromosome d'une paire peut être associé avec l'un ou l'autre chromosome d'une deuxième paire ; ceci est valable pour les n paires.

Un tel brassage est qualifié d'interchromosomique. Les différents chromosomes se séparent donc indépendamment les uns des autres. Le nombre de combinaisons possibles est de : 2^n .

Dans le cas de l'espèce humaine, $n = 23$, donc un individu peut produire 2^{23} spermatozoïdes ou ovules différents (soit plus de 8 millions de spermatozoïdes ou d'ovules différents).

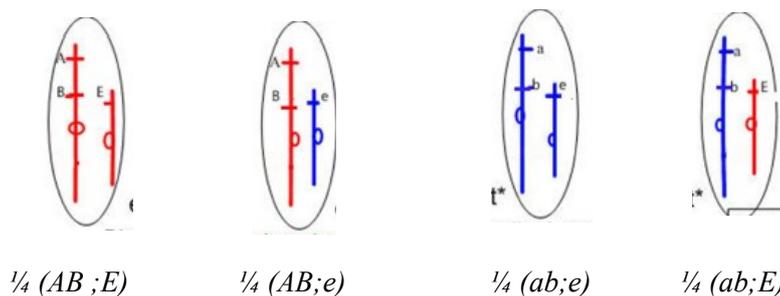
→ Un individu hétérozygote, pour 2 gènes situés sur 2 paires de chromosomes différents (on parle de gènes indépendants) produira 4 types de gamètes en quantité équiprobable.

→ Les individus F2BC issus de la méiose et de la fécondation auront 4 phénotypes équiprobables qui reflètent les 4 gamètes équiprobables produits par le parent F1.

Schéma attendu

- **PI + les 2 MI + les deux TI**

A partir d'une cellule à $2n = 4$ chromosomes on peut obtenir 4 gamètes équiprobables :



Mais ce nombre de possibilités est encore sous évalué car un autre phénomène intervient : le brassage intrachromosomique par crossing-over.

2- Brassage intrachromosomique lors de la prophase I.

Ce type de brassage ne peut intervenir que lorsque 2 gènes sont liés ici les gènes de A et B.

La photographie fournie de chromosomes réalisée dans des cellules de testicules lors de la prophase de première division de méiose montre que lors de l'appariement des chromosomes, on observe des figures en X, appelés chiasma, au niveau desquelles les chromatides s'enchevêtrent. Des portions de chromatides peuvent alors s'échanger d'un chromosome à l'autre : c'est le crossing-over à l'origine de chromosomes remaniés. De nouvelles combinaisons d'allèles apparaissent sur les chromatides remaniés. On parle de brassage intrachromosomique.

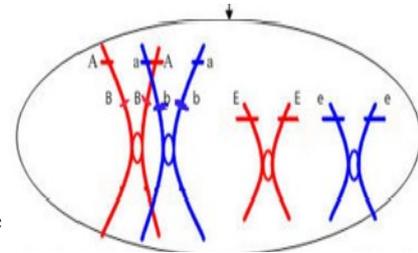
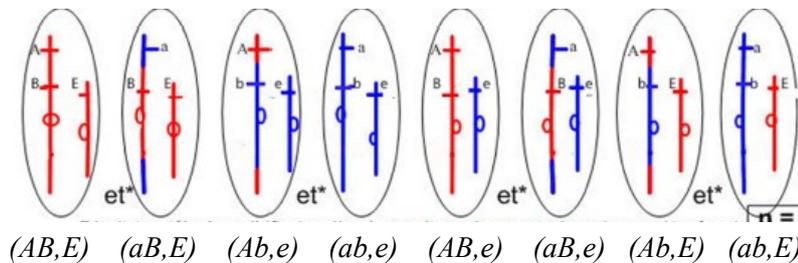


Schéma : Cellule mère des gamètes en prophase de 1ère division de méiose.

Schéma lors de CO en PI : P1 avec CO + T1/P2 + T2

On obtient cette fois 8 gamètes différents (non équiprobables car la probabilité de crossing-over dépend de la distance séparant les gènes), voici leurs génotypes :

- 4 gamètes de type parental majoritaires : (AB,E) ; (AB,e) ; (ab,e) ; (ab,E) ;
- 4 gamètes recombinés minoritaires : (aB,E) ; (aB,e) ; (Ab,e) ; (Ab, E) ;



→ Les deux brassages permettent une diversité potentiellement infinie de gamètes.

III- La fécondation, source de diversité génétique supplémentaire

C'est la mise en commun du patrimoine génétique du gamète mâle et du gamète femelle.

Les étapes de la fécondation sont les suivantes :

- l'entrée d'un spermatozoïde dans l'ovocyte
- les noyaux femelle et mâle haploïdes forment les pronucléi.
- une réplication d'ADN se produit dans chaque pronucléus.
- la fusion des 2 pronucléi (on parle de caryogamie) a lieu avec la mise en commun des chromosomes : c'est la formation d'une cellule-œuf diploïde.
- la première division par mitose du zygote débute.
- la construction d'un nouvel embryon peut commencer.

La fécondation réunit au hasard un gamète mâle et un gamète femelle parmi les plus de 8 millions de gamètes mâles et les plus de 8 millions de gamètes femelles possibles. La probabilité d'avoir deux enfants identiques suite à une fécondation est donc nulle (hormis les vrais jumeaux).

La fécondation est donc également source de diversité génétique

Conclusion :

La reproduction sexuée grâce à la méiose et à la fécondation permet l'alternance de la phase haploïde et diploïde au cours des cycles de développement et assure ainsi la constance du stock chromosomique d'une espèce au cours des générations successives.

Toutefois ces mécanismes sont aussi à l'origine de brassages chromosomiques responsables de l'originalité des combinaisons alléliques de chaque individu de l'espèce. Méiose et fécondation assurent la diversité des individus au sein de l'espèce maintenue stable.

Exercice 2 : La photosynthèse, une réaction biochimique

Critères de référence :

- Qualité et complétude de la démarche de résolution (adéquation de la démarche avec le problème posé)
- Qualité de la rédaction de la démarche de résolution (explicitation claire et rigoureuse du raisonnement conduit)
- Présence et justesse de la conclusion apportant une réponse correcte au problème posé
- Qualité des données prélevées dans les documents pour résoudre le problème scientifique
- Complétude et pertinence des connaissances nécessaires pour traiter le problème de manière complète, en sus des données issues des documents
- Mise en relation pertinente des données prélevées et des connaissances avec le problème à résoudre (confrontation pertinente des données et des connaissances et du problème posé) vocabulaire scientifique, clarté de tout mode de communication scientifique approprié).

Introduction

La photosynthèse est la production de matière organique à partir d'eau, de CO₂ et de sels minéraux grâce à l'énergie lumineuse ; elle a lieu dans les chloroplastes des cellules chlorophylliennes des feuilles et s'accompagne d'un rejet de dioxygène. Quelle est l'origine du dioxygène formé au cours de la phase photochimique et quelles sont les réactions qui accompagnent sa production ? L'étude des 3 documents fournis va nous permettre de répondre à ces deux questions.

I – L'origine de l'O₂ produit dans les chloroplastes

Le document 1 décrit l'expérience de Ruben et Kamen : on expose à la lumière 2 suspensions d'algues chlorophylliennes différant par la proportion de molécules d'eau marquées à l'¹⁸O et par la proportion de CO₂ marqué également à l'¹⁸O : le % de molécules d'eau comportant du ¹⁸O est de 85% dans la suspension A et de 20% dans la suspension B ; les % de CO₂ marqué à l'¹⁸O étant respectivement de 20% et de 68%.

On constate que dans les deux cas le pourcentage de molécules d'O₂ comportant du ¹⁸O est le même que celui des molécules d'eau comportant du ¹⁸O

→ Cette expérience met donc en évidence que l'O₂ dégagé par les chloroplastes, en présence de lumière, provient de l'eau et non pas du dioxyde de carbone. A ce stade on peut donc supposer qu'il y a oxydation de l'eau en présence de lumière : $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

L'analyse des documents suivants va permettre de tester cette hypothèse et de déterminer quelles sont les réactions accompagnant ce dégagement de dioxygène par les chloroplastes.

II – Les réactions chimiques qui accompagnent ce dégagement

Le document 2 décrit l'expérience de Hill réalisée avec un filtrat contenant des chloroplastes isolés dont les enveloppes sont lésées. Les résultats des mesures de concentration d'O₂ sont donnés par un graphe.

- De t=0 à t=2 min, le filtrat est à l'obscurité : le taux d'O₂ diminue → cette consommation d'O₂ est due à la respiration (*le filtrat contenant encore des mitochondries*)
- De t=2 à t=3 min, le filtrat est à la lumière mais le taux d'O₂ continue de baisser au même rythme → il y a donc un facteur limitant qui empêche la photosynthèse de se réaliser.
- A t=3 min on injecte dans l'enceinte 0,5 ml de ferricyanure de potassium, contenant du fer oxydé. Immédiatement le taux d'O₂ augmente d'environ 40 μmol/L/min → ceci témoigne d'une reprise de la photosynthèse, possible grâce à cet oxydant.

Or nous savons que les enveloppes des chloroplastes sont lésées, les thylakoïdes sont donc intacts mais le stroma est dilué dans le milieu. La production d'O₂ nécessite donc un oxydant = accepteur d'électrons, situé en temps normal dans le stroma des chloroplastes. Cet oxydant se réduit au cours de la réaction, le ferricyanure de potassium réduit retrouvé en fin d'expérience en témoigne.

- A t=7 min, le filtrat est à l'obscurité : le taux d'O₂ diminue de nouveau → lumière indispensable...

→ Cette expérience confirme notre hypothèse : la production d'O₂ résulte d'une réaction d'oxydoréduction qui ne se produit qu'à la lumière dans les chloroplastes : l'eau est oxydée (c'est la photo-oxydation de l'eau), et un accepteur d'électron, R, se réduit.

Le document 3 résume sous forme d'un tableau les conditions et les résultats d'une expérience visant à mettre en évidence les conditions de la production d'ATP dans une suspension de chloroplastes intacts ; un milieu sans chloroplastes est également testé.

On observe que la production d'ATP se fait uniquement dans la suspension de chloroplastes en présence de lumière, d'ADP et de Pi

→ la production d'ATP se fait donc pendant la phase photochimique de la photosynthèse selon l'équation $ADP + Pi \rightarrow ATP$ et nécessite des chloroplastes intacts. Pendant la phase photochimique il y a aussi dégagement d'O₂, la synthèse d'ATP accompagne donc le dégagement d'O₂.

Comment se servir de ces informations pour relier l'origine de l'O₂ et de l'ATP ?

III – Un bilan bien complexe !

Pendant la phase photochimique de la photosynthèse les chloroplastes dégagent de l'O₂ dont l'origine est l'eau et non le CO₂ qui n'intervient pas dans cette 1^{ère} phase (doc 1).

Cette production d'O₂, nécessitant un accepteur d'électrons, est la conséquence d'une photo-oxydation de l'eau (doc 2) : suite à l'absorption d'énergie lumineuse, la chlorophylle s'oxyde et libère des e⁻ ; elle retrouve son état réduit initial en oxydant l'eau.

Les e⁻ libérés par la chlorophylle transitent par les molécules de la chaîne photosynthétique et sont finalement pris en charge par un accepteur situé dans le stroma, qui va également accepter les H⁺ : il va donc être réduit (doc 2) : $R + 2H^+ + 2e^- \rightarrow RH_2$

La synthèse d'ATP, par fixation d'un phosphate inorganique Pi sur une molécule d'ADP : $ADP + Pi \rightarrow ATP$ (doc 3), est possible grâce à l'énergie libérée par le flux de protons à travers l'ATP synthétase situées dans la membrane des thylakoïdes. Ce flux de H⁺ est généré grâce à la photo-oxydation de l'eau : les H⁺ issus de l'eau et d'une entrée de protons du stroma vers le lumen, créent un gradient de concentration entre le lumen (où ils sont très concentrés) et le stroma (où ils sont peu concentrés). On comprend pourquoi la production d'ATP nécessite de la lumière et des chloroplastes intacts (doc 3). Il y a un couplage entre photo-oxydation de l'eau productrice d'O₂ et production d'ATP.

