Eléments de correction du sujet de synthèse

La diversité des phénotypes : origines et conséquences à l'échelle de la population
Le plan détaillé qui suit a été élaboré par Mme Perrier (professeur de SVT en 953)

Introduction

Accroche : constat de la diversité d'une population (troupeau de vaches, ou canards sur un plan d'eau, une espèce d'angiospermes dans un champ ; éviter les accroches trop anthropocentrées.)

Définition des termes du sujet

- **Phénotype** = ensemble des caractères identifiables (à différentes échelles) sur un individu ou parfois, de façon plus restrictive, état d'un nombre limité de caractères d'une ou plusieurs cellules. L'étude des phénotypes d'individus apparentés montre que le phénotype dépend du **génotype** : combinaison des allèles portés par le ou les locus codant le ou les caractères étudiés.
- La **diversité** des phénotypes constatée au sein d'une **population** (ensemble d'individus d'une même espère vivant au même moment dans un même lieu), s'inscrit aussi au sein d'une organisation fonctionnelle commune qui dépend des facteurs de l'environnement. On peut facilement constater dans les populations naturelles, que le phénotype d'un organisme peut changer au cours des saisons. L'origine du phénotype n'est donc pas à rechercher dans le génotype.

Problématique : celle du libellé du sujet.

Rechercher l'origine de la diversité des phénotypes, d'abord du côté de la diversité des génotypes, puis en précisant les mécanismes qui permettent d'obtenir plusieurs phénotypes à partir d'un même génotype. Quelles sont les conséquences de la diversité des phénotypes pour une population sur le plan de son intégration à son environnement et de sa dynamique évolutive ?

Démarche : suit les étapes de la problématique

I. La diversité des génotypes des individus à l'origine d'une diversité phénotypique

A/ Diversité des phénotypes issue des mutations héritées des ascendants

1. Une mutation peut modifier le phénotype

Le montrer à partir d'un exemple (choix multiples, à condition de pouvoir expliquer le lien entre la modification du génotype et celle du phénotype via une protéine) :

- mutation du gène de la globine β et drépanocytose ;
- mutations *Hox* et homéose (facteurs de transcription Hox) ;
- éventuellement syndrome de Down et trisomie 21 (mais en plus d'une mutation génique car le lien entre mutation et phénotype n'est pas simple à expliquer)

Donc, les **mutations constitutionnelles** (survenues dans les lignées cellulaires qui forment les gamètes ou à lors des premières divisions d'un zygote) peuvent modifier le phénotype.

2. Les effets des mutations sur la diversité des phénotypes dépendent de leur nature

- Mentionner la diversité des mutations (géniques, chromosomiques)
- Préciser que l'effet sur le phénotype dépend de l'ampleur de la mutation, du génotype homozygote ou hétérozygote, et du caractère récessif ou dominant de l'allèle muté.

B/ Ampleur de la diversité des génotypes dépend des modalités de la reproduction

1. Reproduction asexuée vs sexuée

- Comparer la faible diversité des phénotypes au sein d'un **clone** à celle de la descendance d'un couple de parents (**test-cross** pour deux locus, par exemple)
- Expliquer cette différence par l'existence des **brassages génétiques** au cours de la reproduction sexuée (**méiose** et **fécondation**).

2. Influence des régimes de reproduction sur la diversité phénotypique d'une population

- Panmixie : au cours du temps, équilibre des fréquences génotypiques donc phénotypiques (loi de Hardy-Weinberg).
- Régimes fermés : diminution des hétérozygotes donc des possibilités de diversification des phénotypes puisque le brassage génétique n'intervient que chez les hétérozygotes.
- Régimes ouverts : c'est l'inverse.

C/ Diversité des génotypes consécutive à des transferts horizontaux de gènes

- Effets sur le phénotype rapides chez les procaryotes car ils sont unicellulaires (transfert des gènes de résistance aux antibiotiques ou aux phages dans les populations bactériennes).
- THG existent aussi chez les eucaryotes et leurs effets sont visibles dans les arbres phylogénétiques.

Bilan I.

Au sein d'une population la **diversité des génotypes** des individus entraine une diversité de phénotypes. La diversité génotypique trouve son origine à l'échelle moléculaire et cellulaire dans les **mutations** qui créent de nouveaux **allèles**, et à l'échelle des individus et des populations dans les processus qui transmettent ces variants en les **recombinant** d'une génération à une autre lors de la reproduction (**transferts verticaux** de gènes) ou entre individus d'une même génération (**transferts horizontaux** de gènes).

Mais la simple observation d'un arbre au cours des saisons montre que son phénotype change. La diversité des génotypes n'est donc pas la seule origine de la diversité des phénotypes.

II. La diversité des phénotypes dépend aussi de l'environnement

A/Plasticité phénotypique en fonction de l'environnement

La diversification des phénotypes facilite le fonctionnement des individus dans leur milieu lorsqu'elle est contrôlée par les variations des conditions du milieu.

Deux modalités principales selon le degré de variabilité des facteurs du milieu.

1. Plasticité sous l'effet de facteurs maintenus durablement : l'accommodation

- Un exemple : arbres d'une même espèce placés à l'ombre ou à la lumière : port différent (phototropisme) ; feuilles différentes (feuilles d'ombre ou de lumière), ce qui module la façon dont les feuilles font la photosynthèse en fonction de la quantité d'énergie lumineuse disponible).
- Définition de la plasticité : diversité des phénotypes pour un même génotype au sein d'un individu, ou d'un individu à un autre, selon les conditions de son environnement.
- Pour deux populations d'une même espèce vivant dans deux écosystèmes différents la plasticité conduit à des **accommodations** (diversité des phénotypes sous contrôle environnement al et non héritable).

2. Plasticité sous l'effet de facteurs variants cycliquement : synchronisation avec le milieu

- Un exemple de la diversité des phénotypes d'un même individu, selon les saisons : contrôle saisonnier de la floraison. On peut aussi citer l'apparition cyclique des

caractères sexuels secondaires, de la couleur du pelage chez les animaux.

- Conséquence : **synchronise** la réalisation des fonctions de l'individu avec les saisons ; favorise le succès reproducteur ou le taux de survie selon les fonctions contrôlées.

3. Acquisition de phénotypes nouveaux en lien avec des relations interspécifiques

- Exemple : racine de fabacées avec ou sans nodosité selon la teneur en azote du sol ; endo- ou ectomycorhizes favorisées selon la nature de l'horizon organique du sol (mull ou moder)

B/ Origine de la plasticité phénotypique : contrôle de l'expression des gènes

Au sein d'une population, les individus porteurs d'**un même génotype** peuvent présenter des **phénotypes différents** en fonction du contrôle exercé sur l'expression de leurs gènes.
Pour chaque type de contrôle, il est bon d'essayer de trouver un exemple qui montre en quoi il peut conduire à des phénotypes différents.

1. Contrôle transcriptionnel à long terme par l'état de la chromatine

- Conduit par exemple à une **diversité des phénotypes selon les saisons** (contrôle de la floraison chez les Angiospermes).
- Seuls les gènes sous forme d'euchromatine sont exprimés. Le **remodelage de chromatine** dépend de modifications héritables des histones (acétylation, méthylation, phosphorylation, ubiquitinylation) ou de la méthylation de l'ADN.

2. Contrôle de l'initiation de la transcription via l'environnement moléculaire

L'exemple le plus simple à présenter est sans doute celui du contrôle de l'opéron lactose du colibacille ; mais il n'a pas encore été vu (SV-A-3).
Prendre un exemple chez les eucaryotes pour montrer comment l'expression d'un gène contrôle le phénotype : par exemple lors du développement du bourgeon de membre, l'expression du gène *Shh* dans les cellules de la ZPA est l'origine d'un phénotype de membre avec une polarité antéro-postérieure.

3. Contrôles post-transcriptionnels

- Maturation différentielle des ARN pm pouvant conduire à des **phénotypes cellulaires** différents.
- Inhibition de la traduction par des ARNsi (exemple des tomates transgéniques résistantes au pourrissement).

Bilan II.
Plasticité phénotypique témoigne de l'**intégration de signaux environnementaux** dans le contrôle du phénotype. Elle résulte du **contrôle de l'expression génétique**. Les facteurs du milieu peuvent agir directement sur le fonctionnement cellulaire ou par l'intermédiaire d'un messager chimique intercellulaire.
La plasticité phénotypique favorise l'intégration d'un organisme dans son écosystème. Elle est très marquée chez les végétaux, ce qui peut être mis en relation avec leur mode de vie fixé. Cette aptitude résulte elle-même d'une adaptation, c'est-à-dire d'un tri de la diversité des phénotypes, effectué au cours de l'évolution par les facteurs de l'environnement.
Quelles sont les conséquences de la diversité des phénotypes sur l'évolution d'une population ?

III Conséquences évolutives de la diversité des phénotypes

A/ La diversité des phénotypes permet un tri par les forces évolutives

1. Tri de la diversité des phénotypes en fonction de leur fitness : sélection

La diversité des phénotypes influence le succès reproducteur au sein d'une population.

Un exemple de sélection des phénotypes en fonction de leur **fitness** (à définir).

2. **Tri aléatoire de la diversité des phénotypes : dérive génétique**

Dérive : tri aléatoire des phénotypes consécutif aux tris aléatoires au cours des processus reproducteurs.
Le tri des phénotypes s'exerce ainsi sur tous les locus, que leurs allèles influencent ou non le succès reproducteur.
Effet plus marqué sur les petites populations (**effectif efficace**).

B/ Les forces évolutives modifient la diversité phénotypique d'une population

1. **Tri diminuant la diversité phénotypique**

- Dérive génétique : pour un locus donné, maintien aléatoire d'un seul phénotype.
- Sélection directionnelle : pour un locus donné, sélection du phénotype dont la valeur sélective (= *fitness)* est la plus élevé. Ce phénotype peut varier d'une population à une autre : variation de la *fitness* d'un phénotype en fonction du milieu.

2. **Tri maintenant la diversité phénotypique : sélection balancée**

Différentes causes d'une sélection balancée : *fitness* maximale des hétérozygotes ; compromis sous l'effet de pression de sélection multiples (sélection écologique, selon la probabilité de vie des individus vs sélection sexuelle, selon la fécondité des individus maintenant des caractères potentiellement handicapants pour les mâles)

3. **Effets des tris modulés par les migrations entre populations**

Différents exemples possibles.

- Apports de nouveaux phénotypes par des immigrants.
- **Conséquences sur la diversité phénotypique de l'effet fondateur.**

C/ La sélection modifie l'intégration d'une population à son écosystème

1. **Adaptation : sélection de phénotypes permettant de vivre mieux dans un environnement**

- - Un exemple d'adaptation permettant une définition. Adaptation : une conséquence de la sélection naturelle parmi d'autres.
- Deux populations d'une même espèce différant par une adaptation : **écotypes**.
- Potentiel évolutif d'une population fonction de sa diversité phénotypique.

2. **Influence réciproque de la diversité phénotypique de deux espèces par la coévolution**

D/ Les forces évolutives modifient les relations entre populations d'une espèce

Si la diversité phénotypique de deux populations évolue en l'absence de flux de gènes entre elles (isolement reproducteur), cela peut conduire à une **spéciation**.

Bilan III.

Les **forces évolutives** font varier la diversité phénotypique d'une population au cours du temps. Ces variations sont **en partie aléatoires** et en partie **contrôlées par les facteurs du milieu**. La diversité des ces processus de tri d'une population d'une espèce à une autre peut transformer une diversité phénotypique intraspécifique en une diversité interspécifique. Il n'est pas toujours simple de distinguer origines et conséquences de la diversité des phénotypes : par exemple la sélection est rendue possible par la diversité des phénotypes, mais elle agit aussi sur la structure phénotypique d'une population.

Conclusion générale

La diversité des phénotypes au sein d'une population résulte de la **diversité des génomes** de ses individus et de celle des **transcriptomes** et des **protéomes** de leurs cellules. Cette

diversité permet aux organismes d'**ajuster leur fonctionnement aux variations de leur environnement** : par des diversifications du phénotype non héritables (accommodation, variations cycliques du phénotype, phénotypes nouveaux consécutifs à des relations durables) ou héritables (adaptations). La diversité phénotypique est aussi un des facteurs de l'évolution d'une population.
La gestion anthropique des agrosystèmes tend à uniformiser les phénotypes par la sélection artificielle. Ceci contribue à la perte de biodiversité, même certaines pratiques tendent à réhabiliter la culture ou l'élevage de variétés traditionnelles qui s'avèrent souvent mieux adaptées aux conditions locales 'exploitation.