

AUTOGAMIE ET ALLOGAMIE

Commentaire

Il existe deux grands types de sujets en « et ». Ceux qui ont vocation à traiter des interactions entre deux composants, comme « Les membranes et les ions » ou encore « Les végétaux et la lumière », et ceux qui appellent à confronter deux entités et à mettre en lumière leurs points communs et leurs différences, comme « Haploïdie et diploïdie », « Algues et Angiospermes » et donc, « Autogamie et Allogamie ». Au vu du format de l'oral, notre conseil est de préciser dès l'introduction les points communs aux deux notions et donc la raison de les rapprocher dans un sujet, afin de pouvoir consacrer un maximum de temps d'exposé à pointer leurs différences. Ce sujet est parfaitement adapté pour présenter des exemples venant de toutes les grands groupes d'eucaryotes, on s'attachera donc à ne pas négliger tel ou tel groupe.

L'autogamie et l'allogamie sont deux modalités de la reproduction sexuée, qui font donc intervenir méiose et gamètes, par opposition à la reproduction asexuée (ou multiplication végétative). La reproduction sexuée, et en particulier l'allogamie, est apparue et a été maintenue au cours de l'Evolution de manière convergente chez beaucoup de lignées, grâce aux brassages génétiques qu'elle permet. Chez de nombreuses espèces, un basculement total ou partiel a eu lieu secondairement vers l'autre modalité de la reproduction sexuée : l'autogamie, où le brassage génétique est moins important, mais toujours plus élevé que chez les espèces qui réalisent la reproduction asexuée.

Commentaire

Nous avons opté pour un plan permettant de confronter les deux notions dans chacune des trois parties. Ceci est possible grâce à l'existence d'adaptations permettant de favoriser l'une ou l'autre mais rarement les deux modalités en même temps chez une espèce ou un individu à un moment donné. Les deux premières parties s'attachent à présenter les traits phénotypiques qui accompagnent ces adaptations (morphologie, comportements, asynchronicité du développement...). La troisième partie replace quant à elle ces traits dans un contexte évolutif, en détaillant les facteurs de contrôle entraînant une sélection vers l'une ou l'autre de ces modalités.

I) Adaptations à l'autogamie et à la limitation de l'allogamie

1) L'hermaphrodisme synchrone

Condition nécessaire à l'autogamie : un individu doit produire les deux types de gamètes (mâle et femelle), et ceux-ci doivent être présents au même endroit et au même moment pour qu'il y ait fécondation. Leur production et leur maturation sont donc relativement synchrones, même s'il peut exister des structures de stockage (la spermathèque) permettant de conserver un type de gamète jusqu'à ce que l'autre soit produit. Par exemple,

certaines espèces de gastéropodes produisent gamètes mâle et femelle dans une même structure (ovotestis) et pallient l'asynchronicité de production des gamètes en stockant les spermatozoïdes dans une structure appelée poche du dard. De même, chez les végétaux, seules les espèces monoïques peuvent être autogames, les gamétophytes mâle et femelles étant produits sur le même pied.

2) La cleistogamie chez les plantes

C'est un exemple d'adaptation fonctionnelle à l'autogamie et à la limitation de l'allogamie : les organes reproductifs sont isolés de l'extérieur, grâce par exemple à une fleur qui ne s'ouvre pas, empêchant ainsi la pollinisation. On retrouve cette adaptation chez de nombreuses Fabacées, comme le pois de senteur (*Lathyrus odoratus*). Ici c'est donc une adaptation morphologique qui permet de favoriser l'autogamie.

II) Les adaptations à l'allofécondation et à la limitation de l'autofécondation

1) Le gonochorisme et l'hermaphrodisme asynchrone

Le gonochorisme permet une allofécondation stricte. En effet, un seul type de gamète est présent à un moment donné chez un individu. Ceci est accompagné par une détermination du sexe au cours du développement, qui peut être génétique ou environnementale. On peut par exemple présenter la détermination du sexe chez l'espèce humaine avec les chromosomes sexuels X et Y et le gène *sry*. Chez certaines espèces, le sexe d'un individu peut changer au cours du temps, mais il n'y a jamais hermaphrodisme synchrone (par exemple, chez le poisson clown).

2) Les auto-incompatibilités

Chez les végétaux, les auto-incompatibilités permettent d'éviter l'autogamie chez un individu qui produirait les deux types de gamètes conjointement. Il en existe deux grands types : gamétophytique et sporophytique. Chez le premier, ce qui empêche la croissance du tube pollinique c'est l'expression des gènes S du gamétophyte, donc du grain de pollen (haploïde) tandis que chez le second, ce qui empêche la croissance du tube pollinique, c'est l'expression des gènes S du sporophyte (via les cellules nourricières) qui lui est diploïde (Schéma 1).

III) Les facteurs de contrôle écologique et évolutifs du mode de fécondation

1) Le parasitisme

Le parasitisme implique des conditions de reproduction sexuée qui peuvent être difficiles, (rareté d'un partenaire potentiel). Beaucoup d'espèces parasites ont développé une

reproduction par autofécondation voir asexuée. Exemple du tœnia, qui est hermaphrodite et pratique l'autofécondation. Cependant 1 % de sa progéniture sera mâle et pourra se reproduire avec des hermaphrodites pour donner 50 % de descendants mâles et 50 % de descendant hermaphrodites : c'est un mécanisme permettant de maintenir du brassage génétique.

2) La compétition inter et intra spécifique

On distingue la stratégie K et la stratégie r. Les individus K investissent sur la fitness individuelle de leurs descendants qui seront peu nombreux. L'allofécondation est souvent retenue par l'évolution. C'est souvent l'inverse chez les individus r. L'autofécondation permet de se reproduire plus vite, d'investir de l'énergie dans une descendance dont 100 % de ces gènes sont ceux du parent.

3) L'autofécondation par défaut

Chez certaines espèces de plantes, lorsqu'à la fin de la saison de reproduction aucun grain de pollen n'est arrivé, certains mécanismes peuvent entraîner une autofécondation : il y a recourbement des étamines sur le stigmate, et croissance d'une étamine supplémentaire en fin de saison qui peut déposer le pollen sur le stigmate.

Commentaire

C'est un sujet qui se prête bien à ouvrir le sujet sur des pratiques agronomiques, ici avec la sélection artificielle qui peut influencer les modes de reproduction. Les deux parties suivantes auraient tout à fait leur place en ouverture, étant donné le peu de temps que le candidat a pour sa présentation orale.

4) La sélection artificielle

Un grand nombre d'espèces utilisées en agriculture peuvent pratiquer l'autofécondation (ex : blé, orge, certaines Fabacées). Les raisons sont multiples : espèces sauvages déjà autofécondes, sélection consciente ou non par les humains (plus grande chance de retrouver les traits sélectionnés à la génération suivante...). C'est utilisé pour certains OGM pour « empêcher » le flux de gènes vers l'extérieur.

5) L'autofécondation, un cul-de-sac évolutif ?

L'efficacité à court-terme apportée par l'auto-fécondation est contrebalancée par un brassage moins important du génome au cours des générations, ce qui a de grandes chances d'entraîner à long terme une réduction de la diversité génétique d'une espèce et son extinction, ce qui expliquerait la proportion réduite d'espèces actuelles autogames par rapport aux allogames.

Conclusion

Chez les espèces pratiquant la reproduction sexuée, de nombreux mécanismes empêchent ou au contraire autorisent l'une ou l'autre des modalités : autogamie ou allogamie. Chez certaines espèces, les deux modalités sont possibles, et le passage de l'un à l'autre dépend souvent de conditions environnementales, dont la probabilité de trouver un partenaire sexuel. Les efficacités relatives de ces deux modalités ne s'appliquent pas à la même échelle temporelle (l'autogamie est efficace à court-terme pour produire un grand nombre de descendants, génétiquement proches du parent, mais voit des faiblesses arriver à long-terme, à cause de la perte de diversité génétique. Au contraire, le maintien d'une grande diversité génétique est caractéristique des espèces pratiquant l'allogamie, même partielle).

Enfin, de nombreuses espèces ne pratiquent pas la reproduction sexuée, et ont pourtant des succès écologiques et évolutifs certains. Nous pouvons donc nous demander quelles sont les propriétés des reproductions asexuées qui permettent cela.

Commentaire

Ce plan un peu catalogue est centré sur les différents mécanismes de reproduction. Il peut valoir le coup d'avoir un tableau que l'on a prérempli au cours de la préparation de l'oral de notions transversales telles que avantages/inconvénients de telle ou telle modalité de reproduction, dont on ferait la synthèse juste avant la conclusion.

	Autofécondation	Allofécondation
Avantages évolutifs	<p>Pas de coût des mâles, ni de la sélection sexuelle.</p> <p>Reproduction plus rapide (pas de recherche des partenaires). 100 % des gènes des descendants sont présents chez le parent.</p> <p>Baisse de la diversité génétique MOINS accentuée que chez la reproduction asexuée.</p>	<p>Brassage des allèles.</p> <p>Stratégie payante à long terme.</p>

Inconvénients évolutifs	Baisse de la diversité génétique inéluctable. Cliquet de Muller.	Coût des mâles, de la sélection sexuelle, nécessite un mécanisme évolutif qui fait apparaître une détermination du sexe.
Conditions écologiques ou d'évolution favorisant	Environnement peu variable, faible densité de la population, raréfaction des pollinisateurs.	Apparition du gonochorisme → potentielle difficulté pour un retour à l'hermaphrodisme.

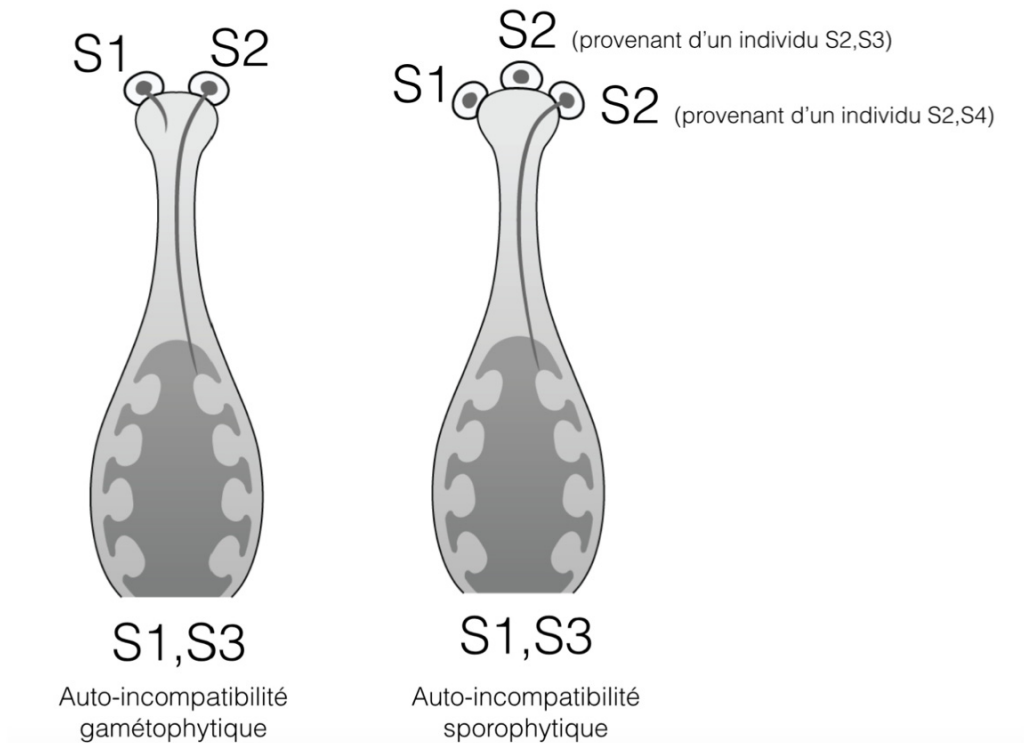


Schéma 1 : Les auto-incompatibilités chez les plantes, mécanismes permettant d'éviter l'autogamie au profit de l'allogamie.

CARACTERES FONDAMENTAUX ET DIVERSITE DES SURFACES D'ECHANGE CHEZ LES METAZOAIRES

Commentaire

Attention ici à ne pas vous focaliser uniquement sur les surfaces d'échanges respiratoires, le sujet précisant bien « DES » surfaces d'échange, sans préciser spécifiquement que celles-ci doivent être respiratoires. Cela étant, ce sera le principal mode d'illustration de votre exposé, étant donné votre programme. Mais n'oubliez pas de montrer que vous avez pensé aux autres surfaces, en les mentionnant ou en incluant un schéma au tableau.

Les métazoaires sont des organismes pluricellulaires, eucaryotes et hétérotrophes synthétisant du collagène. Ces organismes doivent effectuer des échanges avec le milieu extérieur afin d'obtenir de la matière organique qui leur permettra ensuite la formation d'énergie utilisable par la cellule, ainsi que l'obtention de matière. Il existe plusieurs types de surface d'échange, par exemple des surfaces d'échanges permettant de capturer des ions ou des nutriments, des surfaces d'échanges permettant l'excrétion des déchets du métabolisme, ou encore des surfaces d'échange permettant de capturer du dioxygène, indispensable à la respiration. Existe-t-il des caractéristiques communes à ces surfaces d'échanges ? De plus, les métazoaires occupent de très nombreuses niches écologiques, avec leurs caractères et leurs contraintes propres. Cette diversité de niche est-elle accompagnée d'une diversité dans les structures et le fonctionnement des surfaces d'échange ?

I) Les surfaces d'échange des métazoaires ont des caractéristiques structurales semblables

1) Présentation morphologique de quelques surfaces d'échange des métazoaires

Il existe une grande diversité dans les surfaces d'échange existantes, dont les grandes fonctions peuvent être divisées en trois : respiration, digestion et excrétion. Concernant la respiration, les organismes aquatiques possèdent des branchies, qui sont des surfaces d'échange de gaz respiratoire (Schéma 1). La surface de ces branchies est augmentée par la ramification de ces structures (Schéma 1). Leur anatomie varie selon le type d'organisme étudié. Pour les organismes terrestres, il existe des surfaces d'échange de type trachées chez les insectes (Schéma 1), ou poumon chez les vertébrés, dont la structure varie également selon le groupe phylogénétique étudié (Schéma 1). Les surfaces d'échanges digestives et excrétrices sont également assez diversifiées, avec par exemple des surfaces externes pour les organismes parasites tels que le ténia qui absorbe les nutriments par toute la surface de sa peau, ou des surfaces internes telles que l'épithélium du tube digestif.

2) Les surfaces d'échange sont des structures fines avec une grande surface

Si l'on compare toutes ces structures, on constate qu'il existe des adaptations permettant d'augmenter la surface de contact avec le milieu extérieur, par exemple grâce à des ramifications nombreuses (branchies), la formation d'alvéoles (poumons des mammifères, schéma 1) ou des microvillosités (exemple de la muqueuse intestinale, schéma 1). Ces systèmes sont assez efficaces, puisque la surface d'un poumon humain déplié par exemple est d'environ 100m². De plus, l'épaisseur de ces structures est en général très faible : de l'ordre de quelques cellules d'épaisseur, en général. Par exemple dans le poumon des mammifères, l'épaisseur de l'épithélium est d'environ 0,3 µm.

3) La loi de Fick

On constate donc qu'il existe une convergence dans la structure fondamentale des principales surfaces d'échange des métazoaires. Pourquoi ? Les échanges entre un organisme et son milieu sont conditionnés par une loi physique, la loi de Fick, qui s'écrit comme ceci :

$$J_x = -K_x \cdot (S/e) \cdot \Delta P$$

Avec J= le flux de gaz en mol. s⁻¹, K une constante de diffusibilité qui dépend du gaz étudié, S la surface (en m²), e l'épaisseur (en mètres) et ΔP la différence de pression partielle (en Pascal).

Pour qu'une surface d'échange soit efficace, il faut donc que son rapport surface sur épaisseur soit petit. C'est ce qu'on constate dans les structures étudiées plus haut. Cependant, un autre moyen d'action pour favoriser les échanges consiste à entretenir le ΔP. C'est ce que nous allons voir maintenant.

II) Les surfaces d'échange des métazoaires sont en contact avec des fluides constamment renouvelés

1) Renouvellement des fluides externes

La capture des molécules indispensables à l'organisme (gaz respiratoire, ions, nutriments...) nécessite un renouvellement du fluide externe en contact avec la surface d'échange, permettant l'acheminement de nouvelles molécules et l'élimination des déchets rejetés à l'extérieur. Par exemple, dans le cas de la digestion, le bol alimentaire digéré est acheminé tout le long du tube digestif, et est régulièrement renouvelé. Dans le cas de la respiration, le fluide pourvoyeur d'O₂ (air ou eau) convecte autour des structures respiratoires. Par exemple, dans le cas de la respiration branchiale des poissons, l'eau est amenée au contact de la branchie grâce à des mouvements de bouche du poisson : l'abaissement du plancher buccal crée un « appel d'eau », qui rentre dans la bouche du poisson. Celui-ci ferme ensuite la bouche et le relèvement du plancher entraîne une augmentation de la pression dans la bouche, l'eau est expulsée vers les branchies (Schéma 2). En milieu aérien, la ventilation par le poumon des mammifères permet de

renouveler l'air de manière saccadée. Le gonflement des poumons par les mouvements du diaphragme crée un appel d'air. L'air « neuf » est en contact avec les parois pulmonaires, puis une partie de cet air est expulsée par contraction des poumons.

Nous avons donc vu que les fluides externes étaient renouvelés, qu'en est-il des fluides internes ?

2) Renouvellement des fluides internes

Tous les Métazoaires ne disposent pas de système circulatoire interne. Pour les organismes petits, avec une grande surface externe par rapport au volume, tels que les plathelminthes, l'entretien du gradient se fait par simple consommation des gaz ou nutriments, et ceux-ci diffusent simplement de cellules en cellules. Chez les insectes, il existe un liquide circulant mais qui n'a aucun rôle dans le transport de gaz respiratoires : ceux-ci sont simplement acheminés via les trachées jusqu'aux niveaux des cellules par de nombreuses ramifications de plus en plus fines.

Enfin, certains organismes possèdent un système circulatoire permettant de renouveler le fluide interne. Ce système peut être clos ou ouvert, et contenir ou non des globules rouges ou pigments respiratoires permettant la capture des gaz. Ces pigments respiratoires sont assez peu diversifiés, et sont toujours des métalloprotéines (hémocyanine, hémoglobine...). Dans le cas des surfaces d'échanges pour la nutrition ou l'excrétion, le fluide en contact est généralement le sang ou l'hémolymphe. Il existe donc une certaine diversité des modes de renouvellement du fluide interne.

III) Les surfaces d'échange présentent des adaptations en fonction du milieu de vie

1) Les surfaces d'échanges sont internes ou externes

Le milieu aquatique est assez pauvre en O_2 , avec une viscosité importante. L'air est riche en O_2 , très peu visqueux, mais desséchant et peu porteur. C'est pourquoi en milieu aquatique, les structures respiratoires sont externes à l'organisme (fluide difficile à convecter, mais non desséchant et porteur). Elles sont parfois protégées dans diverses structures particulières, mais pas toujours (Schéma 3). La portance des structures est assurée par l'eau. En milieu aérien, cette portance ne peut être assurée par le milieu : il existe des adaptations permettant aux surfaces d'échanges de rester dépliées ou ouvertes. Par exemple l'intérieur de la trachée des insectes est recouvert par des épaissements de la cuticule en spirale (les ténidies, schéma 1) qui permettent d'éviter le collapsus des trachées. Chez les mammifères, le poumon est interne et soutenu par la cage thoracique de laquelle il est solidaire grâce aux plèvres. De plus, le caractère interne des structures permet d'échapper partiellement à la dessiccation. Il existe des groupes où les structures respiratoires divergent selon le milieu de vie. Par exemple, chez les mollusques, les escargots terrestres possèdent un poumon richement vascularisé, tandis que les moules qui vivent en milieu aquatique utilisent des branchies. Il y a donc une grande diversité des types de surface d'échange respiratoire, qui varient selon le milieu.