

Thème 1A - Génétique et évolution

TP5 - La diversification du vivant

Nous avons vu que la diversité des individus d'une même espèce est liée au brassage inter et intra-chromosomiques survenant lors de la méiose et la fécondation. Néanmoins, d'autres processus permettent de diversifier le monde vivant et sont à l'origine de la production de nouvelles espèces.

Problématique : Quels sont les processus génétiques à l'origine de la diversification des espèces vivantes ?



Activités et déroulement des activités	Capacités et critères de réussite	Barème
<p>Poste 1 : Les lichens, un exemple de symbiose</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Observez le document B et identifiez les organites visibles dans chaque cellule. En déduire les particularités du métabolisme de ces cellules. 2. Réalisez une coupe dans le lichen et observez-la au moyen d'un microscope optique afin de repérer les structures en présence. <p style="text-align: center;">Appeler le professeur pour vérification</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. A l'aide de votre observation et du document C, expliquer l'intérêt de la symbiose et pourquoi elle est source de diversité. 	<p style="text-align: center;">Observer le réel <i>Savoir manipuler le microscope</i> <i>Savoir réaliser une préparation</i></p> <p style="text-align: center;">Récolter des informations / Adopter une démarche explicative</p>	
<p>Poste 2 : La syncytine, un exemple de transfert de gènes</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Analyser les documents D et E afin d'expliquer le rôle de la syncytine ainsi que son importance chez l'Homme et chez le virus. 5. Utilisez le logiciel Anagène afin de comparer les séquences protéiques de la syncytine humaine et virale. 6. A l'aide de l'ensemble de vos informations, montrez que le gène de la syncytine humaine est d'origine virale et expliquez l'importance des transferts de gènes dans la diversification du vivant. 	<p style="text-align: center;">Récolter des informations</p> <p style="text-align: center;">Utiliser un logiciel (Anagène)</p> <p style="text-align: center;">Adopter une démarche explicative</p>	
<p>Poste 3 : Les gènes homéotiques, des gènes contrôlant l'architecture des êtres vivants On s'intéresse au gène HOXD13 qui intervient dans la mise en place des membres</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. A l'aide du document F, expliquez quelles sont les caractéristiques principales des gènes homéotiques (ou gènes « architectes »). 8. Utilisez les fonctionnalités du logiciel Anagène pour comparer les séquences de protéines et de gènes HOXD13 chez la souris et le poisson zèbre. 9. A l'aide des informations identifiées précédemment et du document G expliquez comment la modulation de l'expression des gènes homéotiques peut conduire à une diversification du monde vivant. 	<p style="text-align: center;">Récolter des informations</p> <p style="text-align: center;">Utiliser un logiciel (Anagène)</p> <p style="text-align: center;">Adopter une démarche explicative</p>	
<p>Poste 4 : La polyploïdisation et la formation de nouvelles espèces</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. A partir des documents H, I J et K et de vos connaissances, décrivez quelles sont les étapes qui ont permis la formation d'une nouvelle espèce : <i>Spartina anglica</i>. <p>Et enfin ... 11- Rangez votre espace de travail.</p>	<p style="text-align: center;">Récolter des informations / Adopter une démarche explicative</p>	

POSTE 1 : LES LICHENS OU 1+1=1 !

Les **Lichens (Document A)** sont des organismes qui colonisent de très nombreux milieux (arbres, rochers, sols couverts de mousses ...). Leurs formes et leurs couleurs sont très variées allant du gris au vert mais également au jaune orangé. Ils sont constitués d'un **thalle** qui est une structure sans racine ni tige ni feuille.

Les lichens résultent de l'association de deux êtres vivants. On appelle cette association **symbiose** car chacun des deux êtres vivants tire un profit de l'association.



Problème : On cherche à montrer que la symbiose conduit à une diversification du vivant en étudiant l'exemple du lichen *Parmelia*.

Consignes	Capacités/Attitudes
<ol style="list-style-type: none"> 1. Observez le document B et identifiez les organites visibles dans chaque cellule. En déduire les particularités du métabolisme de ces cellules. 2. Réalisez une coupe fine dans le lichen et observez-la au moyen d'un microscope optique afin de repérer les structures en présence. Appeler le professeur pour vérification 3. A l'aide de votre observation et du document C, expliquez l'intérêt de la symbiose et pourquoi elle est source de diversité. 	<p style="text-align: center;">Observer le réel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une préparation microscopique - Utiliser le microscope <p style="text-align: center;">Adopter une démarche explicative</p>

Document A : Quelques exemples de lichens



Lichen fruticuleux (*Evernia prunastri*).



Cladonia fimbriata



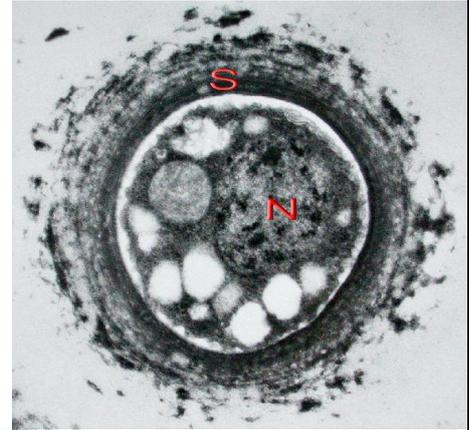
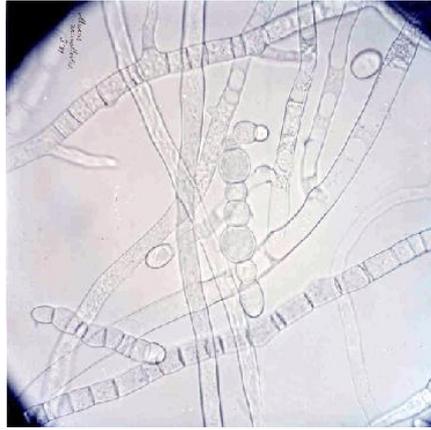
Lichen crustacé (*Rhizocarpon geographicum*)



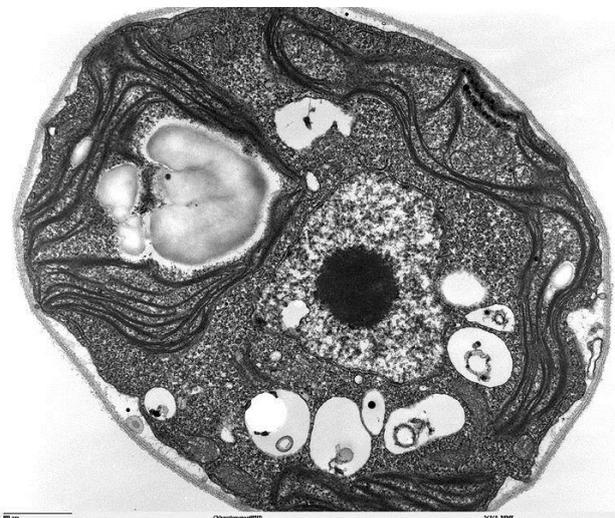
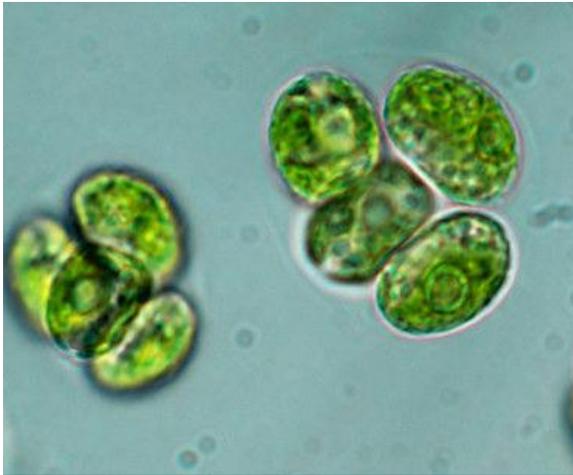
Lichen du genre *Parmelia*

DOCUMENT B : Quelques observations microscopiques (document de référence)

N : noyau
S : paroi



Filaments mycéliens (champignons) observés au microscope optique (gauche) et électronique (droite)



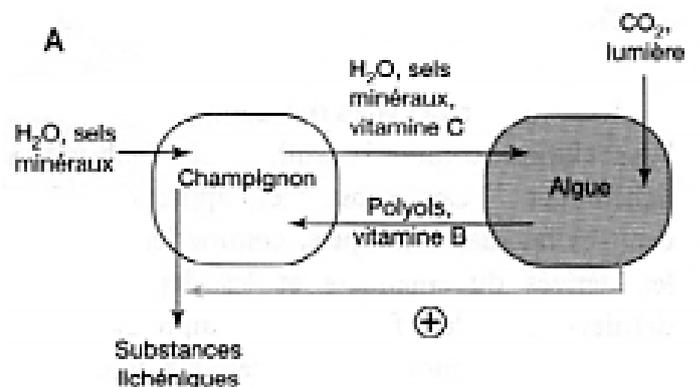
Algues vertes unicellulaires observées au microscope optique (gauche) et électronique (droite)

DOCUMENT C : Quelques données sur les lichens

Différentes expériences montrent que la culture séparée des deux partenaires formant le lichen est un échec : ceci montre leur incapacité à vivre isolés.

Des expériences de marquage au ^{14}C (carbone 14) ou à l'azote lourd (^{15}N) ont permis de mettre en évidence les échanges présentés sur le schéma ci-contre :

- Les **polyols** sont des composés organiques produits par l'algue au moyen de la photosynthèse ($\text{CO}_2 + \text{lumière}$).
- Les **substances lichéniques** sont produites par le partenaire fongique. Il s'agit entre autre d'acides qui permettent au lichen de se fixer sur son support (roche, écorce...) mais aussi des substances protectrices contre les UV ou toxiques pour les animaux.



L'association est donc de type « gagnant – gagnant » : le champignon est nourri par l'algue tandis que cette dernière est protégée et ancrée par le champignon.

D'après « La symbiose » de M-A Selosse.

POSTE 2 : L'origine du placenta chez les Primates : un virus ?

Les **rétrovirus** sont une catégorie de virus capable d'insérer de l'ADN dans le génome de leur hôte. Cette propriété leur permet de transférer une partie de leur matériel génétique. C'est le cas du virus du SIDA : le Virus de l'Immunodéficience acquise Humaine, le VIH.

L'analyse systématique des génomes et des séquences spécifiques à certains êtres vivants a permis de mettre en évidence une propriété troublante : il semble que de très nombreux êtres vivants possèdent des gènes de virus.

C'est notamment le cas du gène de la syncytine présent chez les grands Primates et qui est lié à la mise en place du placenta chez les mammifères.

COMMENT ÇA ?
J'AI DES GÈNES
DE BACTÉRIE ?



COMMENT ÇA ?
J'AI DES GÈNES
DE VERTÈBRÉ ?

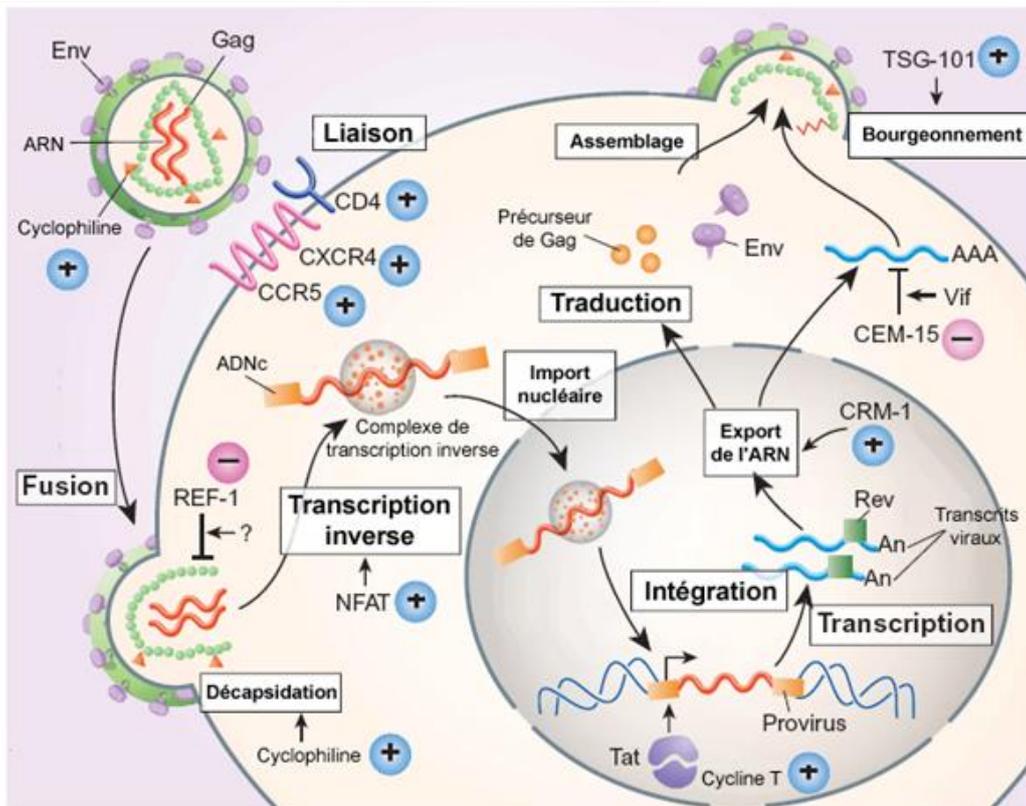


G.MICHNIK

Problème : On cherche à montrer comment le transfert de gènes est à l'origine de la diversification du vivant.

Consignes	Capacités/Attitudes
11. Analyser les documents D et E afin d'expliquer le rôle de la syncytine ainsi que son importance chez l'Homme et chez le virus.	Extraire des informations
12. Utilisez le logiciel Anagène afin de comparer les séquences protéiques de la syncytine humaine et virale.	Utiliser un logiciel (Anagène)
13. A l'aide de l'ensemble de vos informations, montrez que le gène de la syncytine humaine est d'origine virale et expliquez l'importance des transferts de gènes dans la diversification du vivant.	Adopter une démarche explicative

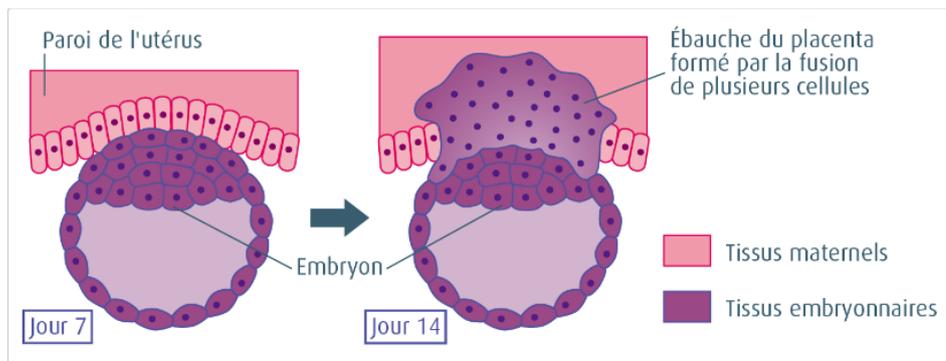
DOCUMENT D : Le cycle d'un rétrovirus, l'exemple du VIH



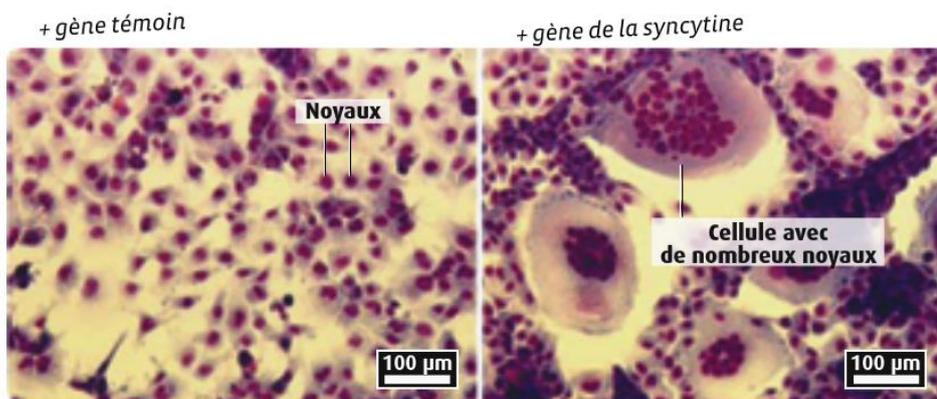
DOCUMENT E : La syncytine

Le gène de la syncytine est exprimé chez tous les grands primates mais chez aucun autre mammifère. La syncytine est une protéine d'enveloppe exprimée par la famille des rétrovirus endogènes humains W (HERV-W). Cette protéine d'origine virale joue un rôle essentiel lors de la formation du placenta au moment de la grossesse et pourrait être impliquée dans le développement de diverses pathologies. Le virus MPMV fait partie de la famille des HERV-W et est capable d'infecter les primates.

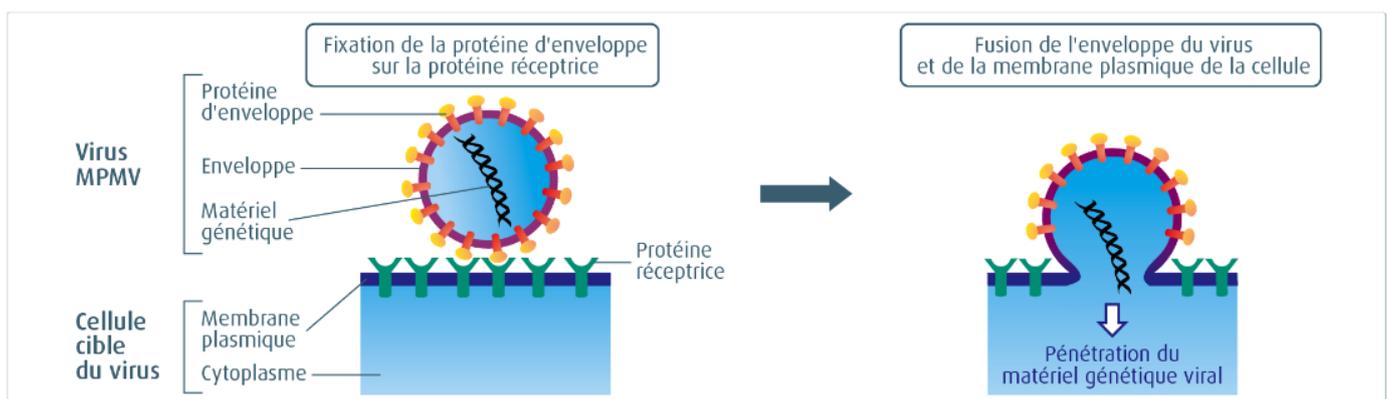
La syncytine est une protéine d'enveloppe rétrovirale possédant des capacités fusogéniques induisant la formation de syncytium (cellules polynucléées découlant de fusion cellulaire). Elle est abondamment exprimée au niveau du placenta durant la grossesse. Chez l'humain les cytotrophoblastes jouent un rôle crucial dans le développement fœtal et placentaire. Au début de la grossesse ces cellules prolifèrent et envahissent l'endomètre maternel où elles forment les villosités d'ancrage placentaire. C'est à ce moment que la syncytine entre en jeu en induisant la différenciation et la fusion des cytotrophoblastes en une couche continue multinucléée nommée le « syncytiotrophoblaste ». Cette structure sera le siège des interactions fœto-maternelles (échange de nutriments essentiels, régulation de la réponse immunitaire, protection contre d'éventuels pathogènes) et de diverses fonctions spécifiques au placenta (synthèse et sécrétion d'hormones influençant le développement fœtal). Comme plusieurs protéines d'enveloppes rétrovirales, la syncytine aurait elle aussi des propriétés immunosuppressives qui serviraient à moduler le système immunitaire maternel afin d'éviter la reconnaissance de l'embryon en tant qu'antigène exogène [Wikipédia]



1 La mise en place du placenta chez l'Homme. Lors de l'implantation de l'embryon dans la paroi de l'utérus, certaines cellules de l'embryon fusionnent entre elles, formant ainsi des cellules « géantes » à plusieurs noyaux qui constitueront le placenta (structure permettant les échanges de nutriments et de dioxygène entre la mère et l'embryon).



2 Une étude de la fonction du gène codant la syncytine. On introduit dans des cellules en culture incapables de fusionner entre elles, soit le gène codant la syncytine, soit un gène témoin sans effet sur la fusion des cellules. Les cellules sont ensuite observées au MO. Chez la femme enceinte, la syncytine est fortement exprimée dans le tissu placentaire qui résulte de la fusion des cellules embryonnaires.



4 La pénétration du virus MPMV dans une cellule. La région F_v (en jaune) de la protéine d'enveloppe du virus se fixe sur la protéine réceptrice de la cellule cible. Sa structure spatiale est identique à celle de la région F_n de la syncytine humaine.



POSTE 3 : UN POISSON AVEC DES BRAS ?

La souris et le poisson zèbre ne se ressemblent pas et pourtant, à une information près : la souris pourrait avoir des nageoires et le poisson zèbre des pattes ! Comment est-ce possible ?



Problème : On cherche à comprendre comment les modifications de l'expression des gènes peuvent être à l'origine d'une diversification du monde vivant

Consignes	Capacités/Attitudes
<p>On s'intéresse au gène HOXD13 qui intervient dans la mise en place des membres</p> <p>1. A l'aide du document F, expliquez quelles sont les caractéristiques principales des gènes homéotiques (ou gènes « architectes »).</p> <p>2. Utilisez les fonctionnalités du logiciel Anagène pour comparer les séquences de protéines et de gènes HOXD13 chez la souris et le poisson zèbre.</p> <p>3. A l'aide des informations identifiées précédemment et du document G expliquez comment la modulation de l'expression des gènes homéotiques peut conduire à une diversification du monde vivant.</p>	<p>Savoir tirer des informations d'un document</p> <p>Utiliser un logiciel (ANAGENE)</p> <p>Récolter des informations / Adopter une démarche explicative</p>

DOCUMENT F : Les gènes homéotiques (ou gènes « architectes »), quelques propriétés

- Chaque espèce est caractérisée par un **plan d'organisation** qui lui est propre : ainsi, dans chaque espèce, différents organes se succèdent de façon bien déterminée de l'avant vers l'arrière.

Pourtant, bien que leur plan d'organisation soit très différent, l'ensemble des animaux à symétrie bilatérale (les **bilatériens**) possèdent des gènes de développement communs.

- Le *document ci-contre* montre l'organisation, chez différents êtres vivants, d'une famille de « gènes architectes », appelés gènes **homéotiques**. Ces gènes contrôlent la mise en place des organes suivant l'axe antéro-postérieur.

Les couleurs permettent d'établir la correspondance entre les gènes et les régions du corps dont ils gouvernent le développement. Deux gènes sont représentés par la même couleur lorsqu'ils dérivent d'un même gène ancestral.

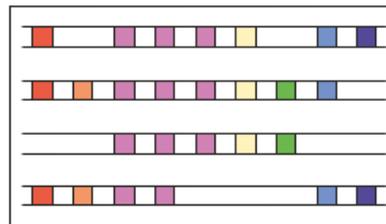
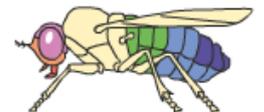
Organisation des complexes de gènes homéotiques et leurs domaines d'expression chez trois animaux

Disposition des gènes sur les chromosomes

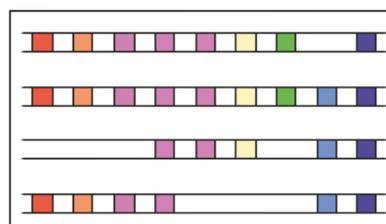
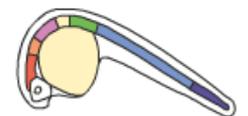


drosophile

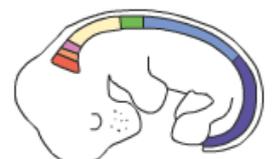
Régions où les gènes s'expriment



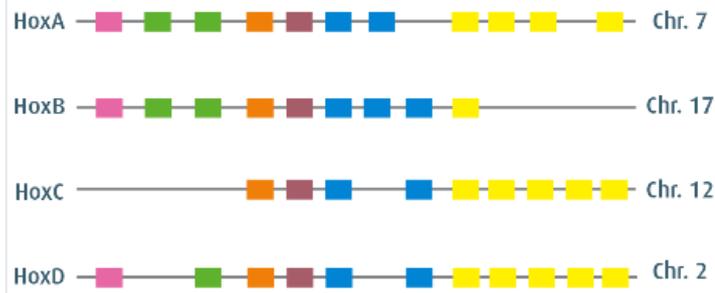
poisson zèbre (embryon)



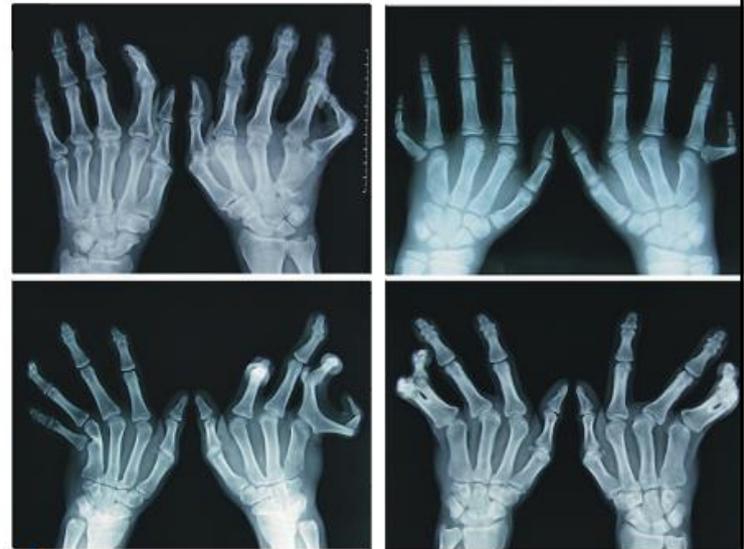
souris (embryon)



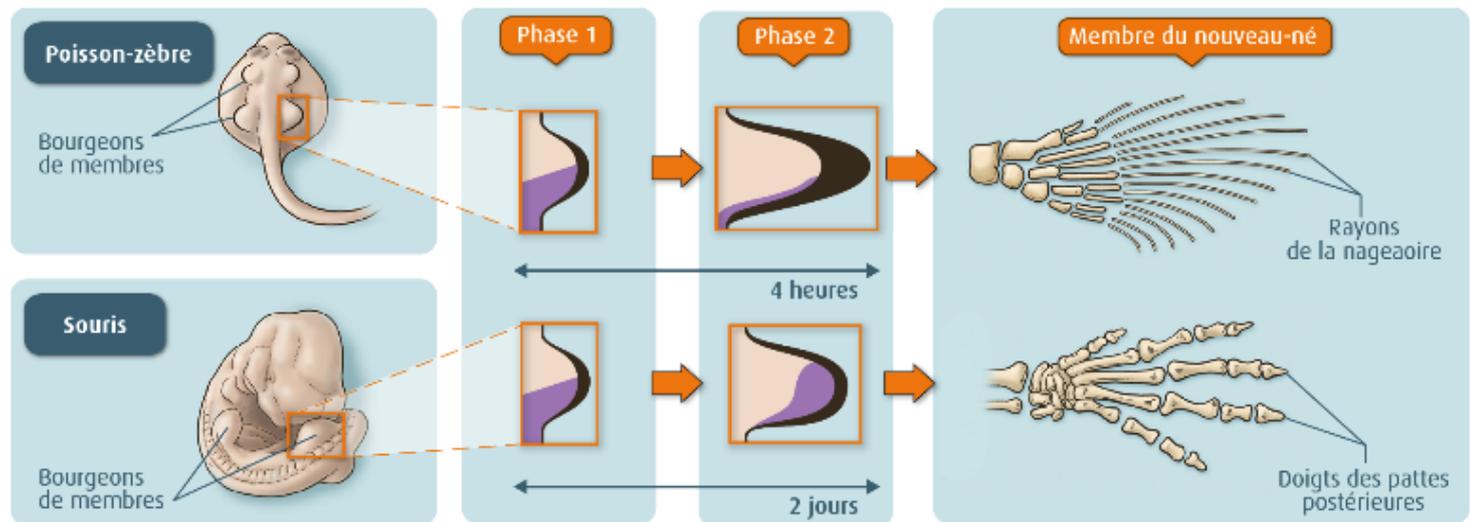
DOCUMENT G : L'expression des gènes HOX et leur rôle chez la souris et le poisson zèbre



1 Les gènes Hox des mammifères. Les gènes *Hox* sont des gènes de développement. La combinaison des gènes *Hox* s'exprimant dans une région donnée de l'embryon est un élément clé qui détermine l'organe qu'elle va former. Les gènes *Hox* sont présents chez tous les animaux. Ainsi, chez le poisson-zèbre, on retrouve un homologue de chacun des gènes *Hox* des mammifères (ces derniers sont groupés en 4 complexes: HoxA, HoxB, HoxC et HoxD).



2 Conséquences de différentes mutations du gène Hox D13 sur la main chez l'Homme.



4 Comparaison de l'expression du gène Hox D13 lors de la formation des membres postérieurs chez l'embryon du poisson-zèbre et celui de la souris. Lors du développement embryonnaire des deux animaux, la formation des membres débute par un bourgeonnement. Chez le poisson-zèbre, le bourgeon devient rapidement un pli allongé. Dans le bourgeon comme plus tard dans le pli, on constate que le gène *Hox D13* est exprimé dans la partie basse (en violet sur le schéma). Chez les mammifères, comme la souris, le bourgeon s'allonge beaucoup moins. Le gène *Hox D13* est d'abord exprimé dans la partie basse du bourgeon (phase 1), puis vers l'avant (phase 2).

POSTE 4 : LA POLYPLOIDISATION, l'exemple de la Spartine

Parfois, des hybridations interspécifiques (reproduction entre 2 espèces différentes) sont possibles. Généralement, la différence d'équipement chromosomique (caryotype) fait que les descendants produits ne sont pas viables (ou sont viables mais ne sont pas fertiles).

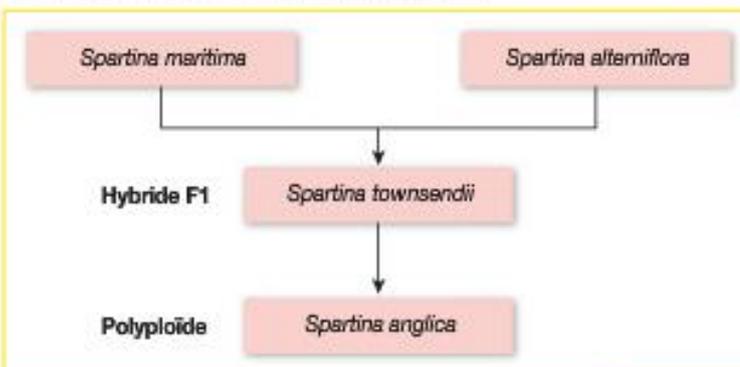
Problème : On cherche à comprendre comment la modification du caryotype et la polyploïdisation contribue à la formation de nouvelles espèces.

Consignes	Capacités/Attitudes
A partir des documents H, I J et K et de vos connaissances, décrivez quelles sont les étapes qui ont permis la formation d'une nouvelle espèce : <i>Spartina anglica</i> .	Récolter des informations (Analyser, Extraire)

DOCUMENT H : L'histoire d'une nouvelle espèce végétale : *Spartina anglica*

• La spartine maritime (*Spartina maritima*, $2n = 60$) a été décrite au début des années 1800 dans les marais salants des côtes anglaises. En 1829, *Spartina alterniflora* ($2n = 62$), une espèce originaire d'Amérique, est introduite en Angleterre. Les deux espèces s'hybrident et produisent alors une nouvelle espèce nommée *Spartina townsendii*. Un appariement incorrect des chromosomes parentaux lors de la méiose rend cet hybride stérile ; sa reproduction asexuée efficace lui a toutefois permis de s'étendre.

Très rapidement, une plante fertile, issue de *Spartina townsendii*, est apparue. Cette nouvelle plante a été nommée *Spartina anglica* (photographie ci-contre). Celle-ci possède deux lots complets de chromosomes parentaux ; on dit que c'est une espèce **polyploïde**. La méiose se déroule alors normalement.



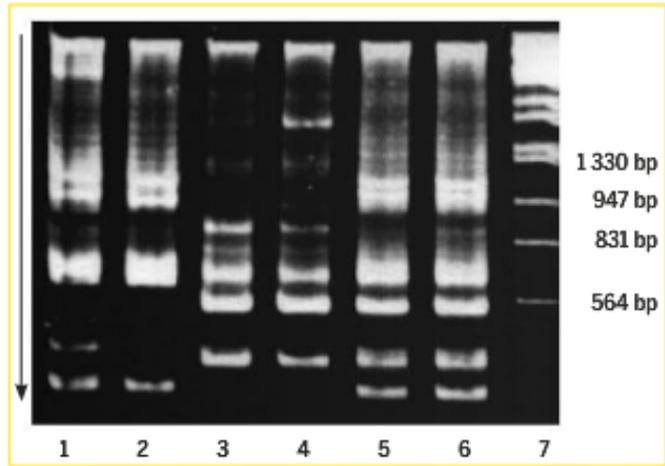
DOCUMENT I : Analyse des modifications génétiques des Spartines.

• L'**électrophorèse** de l'ADN est une technique couramment utilisée pour caractériser l'ADN d'une espèce ou même d'un individu.

Les molécules d'ADN sont fragmentées par des enzymes puis placées dans un gel soumis à un champ électrique : les fragments, chargés négativement, migrent alors à des vitesses différentes, en fonction de leur masse et donc de leur longueur. On obtient finalement une succession de bandes qui caractérise l'ADN de chaque espèce.

Des chercheurs ont appliqué cette méthode à l'ADN des spartines. Le *document ci-contre* montre le résultat obtenu : les solutions contenant des fragments d'ADN amplifiés par **PCR** ont été déposées à la base du gel (chaque numéro correspond à un individu).

La ligne de référence, réalisée avec des fragments de longueur connue, permet de déterminer la taille des différents fragments (exprimée en paires de bases, notées bp).



Gel d'électrophorèse de fragments d'ADN

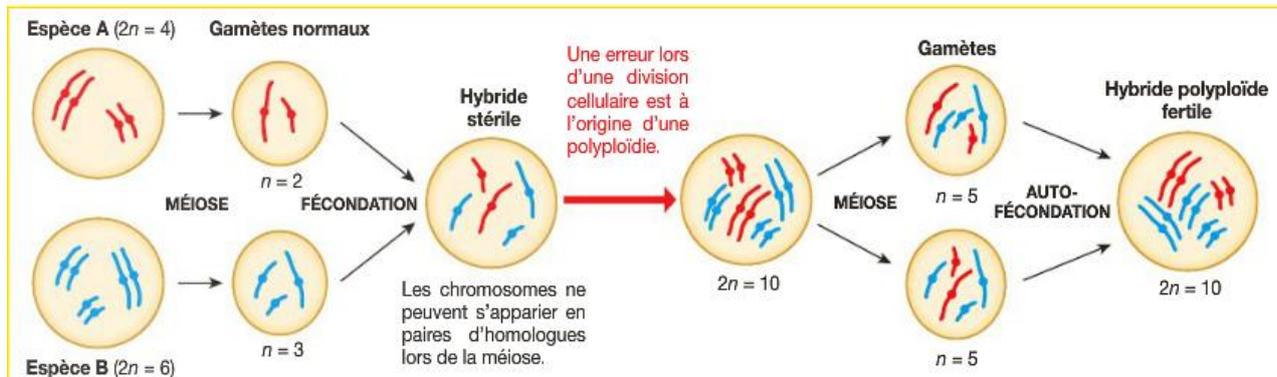
1 et 2 : *Spartina alterniflora* ; 5 et 6 : *Spartina anglica* ;
3 et 4 : *Spartina maritima* ; 7 : ligne de référence.

D'après A. Baumel, M.-L. Ainouche et J.-E. Levasse.

DOCUMENT J : La polyploïdisation, un scénario possible

La polyploïdie peut résulter d'un doublement du stock chromosomique d'une même espèce : dans ce cas, on parle d'autopolyploïdie. Les espèces dites **allopolyploïdes** résultent, quant à elles, de l'addition du génome de deux espèces différentes.

Le *schéma ci-dessous* présente un mécanisme qui conduit à la formation d'une espèce polyploïde. D'autres mécanismes, comme la production de gamètes diploïdes résultants d'une méiose anormale, peuvent également être à l'origine d'espèces polyploïdes.



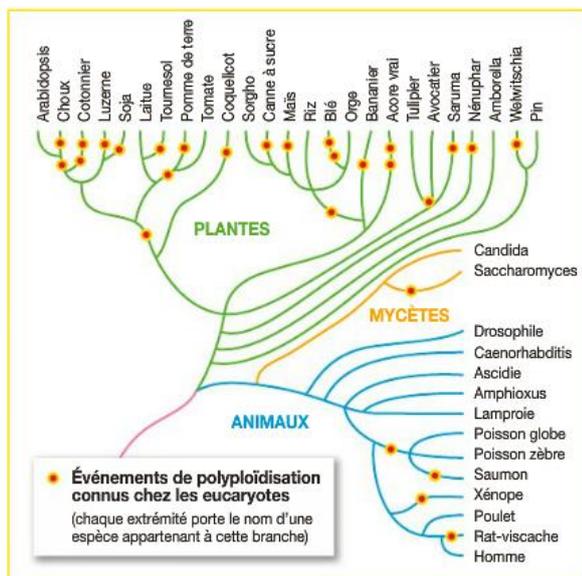
DOCUMENT K : La polyploïdisation, un phénomène très courant ?

Sur cet arbre de parenté des eucaryotes sont situés les événements connus de polyploïdisation du génome. Chez les plantes, on estime que 70 % des angiospermes ont connu au moins un événement de polyploïdisation dans leur histoire. La polyploïdie est particulièrement importante chez le maïs et le blé (*voir page 262*).

Le *tableau ci-dessous* situe l'importance connue de la polyploïdie chez les animaux (nombre d'événements de polyploïdisation aujourd'hui identifiés).

Insectes	91
Poissons	50
Amphibiens	30
Reptiles	16
Oiseaux	0
Mammifères	2*

* Chez les mammifères, la polyploïdie n'est connue que chez une espèce de rongeur, le rat-viscacha (*photographie ci-contre*).



● Événements de polyploïdisation connus chez les eucaryotes (chaque extrémité porte le nom d'une espèce appartenant à cette branche)