

## TP A2.1 : Des mécanismes de diversification du vivant

Le brassage génétique au cours de la reproduction, les mutations ainsi que les duplications de gènes ne suffisent pas à expliquer la diversification génétique des êtres vivants.

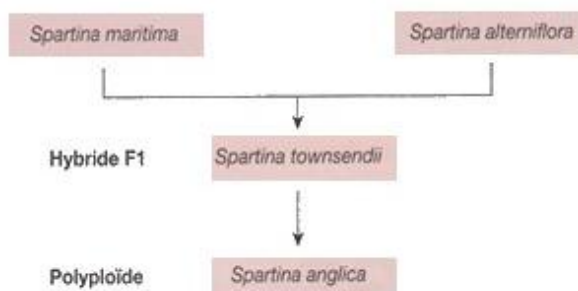
Objectifs : comprendre d'autres mécanismes à l'origine de la diversification des génomes ?

<p><b>I. Hybridation entre végétaux</b></p> <p><b>Fiche 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Pourquoi dit-on que <i>Spartina x townsendi</i> est une espèce hybride ?</li><li>2. Pourquoi <i>Spartina x townsendi</i> se reproduit-elle uniquement par reproduction asexuée ?</li><li>3. Pourquoi <i>Spartina anglica</i> devient-elle une espèce capable de se reproduire ?</li><li>4. Montrer que l'électrophorèse constitue une preuve de l'histoire de spartine.</li><li>5. Réaliser un schéma expliquant le mécanisme à l'origine d'une espèce polyploïde chez la spartine. Vous considèrerez pour cela l'hybridation entre une espèce A (<math>2n=4</math>) et une espèce B (<math>2n=6</math>).</li></ol>	<p>/ 4</p> <p>/ 4</p>
<p><b>II. Transfert horizontal de gènes</b></p> <p><b>Fiche 2</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Déterminez le rôle de la syncytine lors de la formation du placenta humain</li><li>2. Déterminez les arguments suggérant que le gène codant pour la syncytine est d'origine virale.</li></ol>	<p>/ 3</p>
<p><b>III. Diversification et gènes du développement</b></p> <p><b>Fiche 3 + logiciel anagène</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Montrer à l'aide des documents et du logiciel anagène que les gènes du développement constituent une famille de gènes apparentés.</li><li>2. Quel est le rôle du gène Hox D13 ?</li><li>3. Formulez une hypothèse afin d'expliquer pourquoi le poisson-zèbre n'a pas de doigts alors qu'il possède le gène Hox D13.</li></ol>	<p>/ 3</p> <p>/ 3</p>
<p><b>Bilan : Sous forme d'un schéma, récapitulez les différents mécanismes à l'origine de la grande diversité des êtres vivants.</b></p>	<p>/ 3</p>

## Fiche 1 : Des hybridations entre végétaux

- 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.

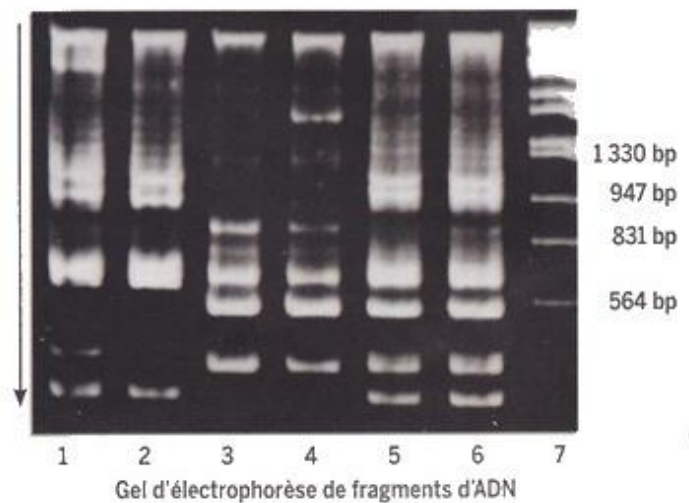
Très rapidement, une plante fertile, issue de *Spartina townsendii*, est apparue. Cette nouvelle plante a été nommée *Spartina anglica* (photographie ci-contre). Celle-ci possède deux lots complets de chromosomes parentaux ; on dit que c'est une espèce **polyploïde**. La méiose se déroule alors normalement.



- 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).

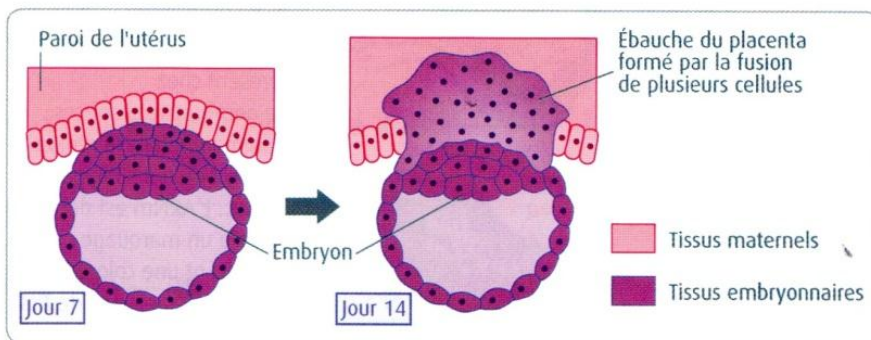
La ligne de référence, réalisée avec des fragments de longueur connue, permet de déterminer la taille des différents fragments (exprimée en paires de bases, notées bp).



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

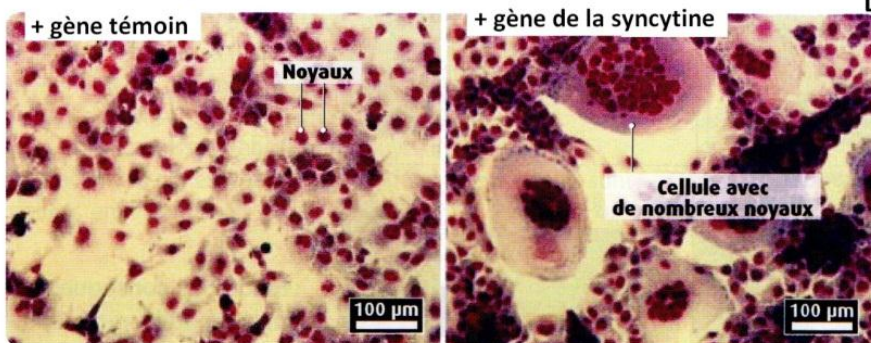
D'après A. Baumel, M.-L. Ainouche et J.-E. Levasseur.

## Fiche 2 : La mise en place du placenta humain



### Doc 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).



### Doc 2 :

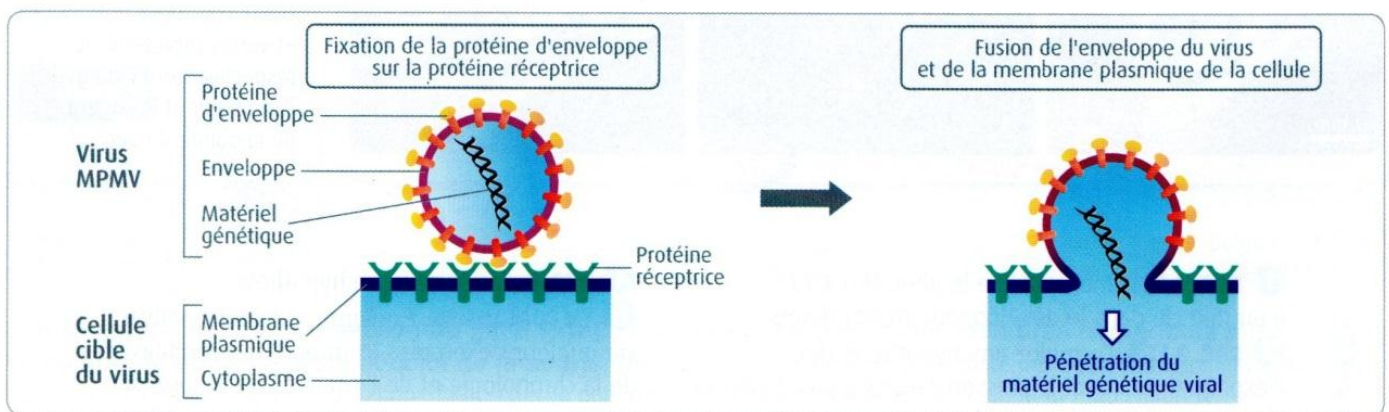
**Une étude de la fonction du gène codant la syncytine.** On introduit dans des cellules en culture incapables de fusionner entre elles, soit le gène codant la syncytine, soit un gène témoin sans effet sur la fusion des cellules. Les cellules sont ensuite observées au MO. Chez la femme enceinte, la syncytine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

### Résultats avec Anagène

Traitement	+	0	
Identités	*	*	ThrLeuGlnAspGlnLeuAsnSerLeuAlaAlaValValLeuGlnAsnArgArgAlaLeuAspLeuLeuThrAlaGluArgGlyGlyThrCysLeuPhe
Humain_Syncytin_pr	*	*	Asp - - - ValAsp - - - Glu - - - - - Gly - - - - - Gln - - Ile - - Ala
MPMV_Envvel_prot.	*	*	

### Doc 3 Comparaison d'une portion de séquence de la syncytine humaine et de la protéine d'enveloppe du virus MPMV.

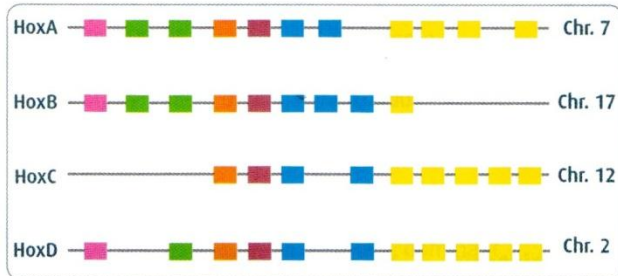
La syncytine est exprimée chez tous les grands primates, mais chez aucun autre mammifère. Le virus MPMV infecte les primates. Les régions des protéines comparées ici (appelées  $F_v$  pour la protéine virale et  $F_h$  pour la protéine humaine) sont identiques à 80 %. (« . » et « : » = acides aminés aux propriétés chimiques identiques ; « \* » : acides aminés identiques.)



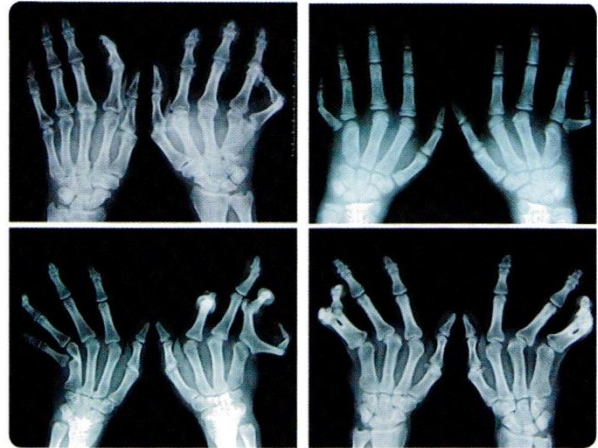
### Doc 4 : La pénétration du virus MPMV dans une cellule.

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  $F_h$  de la syncytine humaine.

## Fiche 3 : L'origine des doigts



**Doc 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).

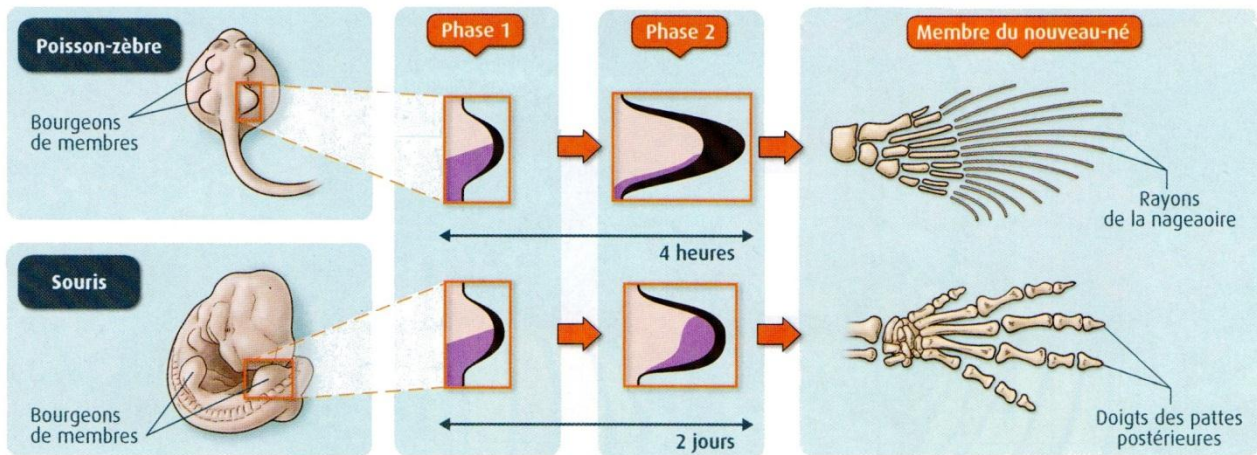


**Doc 2 : Conséquences de différentes mutations du gène *Hox D13* sur la main chez l'Homme.**

### Résultats avec Anagène

Homme	◀ ▶ 0	ArgArgGlyArgLysLysArgValProTyrThrLysLeuGlnLeuLysGluLeuGluAsnGluTyrAlaIleAsnLysPheIleAsnLysAspLysArg
Poisson-zèbre	◀ ▶ 0	Gln- - - - - Phe- - - - - Arg- - - - - AsnThrThr- - - Thr- GluAsn-

**Doc 3 : Comparaison d'une portion des protéines codées par deux gènes homologues : *Hox D13* du poisson-zèbre et *Hox D13* de l'Homme.** Sur la totalité de la séquence, la ressemblance entre les deux protéines est d'environ 55 % (tirets: acides aminés identiques).



**Doc 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).

## Correction

❶ **DOC. 1 ET 2** Le gène *Hox D13* est un gène du développement il a donc un rôle clé dans la formation de la région où il s'exprime. Le document 2 montre qu'une mutation du gène *Hox D13* a pour conséquence une malformation des doigts. Donc le gène *Hox D13* semble jouer un rôle clé dans le développement des doigts chez l'Homme.

❷ **DOC. 3 ET 4** La région du bourgeon du membre et la chronologie de l'expression de *Hox D13* n'est pas la même chez le poisson zèbre et chez la souris. Il s'exprime uniquement dans la partie basse du bourgeon chez le poisson zèbre, alors qu'il s'exprime dans la partie basse puis vers l'avant chez la souris.

❸ **DOC. 5** L'intensité de l'expression du gène *Bmp4* est plus élevée chez les pinsons à gros bec après 25h de développement et à la fois plus localisée et plus intense chez ces mêmes pinsons après 29h de développement. Cette région de l'embryon étant à l'origine du bec et ces deux espèces de pinsons possédant à l'âge adulte des becs de morphologie différente, on peut faire l'hypothèse que l'expression du gène *Bmp4* a des conséquences sur la taille du bec.

❹ **DOC. 6** Les résultats de sous expression et de surexpression artificielle du gène *BMP4* chez des embryons de poulet montre clairement des conséquences au niveau de la taille du bec. Ceci confirme notre hypothèse : une plus forte expression du gène *Bmp4* chez l'embryon dans la future région du bec est à l'origine de la formation d'un bec de plus grande taille.

❺ **EN CONCLUSION** Le gène *Hox D13* est présent chez les poissons zèbre et chez les mammifères et va dans tous les cas contribuer à la formation du membre antérieur. Néanmoins, la région précise et la chronologie d'expression varie, contribuant ainsi à la formation de deux membres antérieurs différents (nageoire et membre chiridien). Le gène *Bmp4* est présent chez les deux espèces de pinsons étudiées. Néanmoins il est davantage exprimé chez l'embryon du pinson à gros bec ce qui a pour conséquence un développement plus important du bec chez cette espèce. Dans ces deux exemples, on constate que les mêmes gènes (ou de gènes très proches) peuvent avoir des conséquences différentes sur le développement du fait d'une chronologie ou d'une intensité d'expression différente.

❶ **DOC. 1 ET 2** L'expression de la syncytine dans des cellules qui ne peuvent initialement pas fusionner entre elle permet leur fusion en grandes cellules à plusieurs noyaux (**doc. 2** à droite). Dans un contexte naturel, elle permet probablement la fusion des cellules en cellules géantes plurinucléées nécessaire à la formation du placenta.

❷ **DOC. 3 ET 4** La forte homologie entre les séquences d'acides aminés des deux protéines (**doc. 3**) et notamment entre les parties  $F_v$  et  $F_h$  plaide pour un apparentement (origine commune) de ces deux séquences. Par ailleurs, la structure spatiale identique et la fonction de fusion des membranes (virus - cellule pour la protéine d'enveloppe, cellule - cellule pour la syncytine) sont deux arguments qui vont dans sens de cette parenté.