

Des accidents lors de la méiose et diversification des génomes

Dans une cellule diploïde, chaque gène localisé sur un autosome (chromosomes non sexuels) est normalement présent en deux exemplaires. Cependant, certains gènes sont parfois présents en plus grand nombre d'exemplaires dans le génome et bien que différents ils présentent de fortes similitudes. L'ensemble de ces gènes constitue une **famille multigénique**. La famille des gènes codant pour les globines en constitue un exemple.

Quels sont les processus à l'origine de la formation de la famille multigénique des globines ? Comment reconstituer l'histoire de sa formation ?

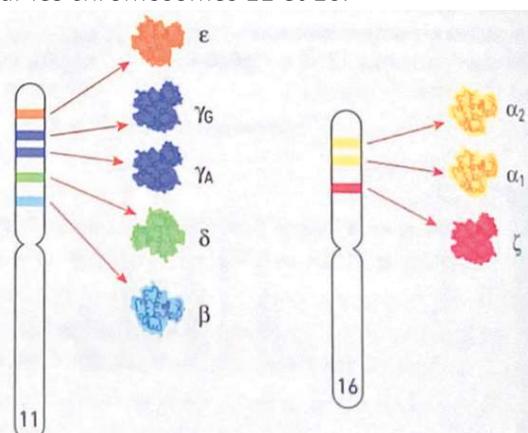
Document 1 : les différentes globines humaines

Les globines sont des protéines qui, associées par quatre, forme la molécule d'hémoglobine responsable du transport du dioxygène dans le sang. Dans l'espèce humaine, chaque individu produit plusieurs globines différentes dont l'association forme diverses molécules d'hémoglobine. Toutes les globines ne sont pas produites simultanément : la constitution des molécules d'hémoglobine d'un individu change au cours de sa vie, en relation avec les différentes modalités d'approvisionnement en dioxygène.

Il existe 6 principaux types de globines, codées par des gènes distincts (il ne s'agit donc pas d'allèles différents d'un même gène). Les gènes codant pour les globines sont répartis sur les chromosomes 11 et 16.

Hémoglobines et leurs structures	
Vie embryonnaire	Hémoglobine Gower 1 • 2 globines ξ (zêta) • 2 globines ϵ (epsilon)
Vie fœtale	Hémoglobine F • 2 globines α (alpha) • 2 globines β (gamma)
Après la naissance	97 % d'hémoglobine A1 • 2 globines α (alpha) • 2 globines β (bêta) 3 % d'hémoglobine A2 • 2 globines α (alpha) • 2 globines δ (delta)

B Constitution des différentes molécules d'hémoglobine produites au cours de la vie d'un individu.



C Localisation chromosomique des gènes codant les différentes globines humaines.

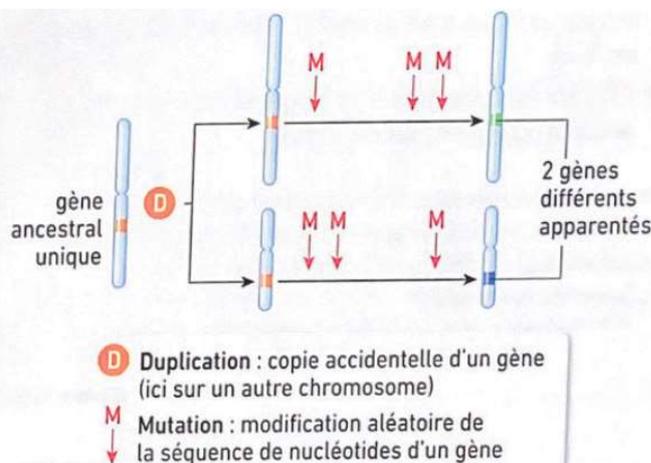
Document 2 : l'origine des familles multigéniques

Des chercheurs estiment que si deux molécules présentent au moins 20% d'acides aminés en commun, cela ne peut pas être dû au hasard et signifie que les gènes qui codent ces molécules ont une origine commune et sont donc apparentés : ils constituent une famille multigénique.

L'existence de molécules homologues codées par plusieurs gènes s'explique par le scénario suivant : un gène ancestral unique se multiplie par duplication, sur le même chromosome ou éventuellement sur un autre chromosome (transposition). Au cours du temps, les copies du gène subissent des mutations ponctuelles et se différencient les unes des autres.

	alpha1	alpha2	zeta	gammaA	gammaG	epsilon	delta	beta
alpha1	0	0	55	81	81	85	78	77
alpha2		0	55	81	81	85	78	77
zeta			0	83	83	83	85	87
gammaA				0	1	27	40	37
gammaG					0	28	39	36
epsilon						0	38	33
delta							0	9
beta								0

B Matrice des distances entre les protéines issues des gènes des globines. Les valeurs correspondent au nombre d'acides aminés différents (sur 146 au total).



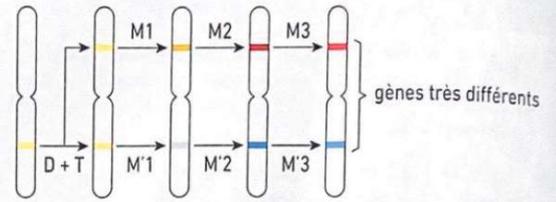
C Le principe de la constitution d'une famille multigénique.

Document 3 : l'histoire de la famille multigénique des globines

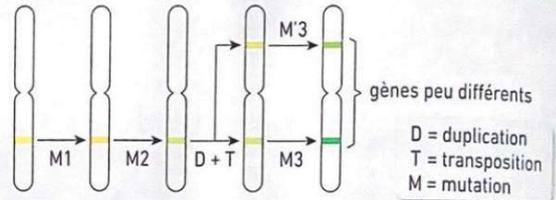
La comparaison des acides aminés des globines deux à deux montre des différences plus ou moins importantes attribuées à des mutations ponctuelles.

On admet que plus les différences sont nombreuses, plus la duplication à l'origine de deux gènes apparentés est ancienne. Inversement, un faible nombre de différences est indicateur d'une duplication récente (A).

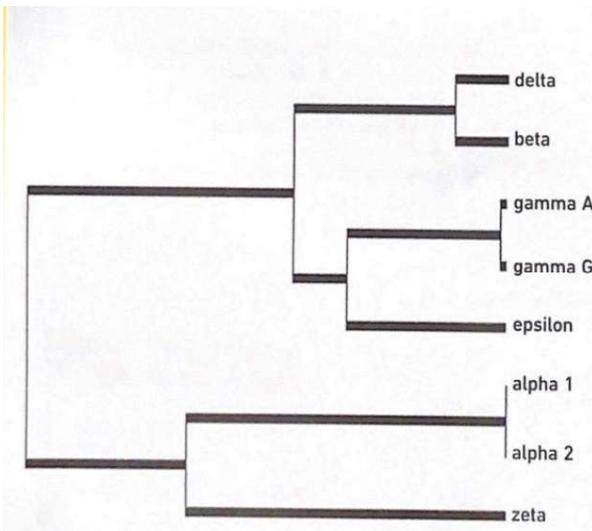
• Cas d'une duplication ancienne



• Cas d'une duplication récente



A Relation entre l'ancienneté d'une duplication et le degré de différence séparant les gènes qui en sont issus.

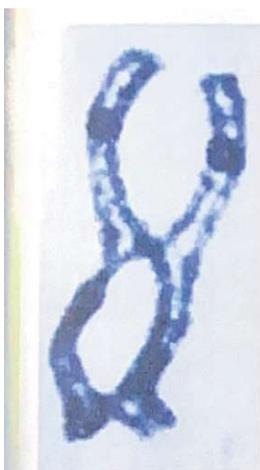


B Arbre phylogénétique retraçant l'histoire des globines.

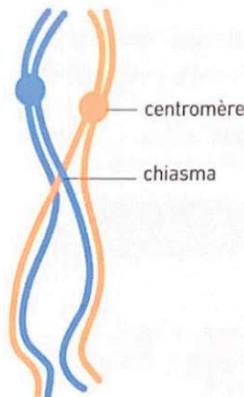
	Types d'hémoglobine	Âge du plus ancien fossile connu (en Ma)
Vertébrés sans mâchoire (ex : lamproie)	primitive à une seule chaîne	500
Poissons à nageoires rayonnées, amphibiens	à deux types de chaînes α et β	420
Sauropsidés*	chaînes de type α , β , γ	320
Mammifères non primates	chaînes de type α , β , γ , ϵ	220
Mammifères primates	chaînes de type α , β , δ , γ , ϵ .	55
Macaques et primates hominoïdes*	chaînes de type α , β , δ , γ_A , γ_G , ϵ .	20

C Globines présentes chez divers groupes de vertébrés.

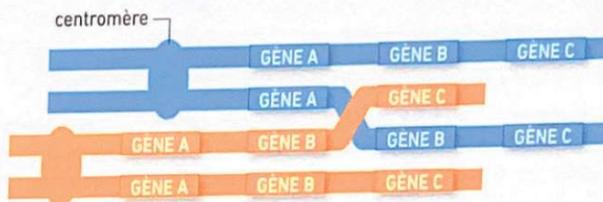
Document 4 : un crossing over inégal



A Crossing-over normal.



Le crossing-over (voir p. 28) correspond à un échange de portions homologues de chromatides entre deux chromosomes appariés lors de la prophase I de méiose. Pour que cet échange n'entraîne ni perte ni gain de matériel génétique, il faut que les deux chromosomes appariés soient parfaitement alignés (A), ce qui n'est pas toujours le cas. Un **crossing-over inégal*** peut en effet se produire (B) : les portions de chromatides échangées ne sont alors pas de même longueur.



B Une anomalie : le crossing-over inégal.

1. Mettre en relation les documents 2 et 4 pour expliquer l'origine des plusieurs exemplaires de gènes sur un même chromosome.
2. Montrer que les gènes codant pour les globines humaines sont plus ou moins étroitement apparentés.
3. Compléter l'arbre du document 3 en y ajoutant les événements accidentels par des repères temporels.