

Chapitre 3 : LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

1. Glucomètre : appareil pour la mesure de la glycémie

La **glycémie** est la concentration du glucose dans le sang.

C'est une **constante biologique**. Chez l'Homme sain, elle est de 0,7 à 1,10 g/l ou 3,88 à 6,10 mmol/l. Le glucose est apporté par la nutrition ; c'est le nutriment de choix en tant que source énergétique pour les cellules.

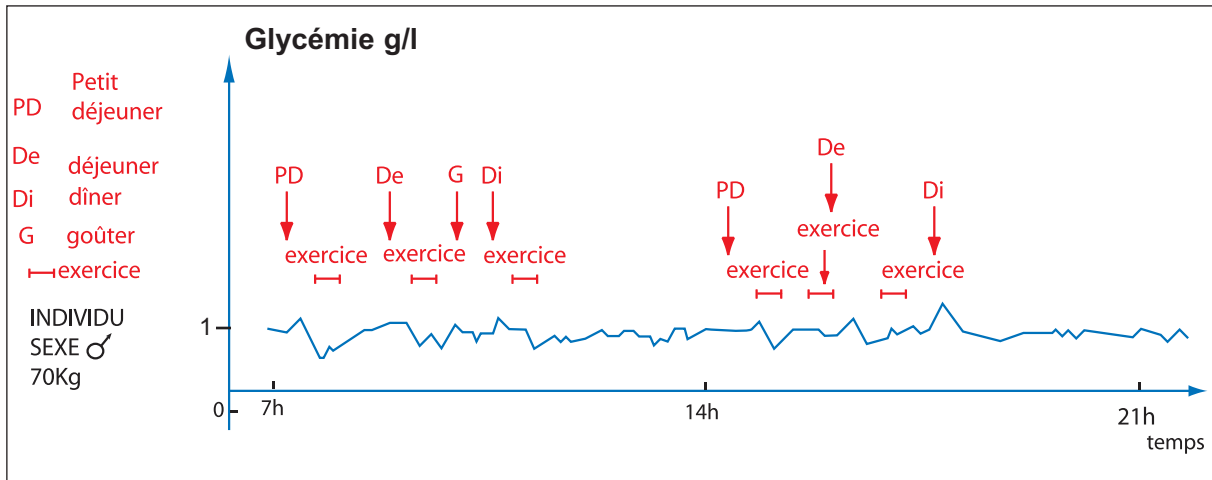
L'organisme sain dispose de **mécanismes régulateurs** qui maintiennent la glycémie constante malgré la variation des apports alimentaires et la variation de la consommation de glucose par les cellules.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

d'identifier les organes, les cellules et les molécules impliqués dans la régulation de la glycémie.
d'expliquer les mécanismes de cette régulation.

SITUATION PROBLÈME

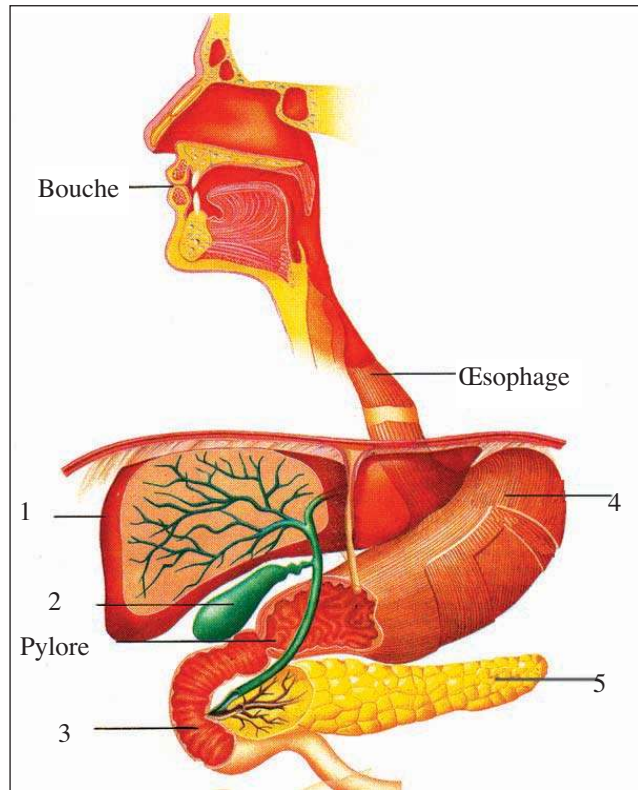


2. Mesure en continu du taux de glucose sanguin chez un individu sain

- 1- Chez un individu sain la glycémie est constante. Le document 2 montre sa variation chez un individu sain dans différentes situations (exercice, alimentation).
- 2- Le **diabète** est une maladie liée à un trouble de la glycémie. Il est très répandu dans le monde et particulièrement en Tunisie (10 % de la population). Cette maladie incurable est due à une **hyperglycémie** : glycémie anormalement élevée et permanente. Les diabétiques doivent suivre un traitement approprié et un régime alimentaire particulier, sinon, ils risquent des complications qui peuvent être très graves, parfois mortelles.

- 1- Comment se fait la régulation de la glycémie chez les individus sains ?
- 2- Pourquoi chez les diabétiques cette régulation n'est pas efficace ?

- 1- Les aliments sont mastiqués au niveau de la bouche, ils descendent ensuite le long de l'œsophage jusqu'à l'estomac. Les aliments quittent l'estomac et pénètrent ensuite dans le duodénum qui reçoit des sucs digestifs du pancréas, et de la bile fabriquée dans le foie. Les enzymes pancréatiques aident à la digestion des glucides, des protéines et des graisses.
- 2- Le glucose est un nutriment qui résulte de la digestion de plusieurs aliments simples : amidon, saccharose et lactose.
- 3- Chez l'individu sain, le glucose ne figure pas dans les urines.
- 4- La respiration est une dégradation totale du glucose, aboutissant à la formation de composés uniquement minéraux.



3. Le pancréas au niveau de l'appareil digestif

- 1- Complétez la légende du document 3.
- 2- Ecrivez les réactions d'hydrolyse des aliments suivants : amidon, saccharose, lactose.
- 3- Nommez les produits finals de la digestion des protéines, des glucides et des lipides trouvés au niveau de l'intestin.
- 4- Ecrivez la réaction globale de dégradation d'une molécule de glucose au cours de la respiration cellulaire.
- 5- Rappelez les étapes de dégradation du glucose dans la cellule.
- 6- Rappelez le mécanisme qui empêche l'excrétion du glucose dans l'urine.

A Activités

1 La glycémie est une constante qui varie !

Le document 2 est une courbe qui représente la variation de la glycémie à la suite de l'alimentation et de l'activité physique, chez un individu sain.

- 1- Indiquez l'effet de chacun de ces facteurs sur la glycémie.
- 2- Comment peut-on expliquer ces résultats ?
- 3- Quelle question peut-on se poser ?

2 Les acteurs cellulaires de la régulation de la glycémie

A- Où va le glucose ingéré ?

Le document 4 montre la répartition de 100g de glucose marqué au ^{14}C après son ingestion par un individu.

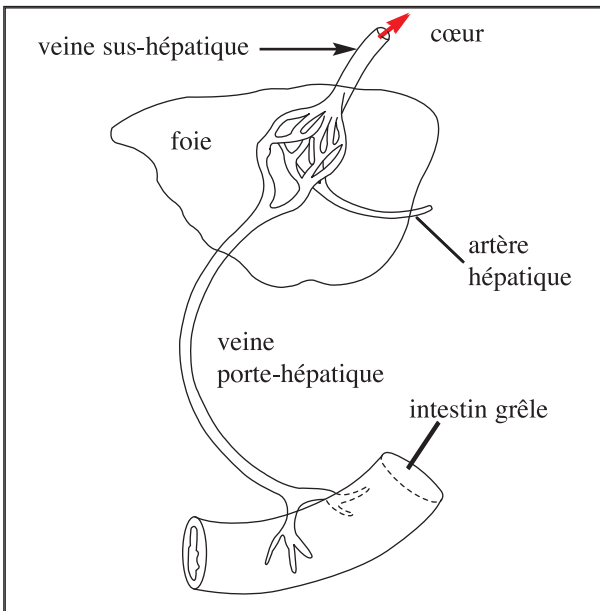
Que peut-on déduire de l'analyse de ce document ?

Ingestion de 100g de glucose marqué	Glucose marqué au ^{14}C (en g)			
	Retenu dans le foie	Présent dans les liquides extracellulaires	Retenu dans le muscle	Retenu dans le tissu adipeux
	55	5	18	11

4. Répartition de 100g de glucose ingéré dans l'organisme

B- Observation de la relation anatomique : Foie - Intestin

Les nutriments issus de la digestion sont absorbés par le sang au niveau de l'intestin grêle. Le document 5 est un schéma de vascularisation de l'intestin grêle et du foie.



5. Vascularisation hépatique

- 1- Indiquez par des flèches le trajet des nutriments absorbés.
- 2- Quelle hypothèse concernant le rôle du foie peut-on formuler ?

C-Conséquence de l'ablation du foie :

Le document 6 montre, la variation de la glycémie chez un chien, après une ablation du foie.

- 1- Analysez le document 6.
- 2- Quelle hypothèse est confirmée par l'analyse de ce document ?

Temps après l'ablation (mn)	0	15	30	45	60	75
Glycémie (en g/l)	1	0,89	0,75	0,7	0,62	0,5
Effet de l'ablation					Hypoglycémie	Coma

6. Mesure de la glycémie chez un animal hépatectomisé

D- Variation de la glycémie de part et d'autre du foie :

	Conditions	Jeûne	Après ingestion de glucose		
			Après 30 mn	Après 60 mn	Après 180 mn
Glycémie (g/l)	Veine porte	0,2	2,85	1,05	0,20
	Veines Sus-hépatique	0,95	1,25	1,1	0,95

7. Variation de la glycémie (g / l) de part et d'autre du foie, dans différentes conditions

Le document 7 montre des mesures de la glycémie au niveau de la veine porte et la veine sus-hépatique chez une personne pendant un jeûne et après une alimentation.

Indiquez à partir de l'analyse de ces données, le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

E- Expérience du foie lavé de Claude BERNARD :

En 1850, Claude Bernard a réalisé des expériences sur le foie de chien. Les résultats obtenus (document 8) lui ont permis d'établir le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

«J'ai choisi un chien adulte, vigoureux et bien portant, qui depuis plusieurs jours était nourri de viande ; je le sacrifiai 7 heures après un repas copieux de tripes. Aussitôt le foie fut enlevé, et cet organe fut soumis à un lavage continu par la veine porte. Je laissai ce foie soumis à ce lavage continu pendant 40 minutes : J'avais constaté au début de l'expérience que l'eau colorée en rouge qui jaillissait par les veines hépatiques était sucrée : je constatais en fin d'expérience que l'eau parfaitement incolore qui sortait, ne renfermait plus aucune trace de sucre... J'abandonnai dans un vase ce foie à température ambiante et revenue 24 heures après, je constatais que cet organe que j'avais laissé la veille complètement vide de sucre s'en trouvait pourvu très abondamment... »

Claude BERNARD

8. Expérience du foie lavé

En vous appuyant sur l'analyse des données du document 8, expliquez le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

F- Mise en évidence du glucose et du glycogène dans le foie :

GLUCOSE :

- Broyez un petit morceau de foie frais dans un mortier avec du sable fin.
- Diluez le broyat avec un peu d'eau et le porter à l'ébullition.
- Filtrer.
- Réalisez la réaction à la liqueur de Fehling.
La présence du glucose, sucre réducteur est révélée par la formation d'un précipité rouge brique).

GLYCOGÈNE :

- Réaliser une coupe microscopique de foie frais.
- Colorez au réactif iodo-ioduré.
- Observez au microscope l'apparition, dans les cellules, de zones colorées en brun acajou. Cette coloration est caractéristique du glycogène.

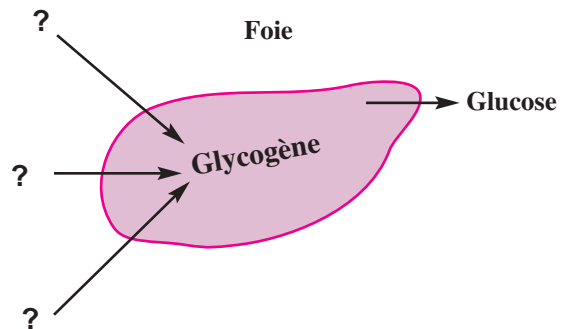
Remarque : utilisez une préparation de commerce si possible.

G- Origine du glycogène hépatique.

« Je pris des chiens... Je les divisai en deux catégories, donnant aux uns et aux autres la même alimentation, sauf une substance : le sucre... Les uns étaient soumis à un régime dans le quel il y avait des matières sucrées, les autres à un régime qui n'en comportait pas.»

Claude BERNARD

Claude Bernard constate alors que le foie des deux catégories de chiens contient du glycogène.



Interprétez cette expérience ?

3 Rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie

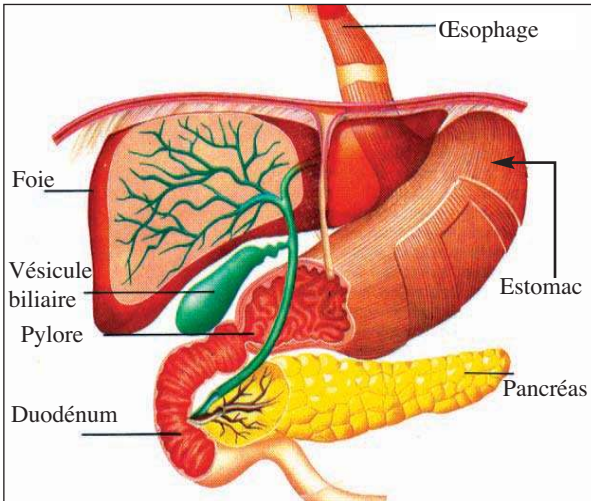
A- Le pancréas : une dualité structurale et fonctionnelle

Le pancréas est une glande digestive qui sécrète le suc pancréatique riche en enzymes digestives, dans le duodénum.

Certaines personnes sont atteintes de diabète dès leur naissance (diabète juvénile). L'examen clinique montre des lésions au niveau du pancréas.

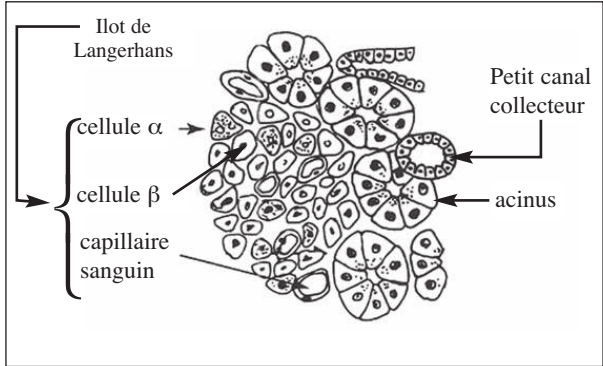
En 1838 **BOUCHARDOT** a constaté que l'ablation pancréatique ou son hyposécrétion fait apparaître du glucose dans les urines ce qui est un signe du diabète.

Cette constatation permet de penser que le pancréas intervient dans la correction de l'hyperglycémie chez un individu sain.

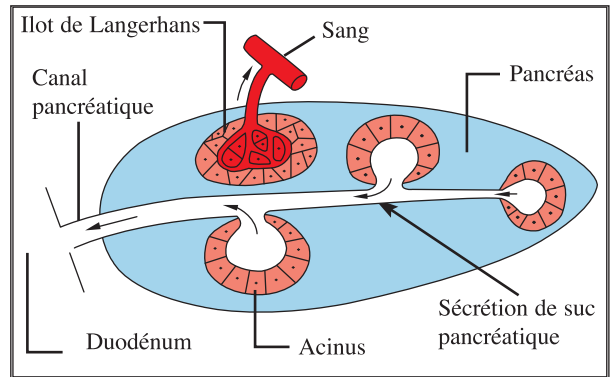


9. Emplacement du pancréas dans l'appareil digestif

L'analyse des documents 10, et 11, montre une dualité de structure et une dualité fonctionnelle. Faire une synthèse montrant la correspondance entre ces deux dualités.

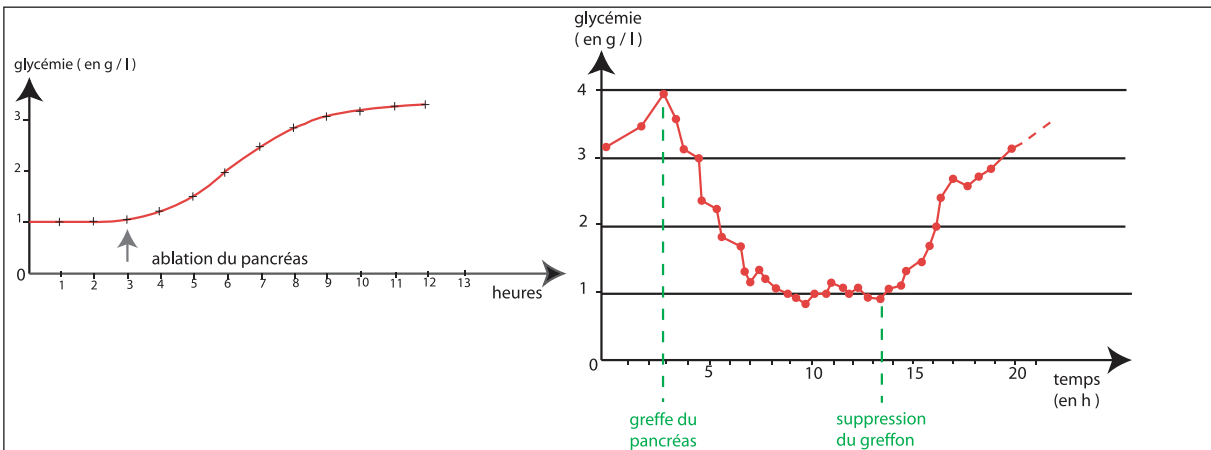


10. Coupe de pancréas observée au microscope optique



11. Schéma des acini et des îlots de Langerhans dans le pancréas

B- Effet de l'ablation et de la greffe du pancréas sur la glycémie



12. Effet de l'ablation et de la greffe du pancréas sur la glycémie

L'ablation pancréatique, provoque chez le chien un diabète mortel en un mois, avec des symptômes :

- glucosurie en quelques heures (apparition du glucose dans l'urine)
- polyurie (miction fréquentes)
- polydipsie (soif intense)
- polyphagie (faim intense)
- hyperglycémie prolongée de 3,5 g/l

13. Conséquences de l'ablation du pancréas chez le chien

- 1- Quelles conclusions peut-on tirer de l'analyse des documents 12 et 13 ?
- 2- Quelle hypothèse peut-on formuler pour montrer comment agit-le pancréas sur la glycémie ?

C- Les cellules pancréatiques impliquées dans la régulation de la glycémie :

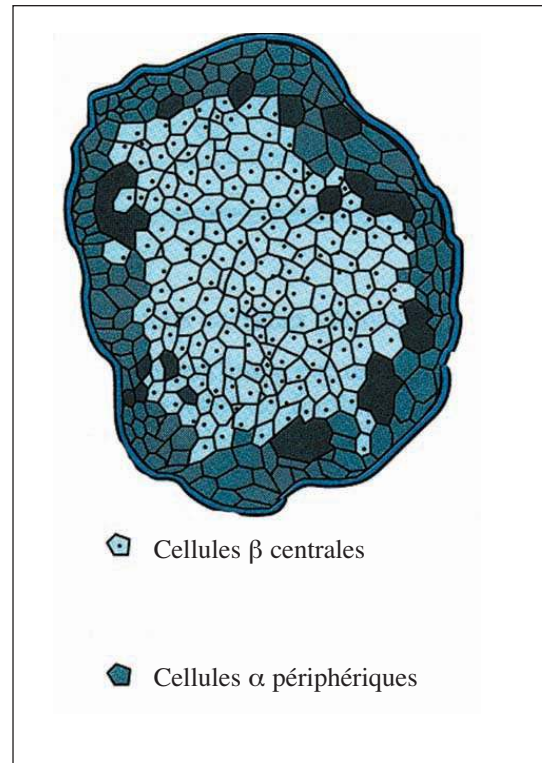
L'étude de la structure des îlots de Langerhans montre l'existence de deux types principaux de cellules (**document 14**) :

- * Les cellules α à la périphérie des îlots.
- * Les cellules β au centre des îlots.

L'injection d'extraits des cellules α des îlots Langerhans à un chien sain entraîne une hyperglycémie.

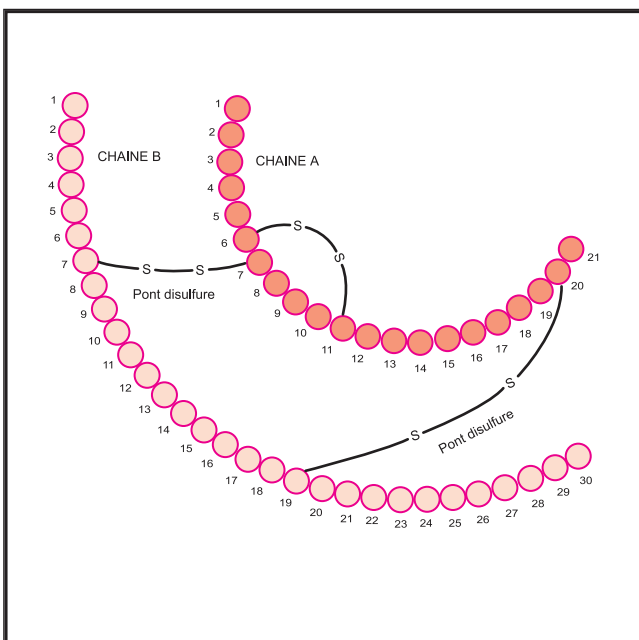
On peut détruire sélectivement les cellules β des îlots de Langerhans par une substance «l'alloxane» sans toucher les cellules α . L'animal ainsi traité présente une hyperglycémie.

Préciser la dualité cellulaire et la dualité fonctionnelle des îlots de Langerhans.

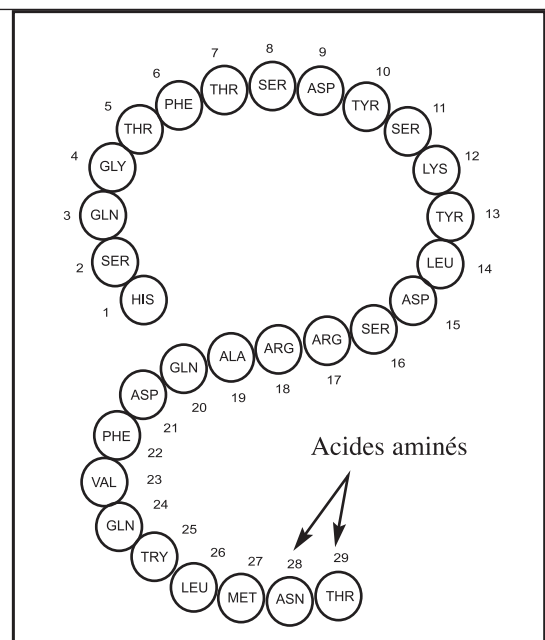


14. Schéma de l'îlot de Langerhans

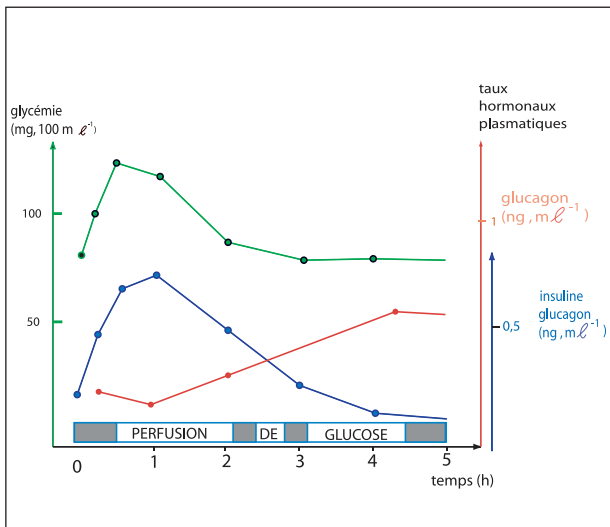
D- Les hormones pancréatiques et la régulation de la glycémie :



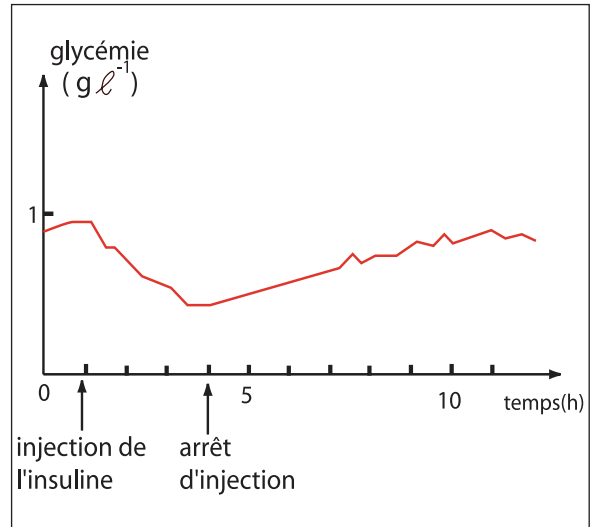
15. Modèle de la molécule d'insuline



16. Modèle de la molécule de glucagon

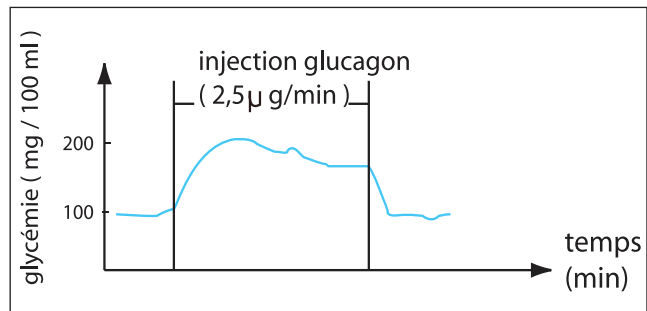


17. Hyperglycémie provoquée par l'injection Orale de glucose, prolongée sur 5 heures



18. Effet de l'injection de l'insuline à un chien normal

Les cellules β des îlots de Langerhans sécrètent dans le sang une substance active sur la glycémie, une hormone appelée : **Insuline**. Les cellules α sécrètent une autre hormone : le **glucagon**. Les documents 15-16-17-18-19 montrent la structure de chaque hormone, les conditions de sa sécrétion et son effet sur la glycémie.

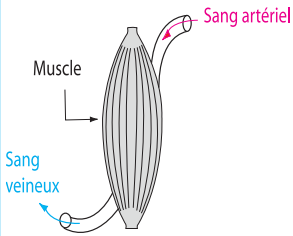


19. Effet de l'injection du glucagon à un chien normal

- 1- Identifiez la nature de chaque hormone.
- 2- L'insuline et le glucagon sont deux hormones dites antagonistes. Indiquez à partir de l'analyse des données de ces documents les rôles antagonistes des deux hormones.

4 Quels sont les effets biologiques des hormones pancréatiques ?

- Quelles sont les cellules cibles de l'insuline et du glucagon ?
- Comment agit l'insuline sur ses cellules cibles pour entraîner son effet hypoglycémiant ?
- Comment agit le glucagon sur ses cellules cibles pour entraîner son effet hyperglycémiant ?

EXPÉRIENCES		RÉSULTATS
1	a) Chez une souris normale et une souris dont les cellules β sont détruites par l'alloxane, on réalise les expériences suivantes : – on injecte une solution glucosée. – on mesure la glycémie à l'entrée et à la sortie du foie. – on sacrifie les animaux et on mesure la teneur en glycogène du tissu hépatique.	* Chez la souris normale : – la glycémie est élevée à l'entrée du foie et elle est normale à la sortie. – la teneur en glycogène du foie est élevée. * Chez la souris traitée : – la glycémie est élevée de part et d'autre du foie. – la teneur en glycogène du tissu hépatique est inférieure à celle de l'animal normal.
	b) Chez une souris normale : – on injecte une dose de glucagon. – on mesure la glycémie. – on prélève le foie et on dose la teneur en glycogène.	* Hyperglycémie * Diminution du glycogène hépatique.
2	 <p>Chez une souris normale et une souris dont les cellules β du pancréas sont détruites par l'alloxane, on réalise les expériences suivantes : – On mesure la concentration de l'O₂ et du glucose dans le sang artériel et le sang veineux d'un muscle. – On mesure la concentration du glycogène dans le tissu musculaire.</p>	- La consommation de l'O ₂ et du glucose est plus importante chez la souris normale que chez la souris qui a subi la destruction des cellules des îlots de Langerhans. - La concentration en glycogène est plus élevée dans le muscle de la souris normale que dans le muscle de la souris dont les cellules β ont été détruites.

Constatation 1 : Une alimentation glucidique abondante entraîne l'obésité chez l'Homme et l'animal. Il y a stockage des nutriments en excès sous forme de graisse.

Constatation 2 : Chez certaines personnes diabétiques, on constate un amaigrissement important du corps. **L'insuline est-elle impliquée dans la mise en réserve des graisses ?**

Hypothèse : L'insuline favorise la lipogénèse.

EXPÉRIENCE	RÉSULTAT
Chez des souris d'élevage, on réalise la destruction des cellules β et on les soumet à une alimentation riche en glucides.	Les souris deviennent diabétiques mais n'engraissent pas.

A partir des résultats expérimentaux saisissez des informations qui permettent de répondre aux questions posées.

5 Qu'est-ce que le diabète ?

A - Les symptômes du diabète sont :

- la glucosurie (apparition du glucose dans l'urine)
- la polyurie (miction fréquente)
- la polyphagie (faim intense)
- la polydipsie (soif intense)

Il y a une relation entre ces 4 symptômes : 2 symptômes sont à l'origine de 2 autres.

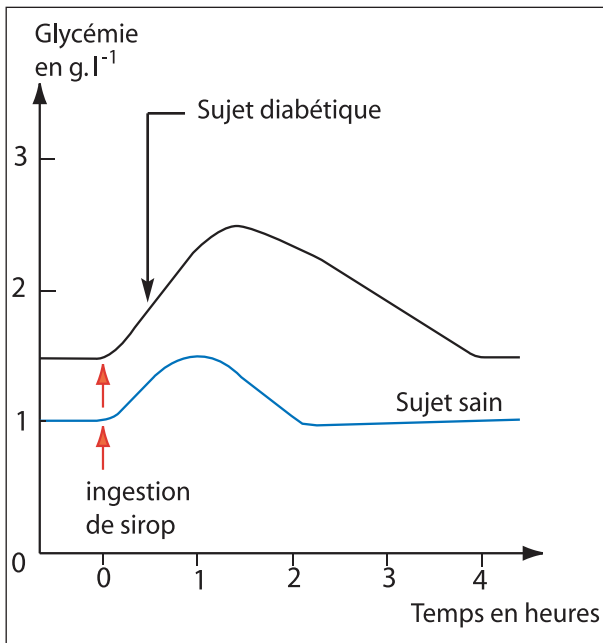
1- Reproduisez le tableau ci-contre et complétez.

2- Expliquez cette relation.

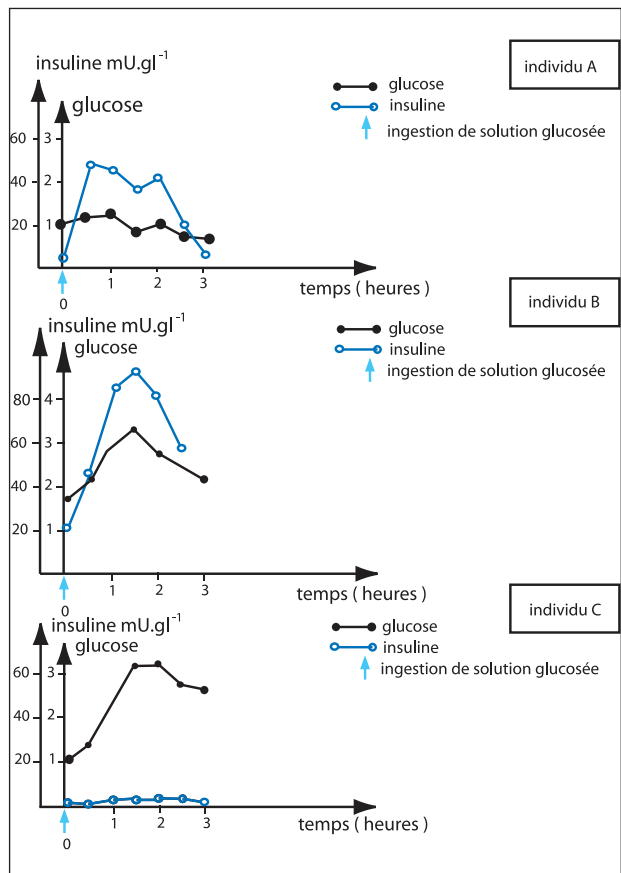
Causes	Conséquences

B - Le document 20 montre la variation de la glycémie chez un sujet sain et un sujet diabétique après ingestion de sirop.

Le document 21 montre la variation de la glycémie et de l'insulinémie chez un individu sain (**A**) et deux individus diabétiques (**B** et **C**).



20. Variation de la glycémie, chez un individu sain et un diabétique après ingestion de sirop



21. Variation de la glycémie et de l'insulinémie chez un sujet Sain (A) et 2 diabétiques (B et C)

1- En vous appuyant sur le document 20, comparez la variation de la glycémie chez les deux sujets.

2- En vous appuyant sur le document 21, comparez la variation de l'insulinémie chez les trois sujets. Proposez des hypothèses à l'origine du diabète chez les deux individus diabétiques.

1 La glycémie, un indicateur de l'état de santé

La glycémie est une **constante biologique** d'importance capitale pour le fonctionnement et la santé de l'organisme.

L'hypoglycémie est une maladie peu fréquente, elle correspond à des valeurs de la glycémie inférieures à 0,70 g/l. Elle se caractérise par une asthénie (faiblesse) profonde et des tremblements et entraîne le coma, puis la mort vers 0,4 g/l.

L'hyperglycémie ou diabète est une maladie fréquente. Cette maladie, si elle n'est pas traitée entraîne des complications cardio-vasculaires, rénales et rétinienues qui peuvent aboutir à la cécité.

2 Régulation de la glycémie

L'organisme sain possède des **mécanismes de régulation** de la glycémie qui sont de nature nerveuse, et surtout de nature hormonale.

Les principales hormones impliquées dans la régulation de la glycémie sont **pancréatiques** :

- * **L'insuline**, hormone de nature protéique sécrétée par les **cellules β des îlots de Langerhans**.

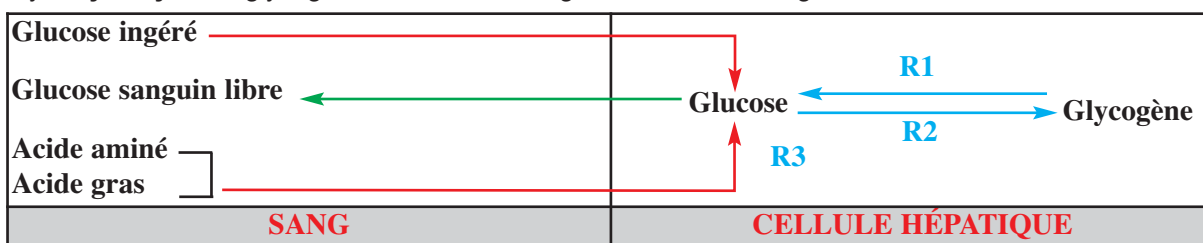
- * **Le glucagon**, hormone de nature protéique, sécrétée par les **cellules α des îlots de Langerhans**.

Ces deux hormones ont des actions **antagonistes** : l'insuline est la seule hormone hypoglycémiant, le glucagon est hyperglycémiant.

Les cellules β et α sont sensibles à la variation de la glycémie :

Les cellules **α sont activées en cas d'hypoglycémie** et répondent par une sécrétion appropriée du glucagon.

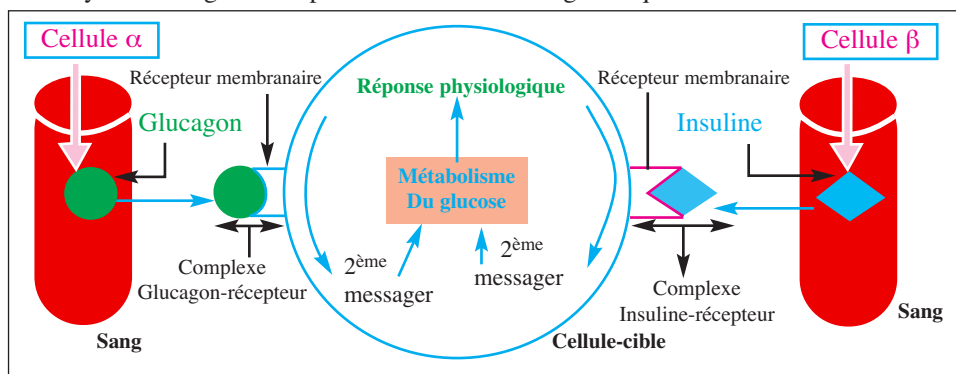
Les cellules **β sont activées par contre en cas d'hyperglycémie** et répondent par une sécrétion appropriée de l'insuline. L'insuline et le glucagon agissent sur des **cellules cibles** en activant et en inhibant des réactions du métabolisme du glucose. Parmi les cellules cibles des hormones pancréatiques, la cellule **hépatique** représente un effecteur essentiel de la régulation de la glycémie : en cas **d'hyperglycémie**, il y a **stockage** du glucose sous forme de **glycogène**. Mais en cas **d'hypoglycémie**, il y a **hydrolyse** du glycogène et libération du glucose dans le sang.



Glycogénolyse : Hydrolyse du glycogène hépatique ou musculaire en glucose libre (R1)

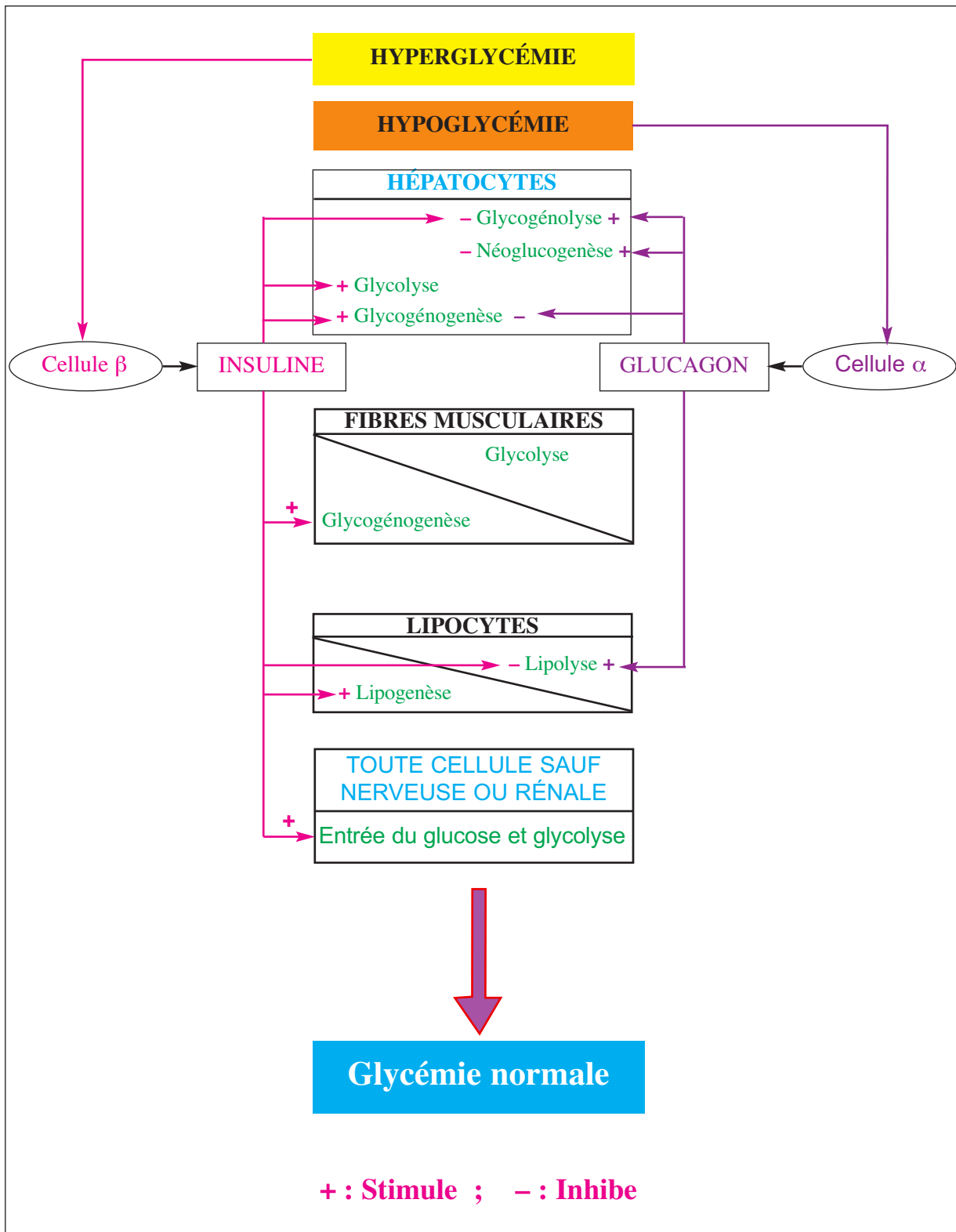
Glycogénogenèse : Réaction de synthèse du glycogène à partir du glucose libre (R2)

Néoglucogenèse : Synthèse du glucose à partir de molécules non glucidiques : acides aminés et acides gras (R3)



22. Mode d'action de glucagon

Mode d'action de l'insuline



23. Schéma du mécanisme de la régulation de la glycémie

3 Luttons contre le diabète

A - Le diabète, maladie grave

L'hyperglycémie associée au diabète engendre, à long terme, des complications qui représentent une cause majeure d'invalidité et de mortalité. C'est la première cause de la cécité (perte de la vue), d'insuffisance rénale et d'amputation des membres. Il augmente le risque de maladies cardiovasculaires et cérébrales de 2 à 7 fois. Il est très fréquent dans la population tunisienne : $\approx 10\%$ (2 à 3% en France).

B - Le diabète, une maladie et plusieurs formes

On connaît de nombreuses formes de diabètes mais on peut distinguer deux formes principales.

a) Diabète de type I ou diabète maigre

- * Il touche les enfants et les jeunes adultes en bonne santé et sans surpoids.
- * lié à une incapacité totale ou partielle de production d'insuline : **diabète insulino-dépendant DID**.
- * Les cellules β sont peu nombreuses ou inexistantes, donc peu ou pas d'insuline.

b) Diabète de type II ou diabète gras

- * C'est la forme la plus fréquente : $\approx 80\%$ des diabétiques.
- * apparaît après l'âge de 40 ans, surtout chez les individus obèses et ayant un ou deux parents diabétiques.
- * l'hyperglycémie n'est pas liée à un déficit d'insuline ; mais l'hormone sécrétée n'est plus efficace sur les cellules cibles, on parle d'insulinorésistance. C'est un diabète **non insulino-dépendant DNID**.
Il y a modification ou diminution des récepteurs membranaires des cellules cibles.

C - Le diabète, comment le vaincre ?

On peut se protéger contre le diabète type II dont les facteurs de risque sont connus : hérédité, sédentarité, alimentation.

Les signes ou symptômes du diabète sont connus : polyurie, polyphagie, polydipsie, amaigrissement. Mais ces signes n'apparaissent pas toujours dès le début de la maladie, ceci implique un contrôle régulier de la glycémie.

PREVENTION	GÉRER SON DIABÈTE
<ul style="list-style-type: none"> – Contrôle glycémique régulier. – Contrôle régulier du poids. – Ration alimentaire équilibrée avec apport glucidique modéré. – Activité physique régulière 	<p>Le diabétique peut vivre, normalement à condition de suivre un traitement médical recommandé par le médecin.</p> <p>Il doit en particulier suivre :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Un contrôle glycémique régulier. – Un contrôle ophtalmologique régulier. – Des soins des pieds réguliers. – Un contrôle de la tension artérielle. – Un contrôle des lipides sanguins. – Un régime alimentaire particulier. – Une activité physique régulière.

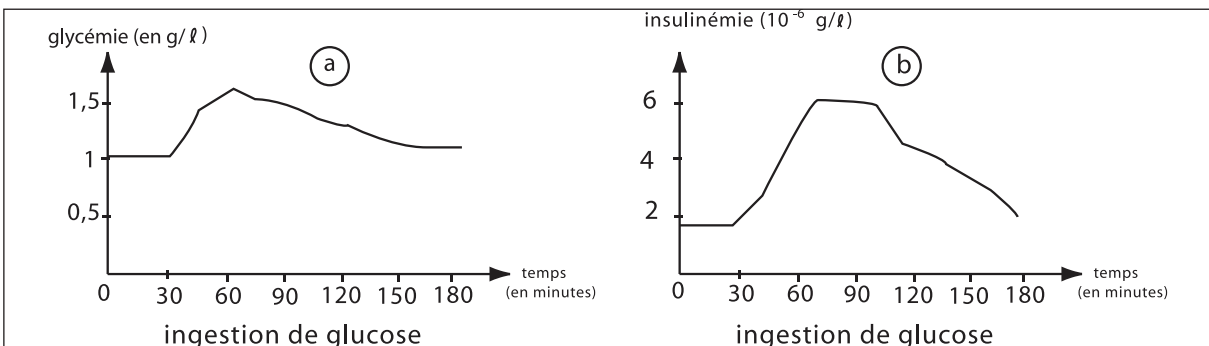
EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponse (s) exacte (s). Repérez les affirmations correctes.

- 1- Le foie est le seul organe qui :
 - a- réalise la néoglucogenèse.
 - b- fixe le glucose excédentaire.
 - c- libère du glucose dans le sang.
 - d- stocke le glucose sous forme de glycogène.
- 2- Le pancréas :
 - a- sécrète l'insuline.
 - b- sécrète le glucagon.
 - c- produit le glucose en cas d'hypoglycémie.
 - d- stocke le glucose sous forme de graisses en cas d'hyperglycémie.
- 3- L'insuline :
 - a- est une hormone lipidique.
 - b- est une hormone protidique.
 - c- est une hormone hypoglycémiant.
 - d- est une hormone hyperglycémiant.
- 4- Le glucagon
 - a- est une enzyme pancréatique.
 - b- est une hormone hyperglycémiant.
 - c- est sécrétée lors d'une hypoglycémie.
 - d- est une hormone qui stimule la glycogénolyse au niveau du muscle.
- 5- Les organes régulateurs de la glycémie sont :
 - a- le foie.
 - b- les reins.
 - c- le pancréas.
 - d- les muscles.

EXERCICE 2

Chez un sujet normal, on se propose d'étudier l'évolution de la glycémie et de l'insulinémie avant et après l'ingestion de glucose. On fait ingérer à ce sujet dès la 30^{ème} minute 50g de glucose. Les résultats de mesure de la glycémie et de l'insulinémie sont représentés par les graphes a et b du document suivant.



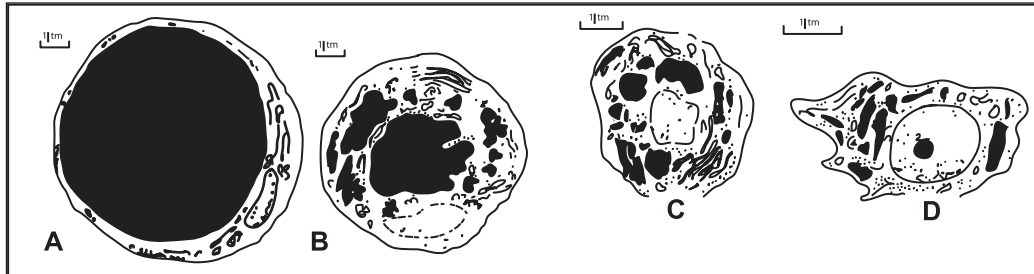
24. Variation de la glycémie et de l'insulinémie

(D'après Bac. Math.Tunisie, juin 1995)

- 1- Indiquez la nature et l'origine de l'insuline.
- 2- Interprétez les deux graphes a et b.

EXERCICE 3

Le document 25a montre l'évolution de la structure des adipocytes pendant un amaigrissement qui accompagne un diabète expérimental.

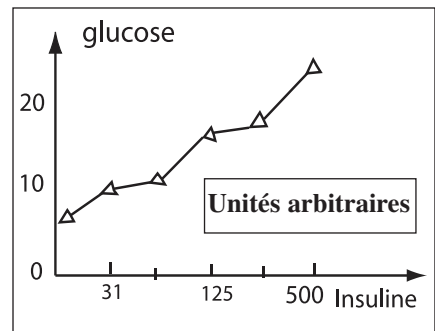


25a.

Le document 25b montre l'évolution de l'utilisation de glucose par des cellules adipeuses en fonction de la quantité de l'insuline. On observe également que ces cellules s'enrichissent en lipides.

1- Analyser le document 25b.

2- À partir des résultats du document 25a et du document 25b, dégager le rôle de l'insuline mis en évidence par ces résultats ?



25b.

(D'après Bac. Montpellier, juin 1998)

EXERCICE 4

On a soumis un lot de rats normaux et un lot de rats obèses et diabétiques à une injection de sulfamides. Cette substance active la sécrétion de l'insuline.

1- Le document 26 présente la variation de la glycémie et de l'insulinémie mesurées chez ces deux lots. Comparez la variation de la glycémie et de l'insulinémie chez les rats normaux et les rats obèses. Que peut-on déduire ?

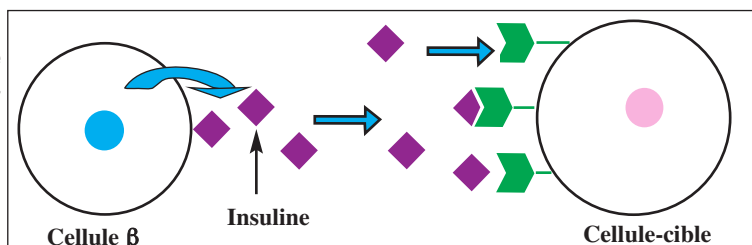
		La glycémie est exprimée en gl^{-1} L'insulinémie est exprimée en $\mu U.ml^{-1}$					
Rats normaux	glycémie	0,90	0,90	0,70	0,60	0,46	0,42
	insulinémie	21	21	92	85	50	42
Rats obèses	glycémie	1,45	1,45	1,45	1,40	1,45	1,45
	insulinémie	15	15	99	79	45	38
		0 5 10 15 20mn ↑ injection de sulfamides temps après injection					

26 .

2- Le document 27 montre la relation entre les cellules β d'un îlot de Langerhans et une cellule de l'organisme.

a) Décrivez cette relation.

b) Proposez trois types d'anomalies pouvant être à l'origine du diabète.



27.

(D'après Bac. Sc. Exp. Tunisie, 1997)

1 L'insuffisance rénale aiguë et son traitement

L'insuffisance rénale aiguë (IRA) est la perte de la fonction rénale d'une manière totale ou partielle (égale ou supérieure à 80%) à cause de maladies diverses.

Il en résulte une accumulation des déchets cellulaires dans le sang, notamment l'urée et la créatinine, qui sont toxiques.

Pour sauver les malades atteints d'IRA, on les soumet au traitement de l'hémodialyse appelée aussi rein artificiel, et on peut les guérir grâce à la greffe d'un nouveau rein.

Réalisez un poster, un dépliant, une planche murale sur :

- La technique de l'hémodialyse.
- La greffe ou transplantation rénale.

Recherchez des informations sur l'Internet, contacter des médecins, visiter un centre d'hémodialyse.

2 Le diabète en Tunisie

Réalisez le même travail que le précédent sur le diabète :

- Les facteurs de risque de la maladie.
- La ration alimentaire recommandée.
- La prise en charge des enfants et des adultes diabétiques.

Contactez des médecins, des malades et des associations de lutte contre le diabète. Cherchez des informations sur Internet.

Adresses de sites Web

www . monannee au college . com / 3 . svt.

www . didier – pol . net.

www . education . sn.

webiologie . free . fr .

perso . wanadoo . fr .

Cellules cibles de l'insuline	Cellules qui possèdent des récepteurs membranaires spécifiques de l'insuline.
Excrétion	Élimination des déchets du métabolisme.
Glande endocrine	Organe qui sécrète dans le sang une ou plusieurs substances appelées hormones.
Glycolyse	Dégradation du glucose (C_6) en pyruvate (C_3) dans le cytoplasme de la cellule.
Glycosurie	Présence de glucose dans les urines.
Hémoglobine	Hétéroprotéine contenue dans les hématies, assure le transport de CO_2 et de O_2 .
Homéostasie	Ensemble de toutes les réactions physiologiques qui maintiennent la constance du milieu intérieur.
Hormone	Substance sécrétée par une glande et qui agit, après transport par le sang, sur des tissus situés à distance.
Lymph	Liquide presque incolore, naît du sang et remplit les espaces intercellulaires, mais n'y stagne pas, une partie regagne les capillaires sanguins, l'autre partie est drainée par les vaisseaux lymphatiques.
Milieu intérieur	Lymph canalisée + lymph interstitielle + plasma.
Pression hydrostatique	Pression exercée par un liquide sur les parois des vaisseaux qui le contiennent. Elle filtre l'eau.
Pression oncotique	Fraction de la pression osmotique du plasma liée aux protéines plasmatiques. Elle attire l'eau.
Pression osmotique	Force exercée par les molécules et les ions du soluté dans une solution. Elle attire l'eau.
Ultra-filtrat	Liquide obtenu après filtration fine au niveau du glomérule.

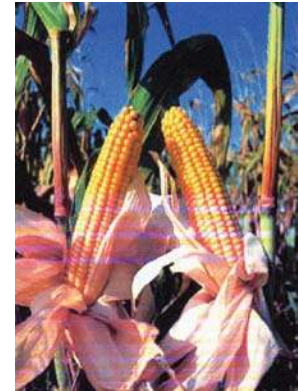
L'INFORMATION GÉNÉTIQUE : EXPRESSION, DIVERSITÉ ET TRANSMISSION



1. **Polymorphisme** dans une population humaine : les enfants d'une classe, comme les personnes de la population mondiale ($\approx 6,5$ milliards) sont tous des **individus uniques**



2. **Races naturelles** de chats : des animaux de même espèce mais différents par certains **caractères**



3. Le maïs transgénique est une variété génétiquement modifiée produite au laboratoire à partir d'une variété naturelle

Le monde vivant présente une caractéristique essentielle : la diversité. On parle de biodiversité ; ce mot désigne la diversité des espèces (≈ 30 millions), la diversité des lignées (races animales, variétés végétales et souches de microorganismes) et la diversité des individus appelée aussi polymorphisme. Chaque être vivant présente un ensemble de caractères héréditaires : caractères spécifiques (d'espèce), caractères raciaux (ou de variété) et caractères individuels. Tous ces caractères sont contrôlés par des informations génétiques bien déterminées, localisées au niveau de l'**ADN** qui est le constituant essentiel des chromosomes.

La science qui étudie la nature, la structure, la transmission de l'information génétique ainsi que son expression sous forme de caractères observables s'appelle "**la Génétique**".

La recherche en génétique a permis de mettre au point des techniques de manipulation de l'ADN appelées **Génie génétique**. Le génie génétique a réussi la production d'organismes (plantes animaux, bactéries, levures) Génétiquement Modifiés (OGM) à partir de lignées naturelles.

Dans ce thème sur la génétique, nous aborderons les problèmes scientifiques suivants :

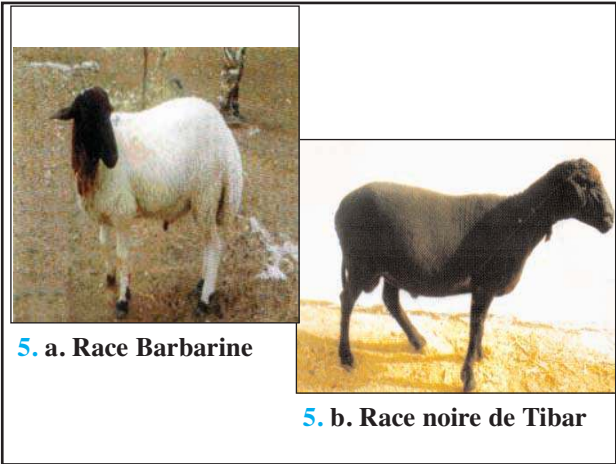
- Comment expliquer la constance de l'espèce à travers les différentes générations issues de la reproduction sexuée ?
- Comment l'information génétique s'exprime t-elle pour déterminer l'apparition d'un caractère héréditaire ?
- Quels sont les objectifs et les techniques du génie génétique ?
- Comment expliquer la diversité génétique des individus ?
- Comment expliquer la transmission des caractères héréditaires des parents à leurs descendants ?

Le thème de la Génétique comporte les chapitres suivants :

CHAPITRE 1 :	L'information génétique : des caractères aux gènes.....	
CHAPITRE 2 :	L'information génétique : mécanisme de son expression.....	
CHAPITRE 3 :	L'information génétique : ses manipulations en génie génétique..	
CHAPITRE 4 :	L'information génétique : origine de la diversité.....	
CHAPITRE 5 :	L'information génétique : sa transmission.....	

Chapitre 1 : L'INFORMATION GÉNÉTIQUE : DES CARACTÈRES AUX GÈNES

4. Une gamme de fruits (pommes) appartenant à diverses variétés d'une même espèce : le pommier



5. a. Race Barbarine

5. b. Race noire de Tibar

5. Deux races ovines élevées en Tunisie : la race barbarine à queue grasse et la race noire de Tibar à queue fine

L'interfécondité est le principal critère de détermination de l'espèce. Dans la nature, seuls les mâles et les femelles de même espèce sont interféconds et génèrent un ou des descendants fertiles. Ces descendants issus de la reproduction sexuée sont de la même espèce que leurs parents mais ils se distinguent par leurs caractères individuels (calibre des pommes, masse et volume de la queue d'ovins de race barbarine, par exemple).

La reproduction sexuée assure donc la pérennité de l'espèce ainsi que la diversité génétique des individus de même espèce.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- o rappeler les notions d'espèce, de lignée, de caractère héréditaire de phénotype et d'information génétique.
- o dégager la relation entre la reproduction sexuée et la stabilité de l'espèce.
- o dégager la relation entre la variation de l'information génétique et la variation du phénotype.

SITUATION PROBLÈME

1

Chez l'espèce ovine, on connaît une race à queue large et grasse (race barbarine) et une race à queue effilée et maigre race noire de Tibar (document 5) . Les éleveurs peuvent avoir une 3^{ème} race à queue demi-grasse à partir du croisement des 2 races initiales.

2

Dans des jardins, une espèce végétale d'ornementation : la Belle de nuit présente des plantes à phénotype fleur blanche, d'autres plantes à fleurs rouges et d'autres plantes à fleurs roses.

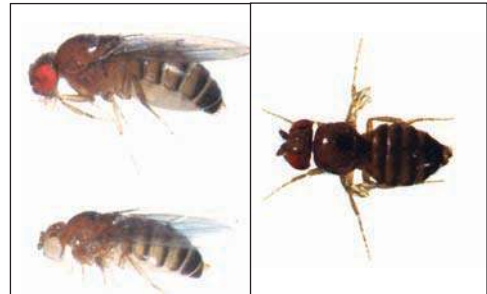


6. Trois phénotypes pour le caractère couleur de la fleur chez une espèce : la Belle de nuit. (Mirabilis Jalapa)

3

Dans la nature, on rencontre, sur les fruits en fermentation, une espèce d'insecte : la Drosophile. Chez cette espèce, la lignée la plus fréquente appelée lignée sauvage présente un ensemble de phénotypes : des yeux rouges, un corps gris des ailes longues etc.

D'autres lignées moins fréquentes peuvent être observée dans la nature ou en élevage au laboratoire : lignée à yeux blancs, lignée à corps noir, lignée à ailes courtes, etc.



7. La drosophile $2n = 8$ chromosomes est une espèce comprenant de nombreuses lignées ou souches (différentes par la couleur du corps, la couleur des yeux, longueur des ailes...).

3

Le nombre de chromosomes le même chez tous les individus d'une même espèce et il varie d'une espèce à l'autre

Ces exemples montrent que :




- la reproduction sexuée comporte des mécanismes qui assurent la stabilité de l'information génétique contrôlant les caractères spécifiques, en particulier la constance de la formule chromosomique.
- la variation de l'information génétique et la production de divers phénotypes pour un caractère donné.

Espèces	Homme	Blé	Cheval	Mais	Pomme de terre
Formules chromosomiques	$2n = 46$	$2n = 42$	$2n = 64$	$2n = 20$	$2n = 48$

8. La formule chromosomique est une caractéristique de l'espèce

- 1- Comment la reproduction sexuée assure-t-elle la constance de la formule chromosomique entre parents et descendants ?
- 2- Comment l'information génétique contrôlant un caractère détermine-t-elle deux ou plusieurs phénotypes différents ?

1 Blé dur, Blé tendre et orge : 3 espèces céréalières semblables

épis			
Espèces	Blé dur (Triticum durum)	Blé tendre (Triticum aestivum)	Orge (Hordeum vulgare)
Formule chromosomique	2n = 28	2n = 42	2n = 14
Graines	Dures et vitreuses	tendres	Assez dures
Utilisation	Réservé essentiellement aux semoules et aux pâtes	Du blé tendre on tire la farine destinée à la panification	utilisé dans l'alimentation du bétail et pour d'autres fins.
Variétés ou Lignées	Khlar Karim	Vaga Salambo	Manel Rihane

9. Caractéristiques de quelques variétés de Blé et Orge



Revelez les caractères distinctifs de chaque espèce

2

A - Deux variétés tunisiennes d'olivier

L'espèce olivier ou *Olea europaea* appartient à la famille des oléacées et comprend plus de 200 variétés. En Tunisie on trouve principalement la variété Chétoui dans le nord et la variété chemlali dans le sud et le centre.

Les autres variétés, Meski, Oueslati, Gerbouli, Zalmati Zarrassi... sont considérées comme secondaires. Le document 10 présente les caractéristiques des deux variétés Chetoui et Chemlali.

caractéristiques	Variétés	
	Chemlali 	Chétoui 
Teneur en huile (en % par rapport à la matière fraîche)	18	24
Taux en acide oléique (C18)	61.3	63.1
des acides gras saturés	20.5	15.9
Taux des acides gras insaturés	79.5	83.5
Taille des olives	petite	moyenne
Rendement en huile	Moyen (38 à 46%)	Elevé supérieur à 46%
Poids frais moyens des olives	1gr	2.47gr
%en tri linoléine (la norme mondiale de commercialisation est inférieure à 0.5)	0.3	0.5
% de pulpe	81.7	90.3

10. Caractéristiques des deux variétés d'olivier

B - Deux races ovines élevées en Tunisie

	La barbarine	La noire de Tibar
Couleur	Tête noire et corps blanc	noire
Queue	Large et à 2 lobes	Longue et fine
Longueur des pattes	moyenne	moyenne
Hauteur du corps	60 à 70 cm	60 à 70 cm
Poids des femelles	40 à 50 kg	50 à 60 kg
% de fertilité	86	85
observations	Sa queue développée contient des réserves lipidiques lui permettant de résister au manque d'aliments pendant la mauvaise saison	Contrairement aux autres races, elle est résistante à la digestion d'une plante, le millepertuis



12.a- Race barbarine



12.b- Race noire de thibar

12. Races ovines élevées en Tunisie

11. Caractéristiques de quelques races Ovines

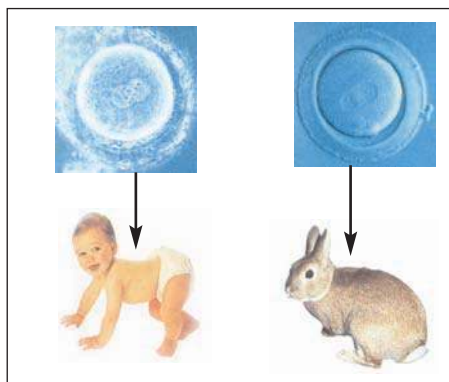
À partir de l'analyse des données des documents 10, 11 et 12 :

- 1- Formulez une définition de la lignée.
2. Formulez une lignée et espèce.
3. Précisez la relation entre lignée et espèce.
4. Donnez des exemples de caractères individuels.
5. Expliquez le rôle de l'Homme dans la diversification des lignées dans une espèce.

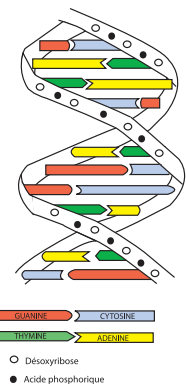
3 Notion d'information génétique

La cellule œuf possède un programme qu'on appelle **information génétique** qui est à l'origine de tous les caractères héréditaires de tout être vivant animal ou végétal ou microorganisme : durée et étapes de développement, appartenance à une espèce, caractères individuels.

L'information génétique est constituée par l'ADN qui constitue les chromosomes localisés dans le noyau de la cellule œuf. Elle est transmise de la cellule œuf à toutes les cellules de l'organisme issues de cette cellule œuf.



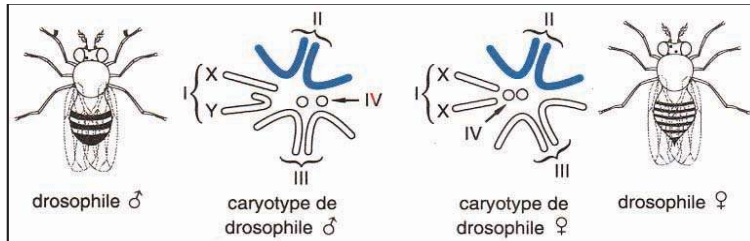
13. 2 cellules œufs se ressemblent, mais les Résultats de leur développement sont différents



14. Schéma de la structure en double hélice de l'ADN

- 1- Décrivez la structure de la molécule d'ADN (document 14 ci-contre).
- 2- Précisez en déduction la nature de l'information génétique.

1 L'espèce, constance de l'information génétique.



15. Caryotypes de drosophiles ♂ et ♀ : $2n = 8$

Le document 15 ci-dessus représente les caryotypes de drosophiles ♂ et ♀.

Le document 16 ci-contre indique les formules chromosomiques de quelques espèces. Pour chaque espèce les descendants ont toujours le même caryotype et la même formule chromosomique que leurs parents :

$2n = 46$ chez l'Homme, $2n = 8$ chez la drosophile, etc.

Espèces	Formules chromosomique
Homme	$2n = 46$
Papillon Lysandria	$2n = 380$
Chien	$2n = 78$
Cheval	$2n = 64$
Ane	$2n = 66$
Palmier Dattier	$2n = 36$
Ver nématode	$2n = 2$
Olivier	$2n = 46$

16. Formules chromosomiques de quelques espèces.

1. Formulez une définition du caryotype et une définition de la formule chromosomique en vous appuyant sur les données des documents présentés.
- 2a. Sachant que chaque être vivant provient de l'union, au cours de la fécondation, de 2 cellules sexuelles ♂ et ♀ : spermatozoïde et ovule. Expliquez comment la reproduction sexuée assure la constance de la formule chromosomique entre les parents et les descendants en prenant comme exemple l'espèce Drosophile.
- 2b. Représentez par un schéma le caryotype qu'une cellule sexuelle de Drosophile.

2 Des caractères, des phénotypes

A - Des phénotypes nouveaux sélectionnés.

Variété sauvage de Maïs (la Téosine) et variété sélectionnée actuellement cultivée.

La 1^{ère} variété est adaptée à la vie sauvage mais la 2^{ème} est incapable de survivre sans l'intervention de l'Homme.



17. Variété sauvage et variété cultivée de maïs

La variété originale du maïs a un épi effilé contenant peu de graines. Grâce à un travail de sélection exercé, depuis des siècles, par des agriculteurs et, depuis des dizaines d'années, par des chercheurs agronomes, de nouvelles variétés de maïs, améliorées, à épi plus volumineux ont vu le jour (voir document 17).

1- Complétez le tableau suivant en indiquant :

- des caractères et des phénotypes de la variété sauvage appelés aussi phénotypes sauvages.
- des phénotypes de la plante actuelle ou sélectionnée désignés par phénotypes sélectionnés (nouveaux).

Caractères	Phénotypes sauvages	Phénotypes sélectionnés
. Volume de l'épi		
. Nombre de graines par épi		
. Taille de la plante		
.		
.		
.		

C - Des phénotypes nouveaux appelés phénotypes mutants.

- En 1763 DUCHENNE père et fils trouvèrent dans un semis de fraisier ordinaire, un plant dont les feuilles étaient simples au lieu d'être divisées en trois folioles.

Ce fraisier monophylle se maintient par graines pendant plusieurs générations.

- « En 1910, Thomas Morgan trouva, dans un grand élevage de Drosophile sauvages, une mouche qui avait les ailes échan-crées : (race beaded).

A la 2^{ème} génération de cette dernière race, apparut un mutant qui avait les ailes trop courtes, élargies et à nervures anor-males : race rudimentaire.

A la 7^{ème} génération de la race beaded, on trouva un mutant qui avait des ailes écourtées, comme si on avait coupé l'extrémité : race à ailes tronquées, un autre mutant avait les ailes bien fai-tes mais réduites dans tous les sens : race miniature.

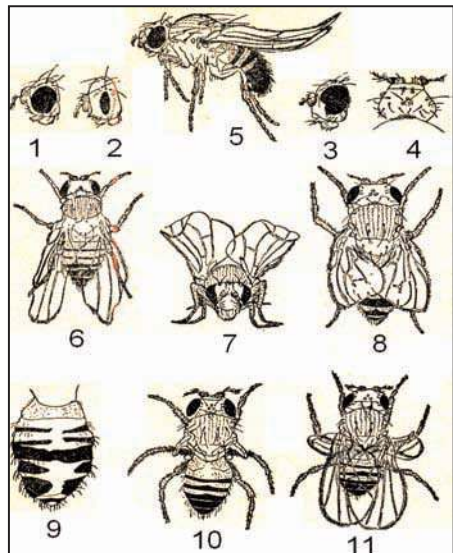
Dans la lignée rudimentaire apparurent d'autres mutants : ailes courbées vers le haut ; ailes incurvées vers le bas ; yeux bars (yeux réduits). Dans la lignée tronquée naquirent des mutants : à ailes ballonnées, corps noir ébène, yeux rugueux, ailes vestigiales.

La lignée vestigiale engendra les yeux pourpres.

La lignée miniature produisit le corps noir (black), le corps jaune, l'œil vermillon, l'œil cerise, etc.

Dans d'autres élevages naissaient les yeux blancs, les yeux éosines, les ailes en ski, l'œil rose, l'œil marron, les poils four-chus, l'œil sombre.

En tout, plus de 400 mutations prirent naissance. » (L'origine des espèces, E. Guyénot).



18. Quelques mutations de Drosophila melanogaster : 1, œil normal ; 2, œil bar ; 3, œil réniforme ; 4, absence d'yeux ; 5, ailes en ski ; 6, ailes échan-crées (beaded) ; 7, ailes recourbées vers le haut ; 8, ailes rudimentaires 9 , abdomen anormal ; 10, absence d'ailes ; 11, mutation à quatre ailes.

Reproduisez et complétez le tableau suivant :



Caractères	Phénotypes sauvages	Phénotypes mutants (exemples)
	. Corps gris	
	. Yeux rouges	
	. Ailes longues (normales)	
	. Poils normaux	

L'apparition de lignées mutantes à partir de la lignée sauvage correspond à une variation des informations génétiques contrôlant les phénotypes sauvages.

3 Des phénotypes aux génotypes.

Exemple : la drépanocytose.

La drépanocytose est une maladie héréditaire de l'Homme ; elle affecte la synthèse d'une protéine : l'hémoglobine. Les documents ci-dessous présentent des données comparatives entre la personne saine et la personne affectée par la drépanocytose.

Personne saine		Personne malade
Etat normal	Etat général	- Anémie : faiblesse, lassitude - Insuffisance cardiaque et rénale - Douleurs abdominales des membres - Accidents vasculaires cérébraux
 Hématies normales	Hématies	 Hématies en formes de faucille qui s'agglutinent souvent et sont détruites rapidement
...Thr - Pro - Glu - Glu... 4 5 6 7 - Séquence des acides aminés - Protéine normale HbA soluble dans le cytoplasme des hématies.	Structure de l'hémoglobine	...Thr - Pro - Val - Glu... 4 5 6 7 - Séquence des acides aminés - Protéine anormale HbS de faible solubilité
...CTC CTC TGG AGT...	- Séquences des bases sur l'ADN	...CTC CAC TGG AGT...

19. L'hémoglobine normale et l'hémoglobine falciforme

En vous appuyant sur l'exemple de la drépanocytose, établissez des relations entre les différentes données présentées en vue d'expliquer l'origine des phénotypes mutants.

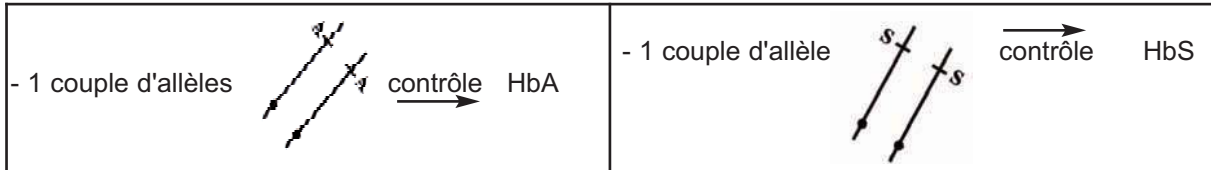
Le document 20 ci-dessous présente au niveau d'un chromosome les séquences de bases impliquées dans la synthèse de l'hémoglobine normale (HbA) et l'hémoglobine anormale (HbS) responsable de la drépanocytose.

Caractère	Phénotypes	Génotypes	Séquences de bases sur l'ADN																																					
			Portion d'ADN HbA au niveau d'un chromosome	Portion d'ADN au niveau du chromosome homologue																																				
SYNTHÈSE DE L'HÉMOGLOBINE	a) Etat normal	<p>1 paire de chromosomes homologues</p>	Portion de la molécule d'ADN responsable de la synthèse de HbA <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>.....</td><td>G</td></tr> <tr><td>C</td><td>.....</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>.....</td><td>A</td></tr> <tr><td>C</td><td>.....</td><td>G</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> </table>	G	C	A	T	G	C	G	C	A	T	G	C	A	T	C	G	C	G	T	A	C	G	A	T	?
	G	C																																					
	A	T																																					
G	C																																						
G	C																																						
A	T																																						
G	C																																						
A	T																																						
C	G																																						
C	G																																						
T	A																																						
C	G																																						
A	T																																						
b) Syndrome de la maladie drépanocytose	<p>1 paire de chromosomes homologues</p>	Portion de la molécule d'ADN responsable de la synthèse de HbS <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>T</td><td>.....</td><td>A</td></tr> <tr><td>G</td><td>.....</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>.....</td><td>G</td></tr> <tr><td>C</td><td>.....</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>.....</td><td>A</td></tr> <tr><td>C</td><td>.....</td><td>G</td></tr> <tr><td>A</td><td>.....</td><td>T</td></tr> </table>	G	C	A	T	G	C	G	C	T	A	G	C	A	T	C	G	C	G	T	A	C	G	A	T	?	
G	C																																						
A	T																																						
G	C																																						
G	C																																						
T	A																																						
G	C																																						
A	T																																						
C	G																																						
C	G																																						
T	A																																						
C	G																																						
A	T																																						
c) Personnes présentant les symptômes de la drépanocytose mais très atténués (légère anémie)	<p>1 paire de chromosomes homologues</p>	?	?																																					

16. Relation phénotype- génotype

1/ Représentez la séquence de bases sur le chromosome homologue dans les cas a et b.

La séquence de bases de l'ADN qui contrôle la synthèse de l'hémoglobine est appelée **gène** de l'hémoglobine. Ce gène occupe un emplacement bien déterminé sur le chromosome appelé **locus** du gène. Il figure en deux exemplaires sur les 2 chromosomes homologues : on parle alors d'un **couple d'allèles**.



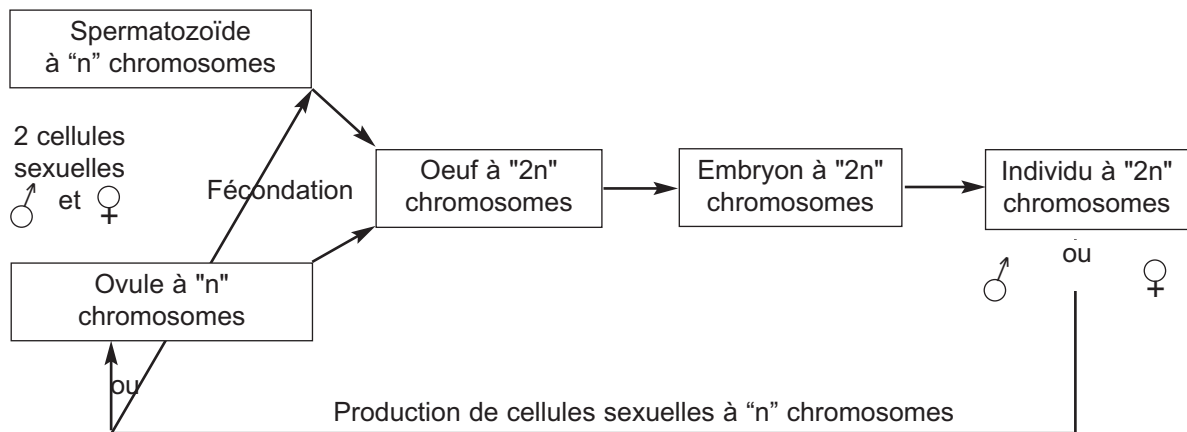
L'information génétique déterminant un phénotype est appelée **génotype** ; c'est l'ensemble des gènes ou des couples d'allèles impliquées dans la réalisation d'un phénotype.

On a remarqué que certaines personnes présentent le syndrome de la drépanocytose mais de façon très atténuées : ils atteignent l'âge adulte et ne sont pas réellement malades contrairement aux individus atteints pleinement de la drépanocytose qui meurent généralement avant l'adolescence et sont fortement anémiques.

Il s'agit donc d'un 3^{ème} phénotype intermédiaire entre le phénotype normal (HbA) et le phénotype malade (HbS).

2/ Proposez un génotype à ce 3^{ème} phénotype et représentez les séquences de bases pour les deux chromosomes homologues de cet individu.

1 La reproduction sexuée assure la constance de la formule chromosomique.

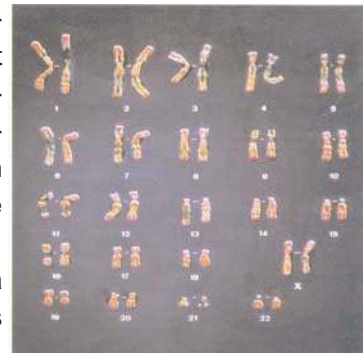


Toutes les cellules d'un organisme diploïde sont diploïdes à $2n$ chromosomes mais les cellules sexuelles produites par cet organisme sont haploïdes à n chromosomes. La gamétogenèse (formation des cellules sexuelles) comporte un mécanisme qui réduit le nombre de chromosomes de $2n$ à n chromosomes ; un gamète ♂ ou ♀ ne contient qu'un seul chromosome de chaque paire de chromosomes du caryotype de l'espèce.

L'union de 2 gamètes ♂ et ♀ ou fécondation donne naissance à la cellule œuf et rétablit la diploïdie (n chromosomes + n chromosomes = $2n$).

Les 2 gamètes ♂ et ♀ apportent chacun n chromosomes paternels portant les gènes paternels et n chromosomes maternels portant les gènes maternels pour former le caryotype à $2n$ chromosomes de la cellule œuf.

Cette dernière va donner par mitoses successives l'ensemble des cellules de l'embryon contenant le même caryotype.



20. Caryotype de la femme : 23 paires de chromosomes homologues.

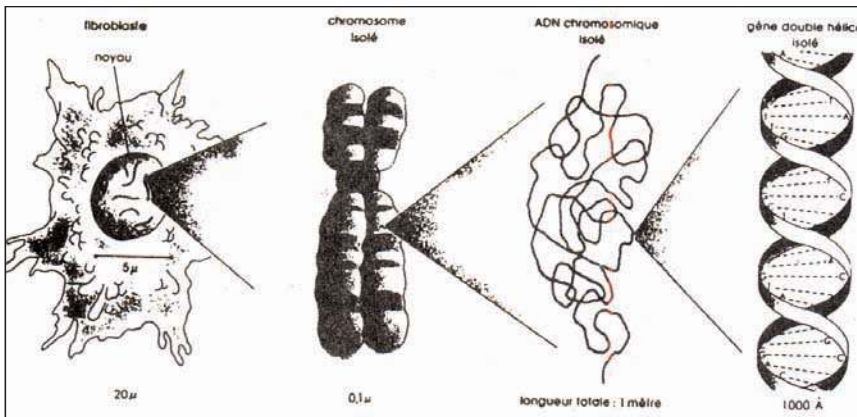
Génome humain : ≈ 50000 .
C'est l'ensemble des gènes répartis sur les 23 paires de chromosomes localisés dans chacune des cellules du corps humain.

2 Des phénotypes aux génotypes.

A - Diversité des lignées et diversité des phénotypes.

Chez les animaux et les végétaux, l'espèce comprend une lignée originale dite "sauvage" à partir de laquelle d'autres lignées apparaissent, naturellement ou par la sélection réalisée par l'Homme (domestication des animaux, amélioration des lignées animales et végétales). Ces nouvelles lignées sélectionnées naturellement ou par l'Homme sont appelées **lignées mutantes** ; elles enrichissent la biodiversité.

B - Des caractères et des gènes.



20. Chaque noyau de chacune de nos cellules contient notre patrimoine génétique inscrit sur un très long fil d'ADN (plus d'un mètre...) réparti sur les chromosomes. Environ cinquante mille messages différents, cinquante mille gènes, sont ainsi codés par l'ordre de succession des « bases » (G, A, C, T) le long de la double hélice de l'ADN. (D'après la Recherche).

- Un être vivant est un ensemble de caractères héréditaires qui sont déterminés par un ensemble d'informations **génétiques ou gènes** localisés sur les chromosomes qui constituent le caryotype de chaque cellule de l'organisme.

Chaque gène occupe sur un chromosome un emplacement fixe appelé locus.

L'ensemble des gènes contrôlant un caractère forme le génotype.

L'ensemble des gènes répartis sur tous les chromosomes d'un caryotype forme le génome d'une espèce.

- Le nombre de gènes impliqués dans la détermination d'un caractère est variable selon les caractères.

- **un gène, un caractère** : dans certains cas, un seul gène peut déterminer un caractère.

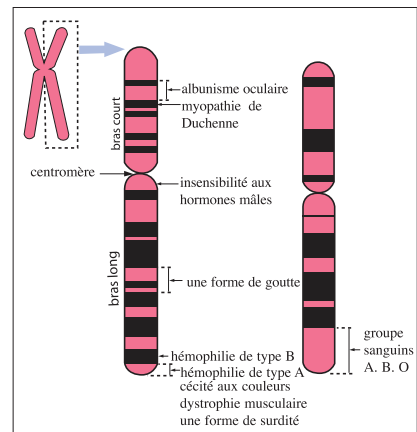
Exemples : La couleur ou la forme des graines du Pois, la couleur de l'œil chez la drosophile.

- **un gène, des caractères** : un gène peut déterminer plus qu'un caractère.

Exemple : Le gène qui détermine l'albinisme chez les animaux est responsable également du comportement peu agressif et de l'absence de résistance des individus aux agressions du milieu.

- **des gènes, un caractère** :

Exemple : La longueur des oreilles chez certaines races de Lapin fait intervenir de nombreux gènes.



26. Gènes humains au niveau de 2 chromosomes.

3 Des phénotypes et des génotypes.

Le **phénotype** est l'aspect apparent d'un caractère héréditaire.

Il représente l'expression d'un génotype c'est-à-dire l'expression d'un ou plusieurs gènes.

L'existence de 2 ou de plusieurs phénotypes pour un caractère donné montre que les **gènes** existent sous différentes formes appelées **allèles**.

L'apparition de phénotypes mutants à partir de phénotypes sauvages s'explique par la transformation des gènes sauvages en **allèles mutants**.

Chez les diploïdes (organismes à 2n chromosomes) les gènes existent (aux différents loci) en 2 exemplaires sur les chromosomes homologues :

chaque gène a son homologue ou son allèle sur le même locus au niveau du chromosome homologue : c'est pourquoi on parle de **couple d'allèles** pour désigner le génotype déterminant un phénotype.

Ces 2 allèles peuvent être identiques et on parle d'un individu **homozygote** ou différents et l'individu est dit **hétérozygote**.

- **Gène** : unité d'information génétique constituée par une séquence de bases et responsable de la réalisation d'un caractère.

- **Locus** : emplacement précis d'un gène sur un chromosome.

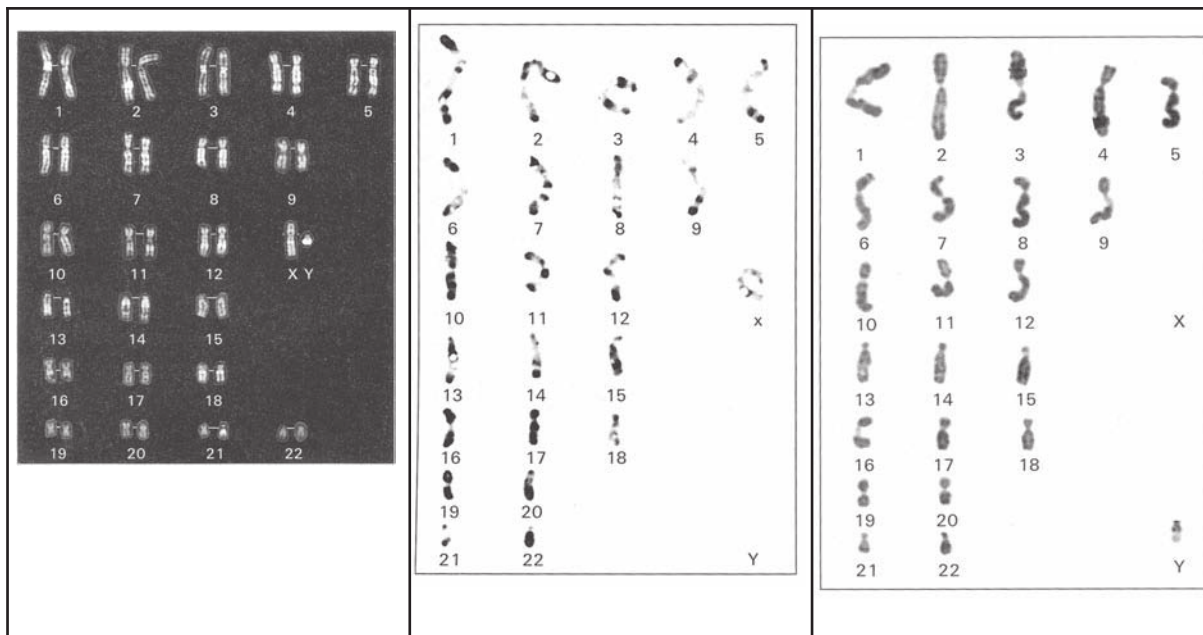
- **Allèle** : forme particulière ou version d'un gène.

- **Couple d'allèles** : les deux gènes qui occupent le même locus sur les deux chromosomes homologues.

- **Génotype** : ensemble des gènes (ou de couple d'allèles chez un diploïde) d'un individu.

EXERCICE 1/Q.C.M

Les caryotypes A,B, et C du document ci dessous sont ceux de cellules humaines.



- 1- Donnez le nombre de chromosomes dans chaque caryotype.
- 2- Recherchez la "ploïdie" (haploïdie ou diploïdie) des cellules dont les caryotypes sont représentés.
- 3- Un lien existe entre les trois cellules. En vous basant sur les réponses aux questions (1) et (2) déduisez le lien entre les 3 cellules en justifiant votre réponse.

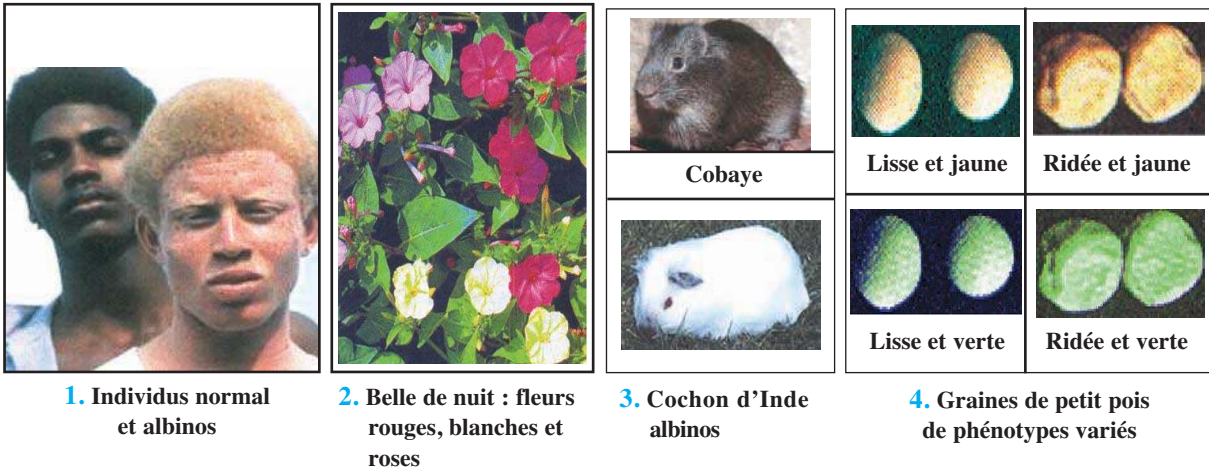
EXERCICE 2

- Le croisement de belles de nuit rouges et belles de nuit blanches donne des belles de nuit roses.
- Le croisement des fleurs roses entre elles donnent des fleurs roses, d'autres rouges et d'autres blanches.

- 1- Précisez le nombre d'allèles à l'origine des fleurs roses.
- 2- En choisissant un ou des symboles pour désigner l'allèle ou les allèles à l'origine de la couleur rose des fleurs, déterminez le génotype de ces fleurs.
- 3- Concluez en qualifiant les belles de nuit roses d'homozygotes ou d'hétérozygotes.



Chapitre 2 : L'INFORMATION GÉNÉTIQUE : MECANISME DE L'EXPRESSION



Chez les êtres vivants, **chaque caractère héréditaire résulte de l'expression d'une information génétique**. Celle-ci est une séquence de bases appartenant à une molécule d'ADN localisée au niveau d'un chromosome bien déterminé.

Chez l'Homme, par exemple, **un caractère héréditaire**, la couleur de la peau présente **divers phénotypes** : couleur noire, couleur plus ou moins brune, couleur blanche, et phénotype albinos (peau totalement décolorée), selon l'information génétique contenue dans les cellules cutanées.

Les graines de petit pois peuvent être de phénotype lisse ou ridé, vert ou jaune, selon l'information génétique localisée dans les cellules de la graine.

Dans les cellules de la peau et de la graine, **l'information génétique** ou (génotype) **contrôle et oriente l'activité cellulaire** (son métabolisme) **vers la réalisation du phénotype correspondant**.

Dans la cellule, il existe donc **des acteurs** qui sont impliqués dans des **réactions de synthèse** permettant la **réalisation matérielle** de chaque **phénotype** à partir du **génotype correspondant**.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- ❖ **d'identifier** dans les cellules, les acteurs impliqués dans l'expression de l'information génétique.
- ❖ **de distinguer** les étapes de ce phénomène : de l'information génétique au phénotype.
- ❖ **d'expliquer** le mécanisme de l'expression de l'information génétique.

SITUATION PROBLÈME

1

L'ovalbumine (blanc d'œuf) est une protéine synthétisée par les cellules des oviductes des oiseaux femelles. Il en est de même de la coquille qui enveloppe l'œuf, (le jaune d'œuf est produit par les ovaires). Les cellules des oviductes possèdent donc une information génétique qui détermine la synthèse de cette protéine dans ces cellules.

2

Chez le petit pois, l'aspect lisse ou ridé de la graine est un caractère héréditaire.

En 1932, BRIDEL et BOURDOUIL ont montré que :

- Dans les graines lisses, la substance de réserve est l'amidon (polyholoside ou polysaccharide).
- Dans les graines ridées, la substance de réserve n'est pas l'amidon mais le stachyose qui est un tétrasaccharide.

Cet exemple montre que le phénotype de la graine, dépend de la substance de réserve qui est déterminée par une information génétique.

3

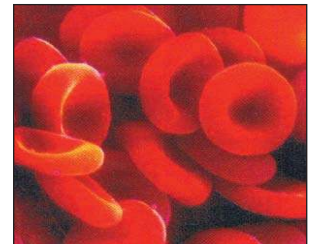
La drépanocytose est une anomalie héréditaire caractérisée par :

- une hémoglobine de structure modifiée.
- des hématies en forme de faucilles.
- une difficulté respiratoire liée à l'hémoglobine anormale incapable de transporter suffisamment de l'oxygène.

Cet exemple montre que :

- * la modification de la structure d'une protéine, l'hémoglobine, est responsable de l'apparition du phénotype de la drépanocytose.
- * la modification de la structure de l'hémoglobine a comme origine une modification de l'Information génétique.

Les exemples présentés ci-dessus montrent que la réalisation d'un phénotype passe par la synthèse d'une substance contrôlée par l'information génétique. Or cette synthèse a lieu dans le cytoplasme cellulaire, alors que l'information génétique est localisée dans l'ADN chromosomique.



5. Hématies normales

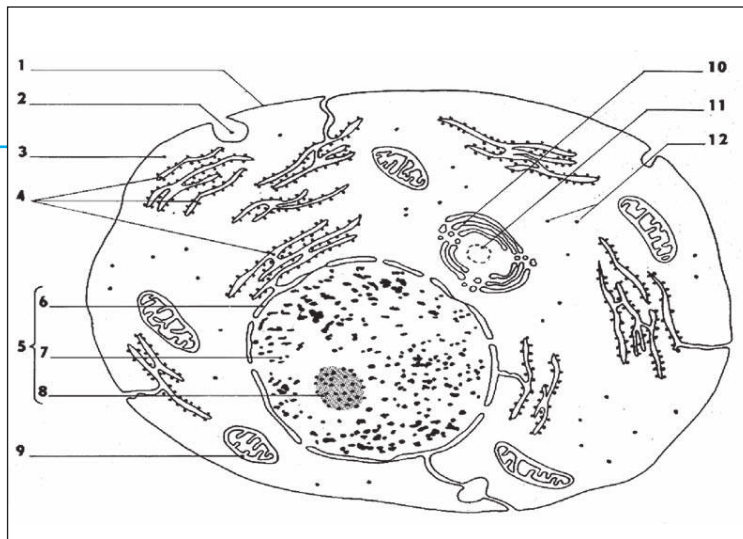


6. Hématies en faucilles (Drépanocytose)

- 1- Quels sont les acteurs (organites cellulaires et molécules) impliqués dans l'expression de l'information génétique ?
- 2- Comment l'information génétique de l'ADN parvient-elle au cytoplasme ?
- 3- Comment l'information génétique codée en séquences de bases est-elle déchiffrée dans le cytoplasme ?
- 4- Comment se fait la synthèse à partir de l'information génétique de substances impliquées dans la réalisation des phénotypes ?

P RÉACQUIS

1



Légende

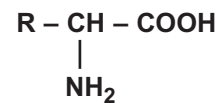
- cytoplasme
- mitochondrie
- centriole
- nucléoplasme et chromatine
- nucléole
- membrane cytoplasmique
- ribosomes libres
- vacuole de pinocytose
- noyau
- réticulum endoplasmique
- membrane nucléaire
- appareil de Golgi

7.

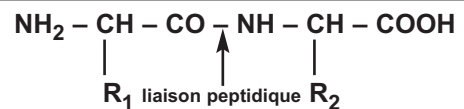
Identifiez les ultrastructures cellulaires en associant à chaque chiffre (de 1 à 12) le nom correspondant de la légende.

2

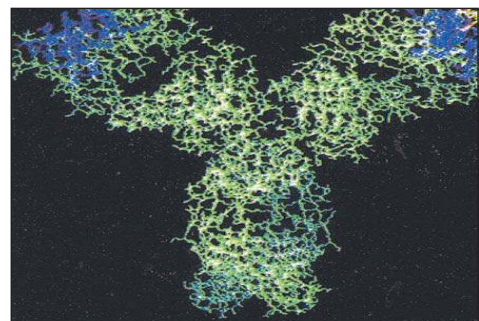
- * Les **protéines** sont des **macromolécules** constituées par un grand nombre d'acides aminés
- * Chez les êtres vivants, il y a une grande **diversité** de protéines. Elles se distinguent par :
 - le nombre d'acides aminés qui les composent.
 - l'ordre d'enchaînement des acides aminés.
 - la forme de la molécule protéinique dans l'espace (document 8).
- * Dans un polypeptide, les acides aminés sont liés les uns aux autres par des **liaisons peptidiques**. Une liaison peptidique s'établit entre le groupement carboxyle (COOH) d'un acide aminé et le groupement amine (NH₂) d'un autre acide aminé
- * La réaction de synthèse d'un polypeptide à partir d'acides aminés libres nécessite l'intervention d'une **enzyme** et la consommation d'**énergie**.



Formule générale d'un acide aminé



Un dipeptide



8. Modèle structural d'une protéine : l'anticorps

3

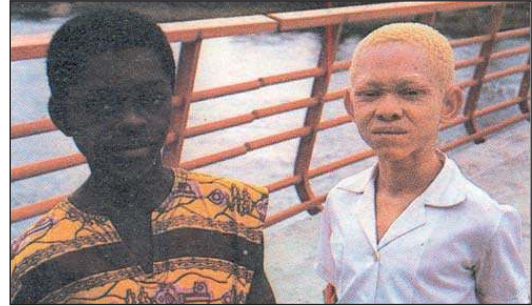
- * Les caractères héréditaires sont des caractères transmis des parents aux descendants. Ils peuvent être des caractères d'espèce, de lignée ou individuels.
- * Les caractères héréditaires sont déterminés par une information génétique : séquence de bases de la molécule d'ADN qui fait partie de la constitution des chromosomes.
- * La molécule d'ADN a une structure en double hélice ; chacun des deux brins de cette hélice comprend un grand nombre de bases disposées dans un ordre bien déterminé.
- * L'information génétique est écrite dans un langage "codé" dans les séquences de bases de chaque brin de la double hélice.

1 Une information génétique, une protéine

9. Anomalie héréditaire : l'albinisme

Certaines personnes ont la peau et les cheveux totalement décolorés. Ils sont **albinos**. L'albinisme est un phénotype héréditaire, il est lié à l'absence d'un pigment foncé, la **mélanine**, dans des cellules de la peau, les **mélanocytes**. Chez l'individu normal, les **mélanocytes** produisent de la mélanine.

La couleur plus ou moins foncée de la peau dépend de la quantité de mélanine produite : plus cette quantité est grande plus la peau est foncée.



10. Enfants africains. L'un est fortement pigmenté (à gauche), l'autre albinos (à droite)

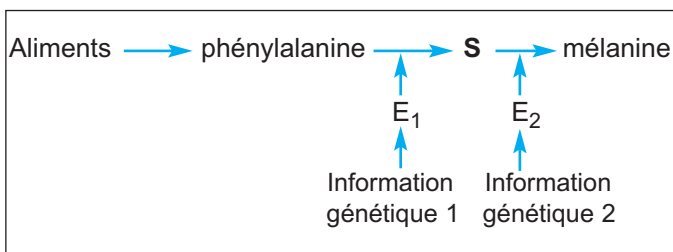
11. Anomalie héréditaire : la phénylcétonurie

Une déficience intellectuelle sévère touche des enfants d'une même famille surtout lorsque les parents sont consanguins. Cette maladie est **héréditaire**. En 1934, Folling (médecin suédois) a constaté que chez les enfants atteints de cette maladie, l'urine contient une grande quantité d'**acide phénylcétonurique**. Il a montré ensuite que la quantité d'acide phénylcétonurique est d'autant plus grande que l'alimentation est plus riche en **phénylalanine**. On sait maintenant que chez les enfants malades, l'accumulation de l'acide phénylcétonurique dans le tissu nerveux entraîne l'arriération mentale.

12. Métabolisme de la phénylalanine

Chez les personnes normales, la **phénylalanine** est transformée en **tyrosine** par une enzyme la **phénylalanine hydroxylase**. La tyrosine est ensuite transformée en **mélanine** par une enzyme la **tyrosinase**.

A - Soit la chaîne de biosynthèse de la mélanine :



- Nommez la molécule S et les enzymes E₁ et E₂.
- Expliquez pourquoi les personnes atteintes de phénylcétonurie ne sont pas obligatoirement atteintes d'albinisme.

B - Argumentez les déductions suivantes :

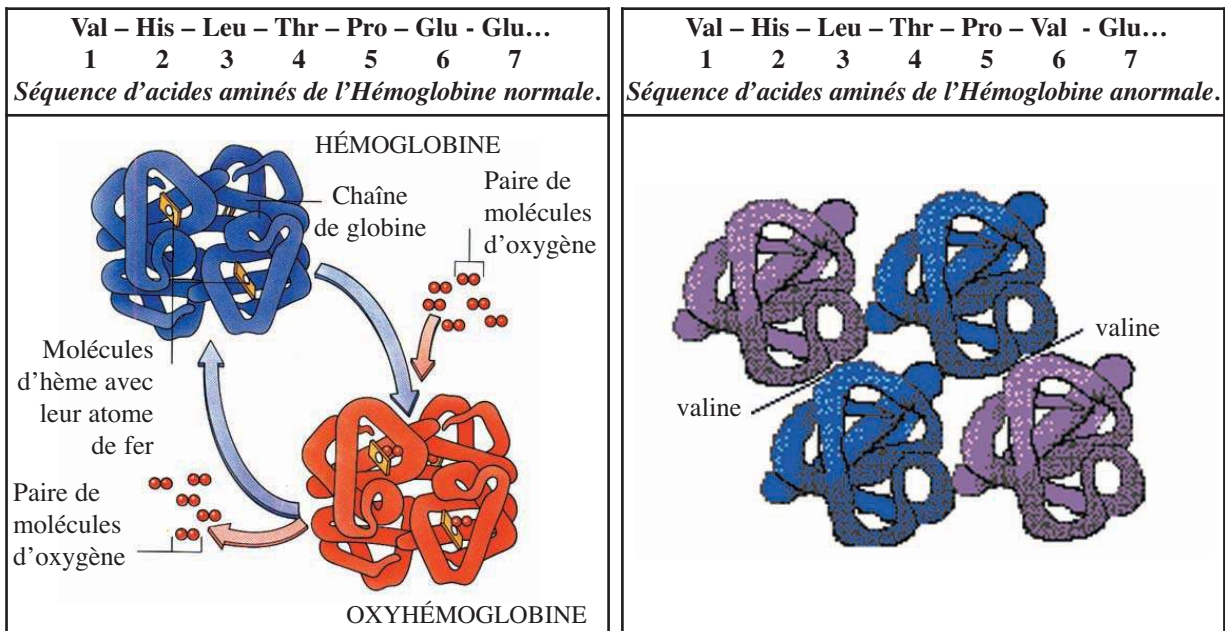
- a) Les cellules des individus albinos sont incapables de synthétiser une enzyme, la tyrosinase.
- b) Les individus atteints de la phénylcétonurie sont incapables de synthétiser la phénylalanine hydroxylase.
- c) Dans chaque cas, le phénotype est déterminé par une information génétique qui contrôle la synthèse d'une enzyme.

- d) Les correspondances suivantes :
 - * Une information génétique, un phénotype.
 - * Une information génétique, une enzyme.
 - * Une information génétique, une protéine.

2 Une information génétique détermine la structure d'une protéine

Les protéines sont des macromolécules constituées par un grand nombre d'acides aminés. Elles diffèrent les unes des autres par le nombre et l'ordre des acides aminés qui entrent dans leur composition, et par conséquent par leur structure spatiale et par leur fonction.

La **drépanocytose** est une **maladie héréditaire** caractérisée par une structure modifiée de la protéine hémoglobine.



13. Hémoglobine normale

14. Hémoglobine anormale responsable de la drépanocytose

- 1- A partir de la comparaison de la séquence d'acides aminés de l'hémoglobine normale et de l'hémoglobine anormale, précisez la nature de l'anomalie.
- 2- Quelle hypothèse pouvez-vous déduire pour préciser la relation entre une information génétique et la structure de la protéine qu'elle détermine ?

Val : Valine. Phe : Phénylalanine. Leu : Leucine. Sér : Sérine. Tyr : Tyrosine. Cys : Cystéine. Pro : Proline. His : Histidine. Gln : Glutamine. Glu : Acide glutamique. Arg : Arginine. Ile : Isoleucine. Thr : Thréonine. Asn : Asparagine.	Ala : Alanine Gly : Glycine. Asp : Acide aspartique Met : Méthionine Lys : Lysine. Try : Tryptophane.
--	--

3 La synthèse protéique implique des acteurs variés

A - Un organe cellulaire

CONSTATATION 1

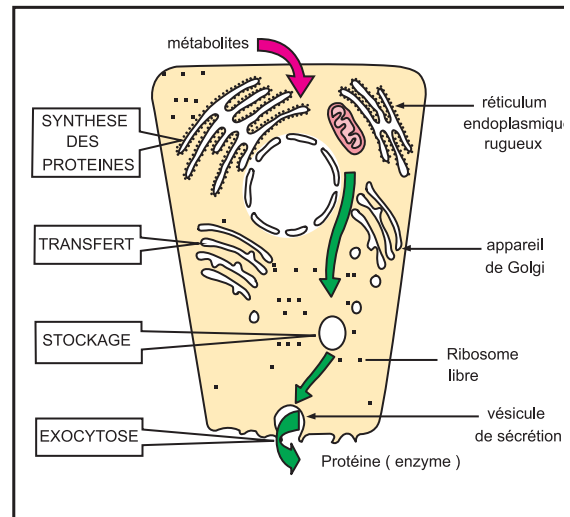
Dans l'organisme, certaines cellules ont une intense activité de **synthèse de protéines** :

- Cellules des glandes digestives qui synthétisent des enzymes digestives (document ci-contre).
- Cellules des glandes hormonales qui synthétisent des hormones de nature protéique (insuline, glucagon ...)

On a remarqué que de telles cellules sont particulièrement riches en **ribosomes**.

Dans les autres cellules, les ribosomes sont peu nombreux.

Ribosome : organe cellulaire constitué de protéine (20%) et d'ARN (80%), il est formé de deux sous-unités ribosomales : la petite sous-unité et la grande sous-unité.



15. Synthèse et excrétion de protéines par une cellule

CONSTATATION 2

Les **hématies** (ou globules rouges) appelées aussi **érythrocytes** sont des cellules **différenciées** (spécialisées) qui transportent l'O₂ et le CO₂ grâce à une protéine : l'hémoglobine.

Les hématies se forment à partir de cellules non différenciées appelées **érythroblastes**.

On a constaté que :

- Les hématies sont sans noyau et dépourvues de ribosomes.
- Les érythroblastes ont des noyaux et contiennent des ribosomes.
- Les hématies sont incapables de synthétiser l'hémoglobine, alors que les érythrocytes en sont capables.

EXPÉRIENCE

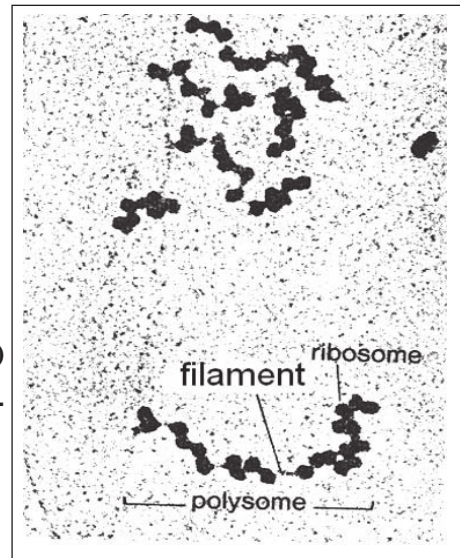
On cultive des érythroblastes sur un milieu nutritif contenant des acides aminés radioactifs (marqués au ¹⁴C).

Après quelques temps on constate que la radioactivité se manifeste dans les ribosomes et dans la protéine synthétisée (l'hémoglobine).

- 1- A partir de l'analyse des données des constatations 1 et 2, quelle hypothèse pouvez-vous formuler ?
- 2- Précisez si les résultats de l'expérience ci-dessus sont en accord avec votre hypothèse.
- 3- Précisez le devenir des acides aminés qui se trouvent dans le milieu de culture des érythroblastes.

B - Un acide ribonucléique

– Dans les cellules qui sont le siège d'une forte synthèse protéique, l'observation au microscopique électronique montre que de nombreux ribosomes apparaissent disposés sur de longs filaments. On appelle polysome l'ensemble des ribosomes liés par un tel filament.



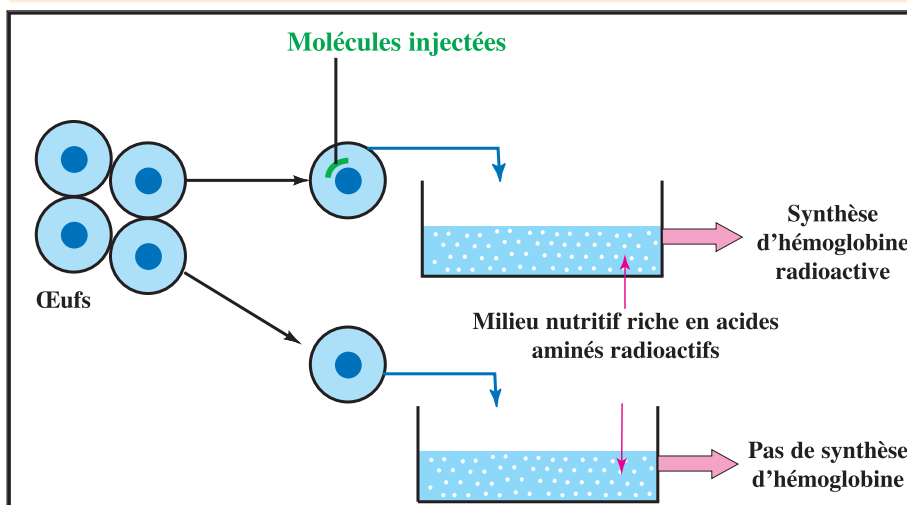
16. Un polysome : des ribosomes liés par un filament

Observez le polysome du document ci contre (document 16)
 Quelles questions pouvez-vous poser à propos d'un tel filament ?

– Les cytochimistes sont capables de prélever des polysomes, de libérer les ribosomes et de récupérer le filament restant.
 Pour déterminer le rôle de ce filament, on a réalisé l'expérience du document ci-dessous.

EXPÉRIENCE

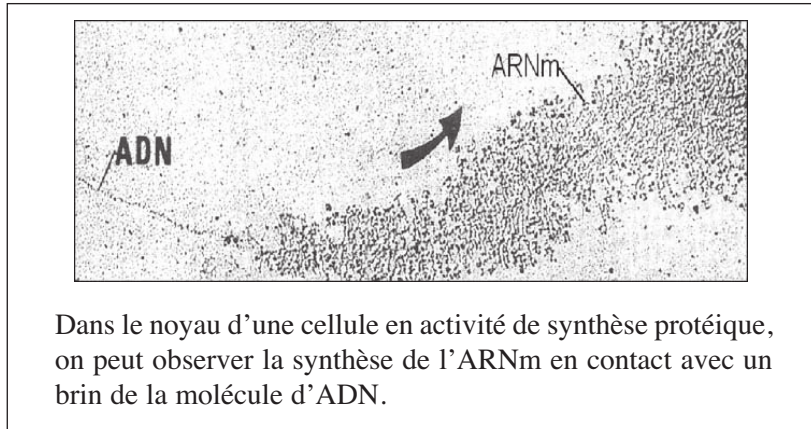
On injecte à des œufs de grenouille, des molécules isolées de filaments de polysomes d'érythroblastes. Puis on les place avec des œufs normaux dans un milieu nutritif riche en acides aminés radioactifs.
 Le résultat obtenu, après quelques heures, montre la présence d'hémoglobine radioactive dans les œufs traités.
 Les œufs normaux sont incapables de produire l'hémoglobine.



- 1- Analysez le résultat expérimental.
- 2- A quelle question posée précédemment pouvez-vous répondre ? Donnez cette réponse.

– Le filament polysomique est constitué de molécules informatives qui orientent l'activité du cytoplasme de la cellule vers la synthèse d'une protéine bien déterminée.

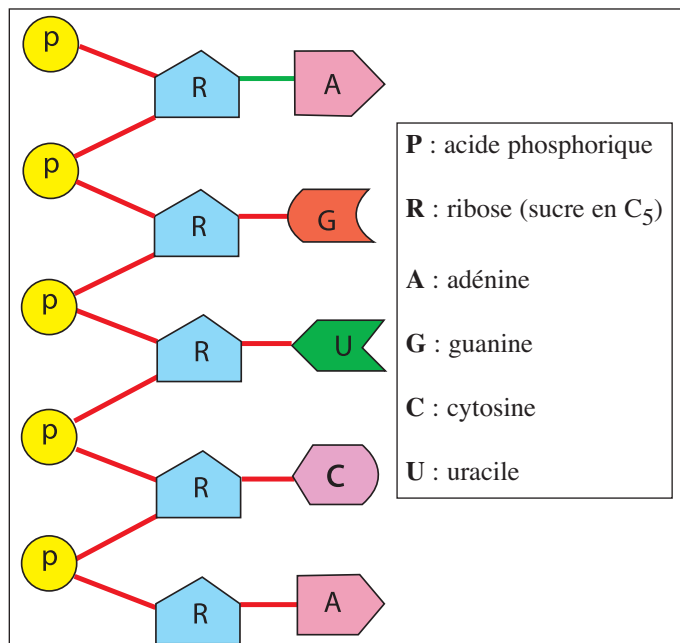
Les chimistes ont pu identifier la nature et la structure moléculaire du «filament polysomique» C'est un acide ribonucléique appelé **ARN** messager ou **ARN_m**.



17. Synthèse de l'ARN_m

1- Montrez à partir de l'analyse des données des documents 17 et 18 qu'il y a une relation entre l'information génétique contenue dans l'ARN_m et l'information génétique contenue dans l'ADN chromosomique.

2- Proposez alors une hypothèse pour expliquer la synthèse de l'ARN_m
 a - Où se fait la synthèse ?
 b- À partir de quoi se fait-elle ?
 c- Comment se fait-elle ?



L'ARN_m est une molécule formée par un simple brin qui est un polymère de nucléotides. Chaque nucléotide est constitué par :

- Un ose en C₅ : le **ribose** (R)
- Un acide phosphorique (**H₃PO₄**).
- Une base azotée qui peut être **Adénine**, **Guanine**, **Cytosine** ou **Uracile**.

18. Structure de l'ARN_m

4 D'autres acteurs de la synthèse protéiques

A - Les ribosomes et l'ARN_m sont-ils suffisants ?

Synthèse protéique in vitro	Expériences	Résultats : synthèse (+) ou non (-) de protéine radioactive.
Des techniques de laboratoire permettent de broyer un tissu de foie de lapin par exemple, en conservant les organites cellulaires intacts. Un tel broyat appelé homogénéat total peut être séparé en différentes fractions par une technique d'ultra-centrifugation. On peut tester la capacité de synthèse protéique de l'homogénéat total et de ses différentes fractions. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-contre.	Homogénéat total + acides aminés radioactifs.	+
	Homogénéat total + acides aminés radioactifs + une substance qui bloque l'utilisation de l'ATP (DNP).	-
	Homogénéat total bouilli + acides aminés radioactifs.	-
	ARN _m + ribosomes + acides aminés radioactifs.	-
	ARN _m + ribosomes + ATP + Acides aminés radioactifs.	-

19. Résultats d'expériences de synthèse protéique in vitro

Le document 19 ci-dessus présente les résultats d'expériences de synthèse protéique in vitro.

- 1- Analyser ces résultats.
- 2- Que pouvez-vous conclure ?

B - L'ARN de transfert : ARN_t

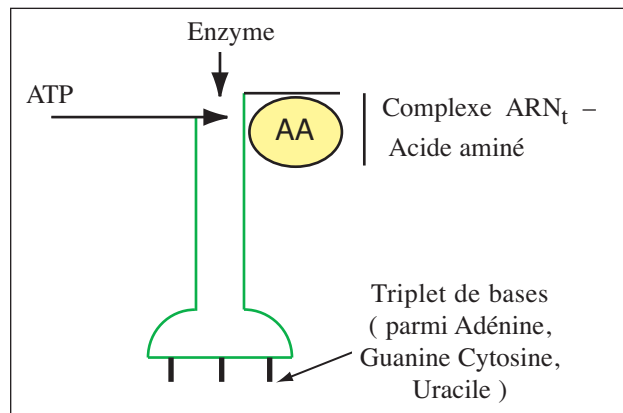
Des expériences de synthèse protéique in vitro ont montré que l'ensemble (ARN_m + ribosomes) est inefficace pour la synthèse de protéine à partir d'acides aminés.

D'autres acteurs interviennent dans cette synthèse :

- Les molécules d'ATP.
- Des enzymes : ATPases, peptidases ...
- Des ions : Mg⁺⁺, PO₄^{- -} ...

Ces expériences ont montré également que les acides aminés radioactifs se fixent à des molécules d'ARN différentes de l'ARN_m, ce sont les

ARN de transfert : ARN_t (document 20).

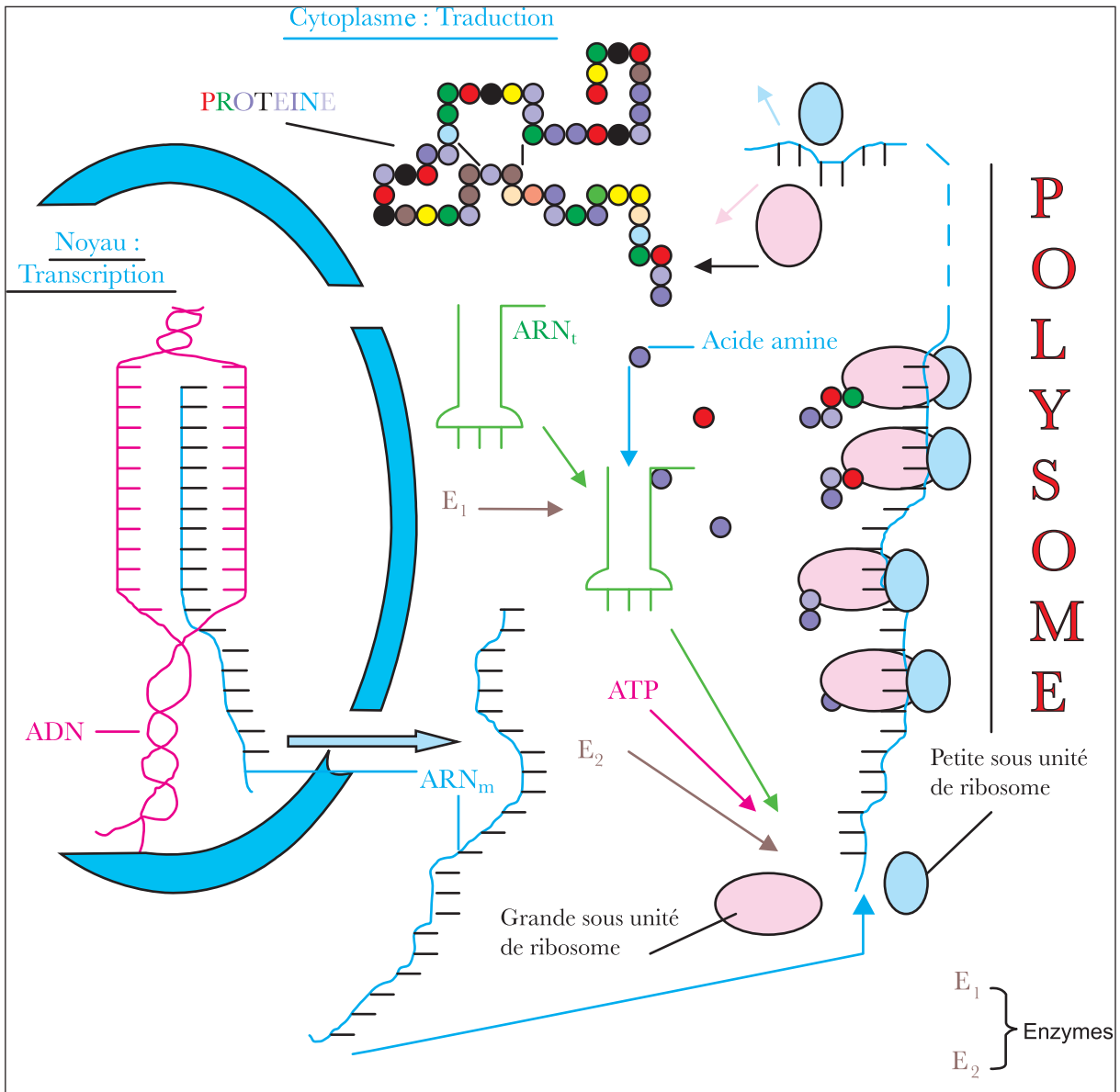


20. Modèle d'un complexe ARN_t - Acide aminé

- 1- Déduisez le nombre de types d'ARN_t.
- 2- Rédiger un résumé précisant le rôle des différents acteurs impliqués dans la synthèse protéique.

L'ARN_t est un polymère de 75 nucléotides, chaque ARN_t est spécifique d'un acide aminé bien déterminé.

5 Etapes de la synthèse protéique



21. Schéma des étapes de la synthèse protéique

A - Deux étapes essentielles :

- **Dans le noyau** a lieu la synthèse de l'ARN_m en contact avec un brin d'ADN. Cette opération permet de copier l'information génétique de l'ADN sous forme d'une molécule d'ARN_m. Cette étape est appelée **transcription**.
- **Dans le cytoplasme**, a lieu la synthèse de la **protéine** grâce à l'intervention de nombreux acteurs : ribosomes, ARN_m, ARN_t, ATP, enzymes, Acides aminés. Il y a synthèse d'un **polymère d'Acides aminés**, dans un **ordre bien déterminé correspondant à l'information génétique** de l'ARN_m. Cette 2^{ème} étape de synthèse est la **traduction**.

Quelles questions pouvez-vous poser sur les mécanismes de la transcription et de la traduction ?

B - Le code génétique

a) Nécessité d'un code génétique :

Dans l'ARN_m, l'information génétique est constituée par une séquence de bases (comme dans l'ADN). C'est cette séquence de bases qui détermine l'ordre des acides aminés dans un polypeptide ou dans une protéine. Une certaine équivalence doit donc exister entre l'ordre des bases dans l'ARN_m et l'ordre des acides aminés dans le polypeptide, on parle de **Code génétique**.

b) Quel est ce code ?

- Pour expliquer le code génétique, les généticiens se sont posés différentes questions par exemple : Quel est le nombre de bases nécessaire pour déterminer le positionnement d'un acide aminé dans un polypeptide ?
- Sachant qu'il y a 20 acides aminés dans la nature, et 4 bases azotées, on peut réfléchir :
- + une seule base suffit-elle pour positionner un acide aminé bien déterminé ?
- + un couple de bases suffit-il pour positionner un acide aminé bien déterminé ?
- + un triplet de bases suffit-il pour déterminer le positionnement d'un acide aminé bien déterminé ?

		DEUXIÈME LETTRE					
		PREMIÈRE LETTRE		TROISIÈME LETTRE			
		U	C	A	G		
U	UUU	Phényl-alanine	Sérine	UAU	Tyrosine	UGU	Cystéine
	UUC			UAC		UGC	
	UUA	Leucine		UCA	Codon stop	UGA	Codon stop
	UUG			UCG		UGG	
C	CUU	Leucine	Proline	CAU	Histidine	CGU	Arginine
	CUC			CAC		CGC	
	CUA			Glutamine	CAA	CGA	
	CUG				CAG	CGG	
A	AUU	Isoleucine	Thréonine	AAU	Asparagine	AGU	Sérine
	AUC			AAC		AGC	
	AUA	Méthionine		ACA	Lysine	AGA	Arginine
	AUG			ACG		AGG	
G	GUU	Valine	Alanine	GAU	Acide aspartique	GGU	Glycine
	GUC			GAC		GGC	
	GUA			Acide glutamique	GAA	GGG	
	GUG				GAG	GGG	

22. Le code génétique

1- Discutez les 3 possibilités indiquées.

Le document 22 représente le **code génétique** utilisé par **tous les êtres vivants pour traduire** l'information génétique de l'ARN_m sous forme de polymère d'acides aminés ordonnés de façon bien déterminée.

2- Quelles remarques pouvez-vous faire à la lecture de ce code ?

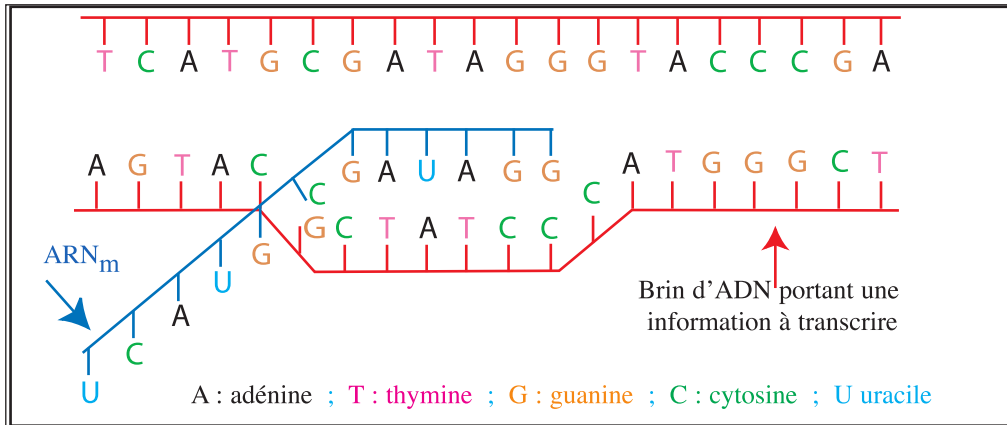
Codon : Triplet de bases de l'ARN_m qui détermine le positionnement d'un acide aminé dans un polypeptide.

Codon d'initiation : Codon correspondant à un acide aminé : la méthionine. C'est le premier codon par lequel commence la traduction.

Codon stop : Codon qui ne correspond à aucun acide aminé. Ce codon détermine l'arrêt de la traduction, c'est-à-dire la fin de la synthèse d'un polypeptide.

C - Mécanisme de la transcription

Le document 23 ci-dessous est un schéma montrant le mécanisme de la **transcription**.



23. Mécanisme de la transcription

Expliquez ce mécanisme :

- 1- décrivez comment se fait la synthèse de l'ARN_m .
- 2- dites pourquoi cette synthèse constitue une transcription de l'information génétique.

D - Mécanisme de la traduction

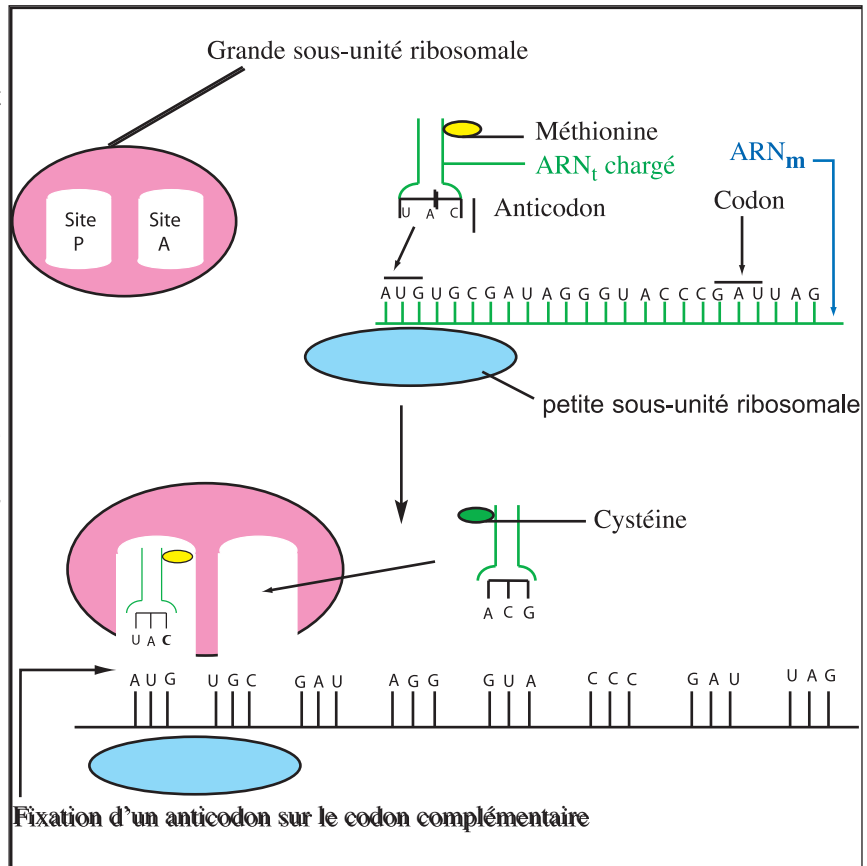
Après la transcription, l'ARN_m synthétisé quitte le noyau et arrive dans le cytoplasme où a lieu la traduction.

On peut distinguer, dans la traduction, trois phases :

a) Phase d'initiation :

(document 24 ci-contre)

La lecture du premier codon (AUG) sur l'ARN_m par le ribosome permet la mise en place de l'acide aminé correspondant : la **méthionine**.

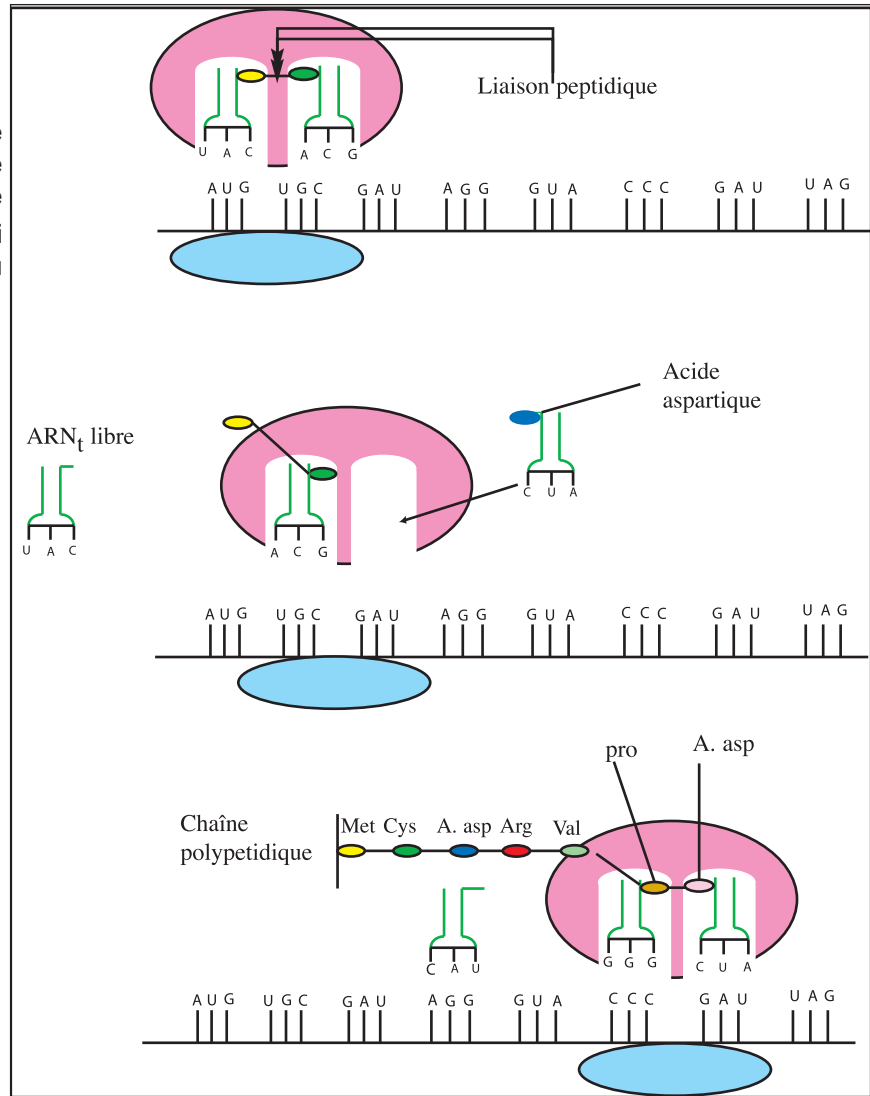


24. Phase d'initiation

b) Phase d'élongation :

(document 25 ci- contre)

Elle correspond à la lecture des autres codons de l'ARN_m et à la mise en place d'acides aminés ce qui conduit à l'élongation du polypeptide.

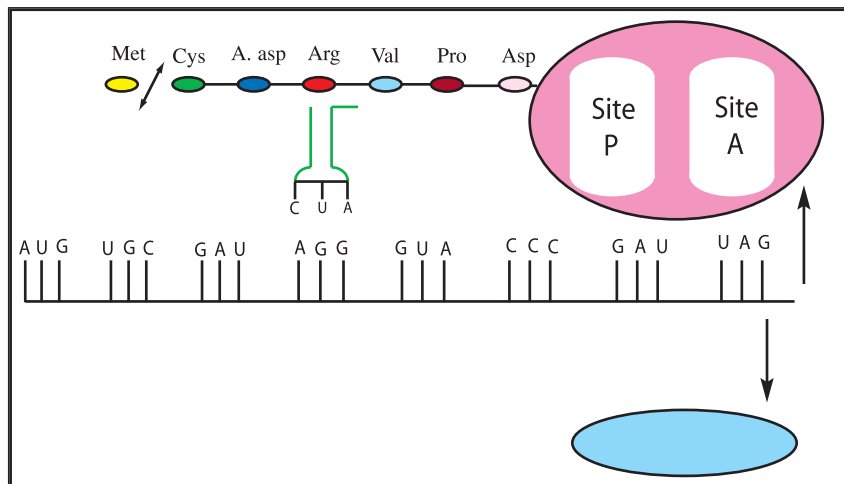


25. Phase d'élongation

c) Phase de terminaison :

(document 26 ci- contre)

Elle correspond à la lecture d'un codon stop de l'ARN_m et à l'arrêt de la traduction.



26. Phase de terminaison

Décrivez par écrit les différents évènements qui se produisent à chaque phase.

1 De l'information génétique au phénotype

Le phénotype est l'expression du génotype qui est une information génétique constituée par une séquence de triplets de bases dans l'ADN chromosomique.

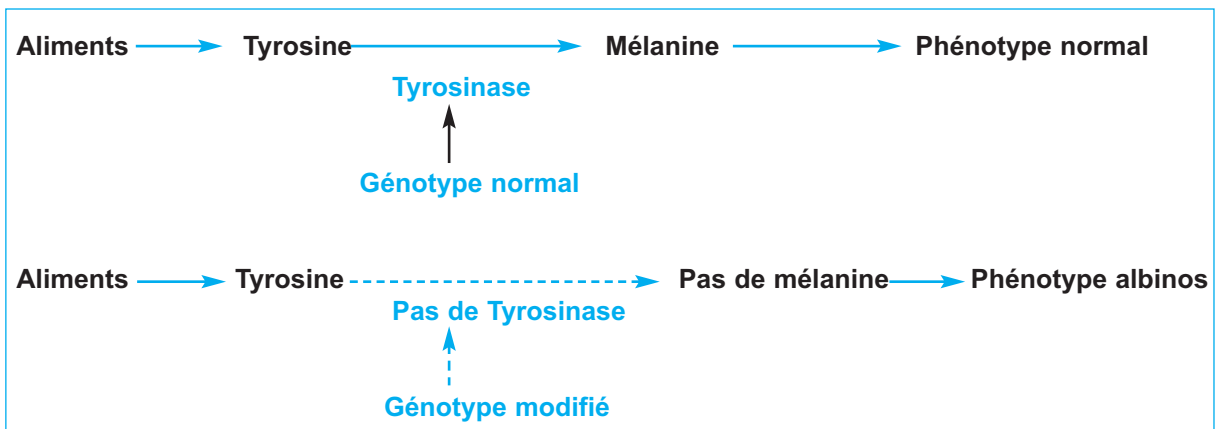
Le mécanisme de la détermination du phénotype par le génotype correspondant peut être expliqué à l'aide des exemples suivants :

a) Chez l'Homme, le phénotype normal «peau pigmentée» est déterminé par une information génétique ou génotype qui contrôle la production, par les mélanocytes, d'un pigment : la mélanine. La synthèse de la mélanine se fait à partir d'un acide aminé : la tyrosine en présence d'une enzyme la tyrosinase.



Le phénotype albinos (peau dépigmentée) est déterminé par un génotype qui ne contrôle pas la production de la mélanine par les mélanocytes. Ce défaut résulte de l'incapacité des mélanocytes à produire l'enzyme Tyrosinase.

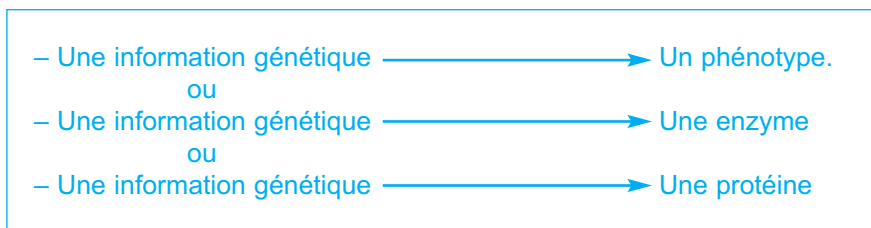
Cet exemple montre que le phénotype "peau pigmentée" et le phénotype "peau albinos" dépendent de la capacité ou de l'incapacité de l'information génétique à produire l'enzyme Tyrosinase.



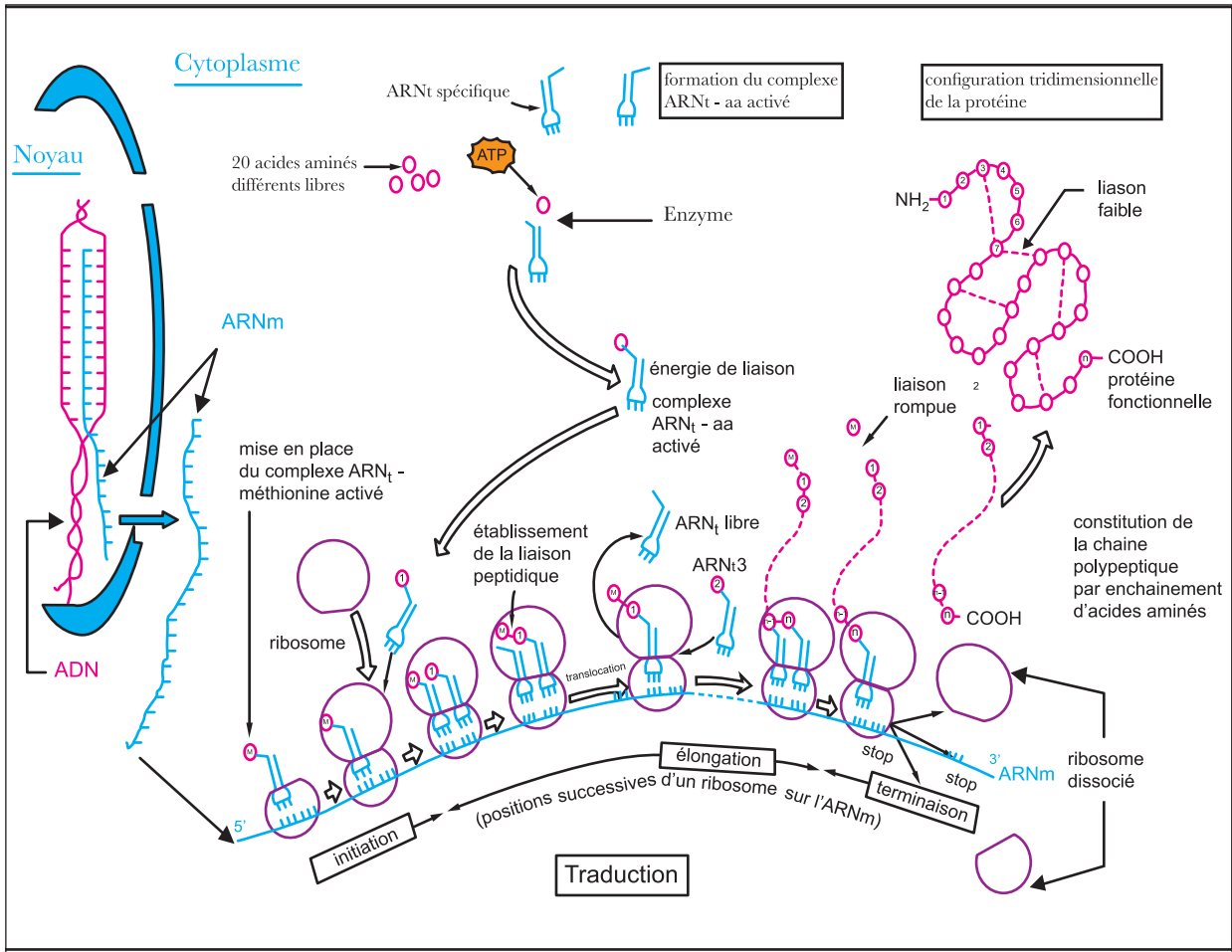
L'étude de l'exemple précédent sur la couleur de la peau montre que l'information génétique ou génotype détermine le phénotype correspondant grâce à la synthèse d'une enzyme, c'est à dire d'une protéine, qui active une réaction biochimique.

b) Dans l'exemple de l'ovalbumine, l'information génétique dans les cellules des oviductes de la poule contrôle la synthèse de cette protéine par ces cellules. L'excrétion de l'ovalbumine en dehors des cellules permet d'envelopper le jaune d'œuf et de participer ainsi à la réalisation d'un phénotype de l'œuf : sa structure.

On peut donc formuler les correspondances suivantes :



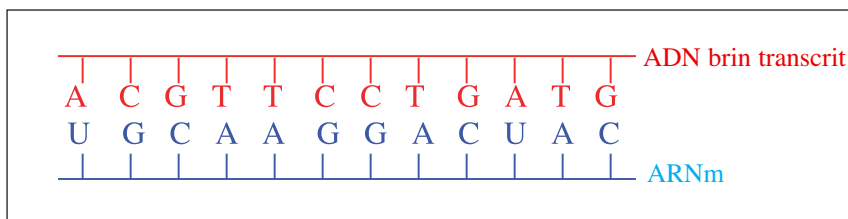
2 La synthèse protéique, expression de l'information génétique



27. Schéma des étapes de la synthèse protéique

A - 1^{ère} étape : La transcription

À partir de molécules libres dans le nucléoplasme, et en présence d'une enzyme l'ARN polymérase, il y a synthèse de l'ARNm au contact d'un brin de la molécule d'ADN (brin codant). Au cours de cette synthèse, il y a transcription des triplets de bases de l'ADN sous forme de codons (3 bases) de l'ARNm selon le principe de la complémentarité des bases.



B - 2^{ème} étape : La traduction

Dans le cytoplasme, la traduction de l'information génétique constituée par les différents codons de l'ARNm aboutit à la synthèse d'un polypeptide.

La traduction implique de nombreux acteurs : **ARNm**, **ribosomes**, **ARNt**, **ATP**, **enzymes**, et comporte 3 phases :

a) phase d'initiation :

C'est le début de la traduction :

- Une petite sous unité ribosomale prend place sur l'ARNm au niveau du codon d'initiation (AUG).
- Il y a lecture de ce codon par le ribosome ce qui entraîne l'appel d'un ARNt à anticodon complémentaire, et porteur d'un acide aminé : la **méthionine**.
- Cet ARNt se fixe sur le site P du ribosome.
- La grande sous unité ribosomale s'associe à la petite sous unité au niveau de l'ARNm.

b) phase d'élongation :

- La lecture du 2^{ème} codon de l'ARNm fait venir un 2^{ème} ARNt à anticodon complémentaire et porteur d'un 2^{ème} acide aminé bien déterminé par le code génétique.
- Fixation de cet ARNt sur le site A.
- Une liaison peptidique s'établit entre le 1^{er} et le 2^{ème} acide aminé.
- Le 1^{er} ARNt est libéré dans le cytoplasme.
- Le ribosome se déplace alors sur l'ARNm au niveau d'un 3^{ème} codon.
- La lecture de l'ARNm recommence : il y a appel d'un 3^{ème} ARNt et mise en place d'un 3^{ème} acide aminé. Le polypeptide à 3 acides aminés ainsi formé peut continuer à s'allonger par la mise en place d'autres acides aminés grâce à la répétition des mêmes événements :
 - * association codon-anticodon
 - * formation de liaison peptidique entre deux acides aminés par l'utilisation de l'énergie
 - * translocation

Anticodon

triplet de bases de l'ARNt complémentaires à un codon de l'ARNm.

Translocation

déplacement du ribosome sur l'ARNm, d'un codon à l'autre.

c) phase de terminaison :

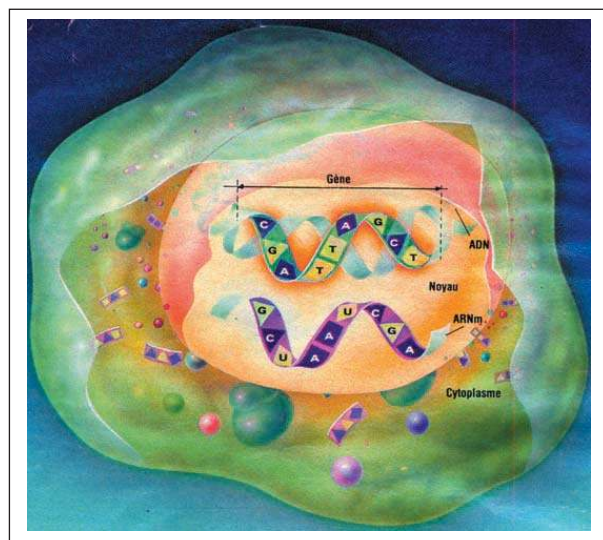
- C'est la fin de la traduction qui se produit lorsque le ribosome passe par un codon stop. Il y a dissociation des deux sous-unités ribosomales et libération du polypeptide dans le cytoplasme.

3 Un gène, une protéine

On appelle gène, la séquence de triplets de bases de l'ADN qui est transcrite en codon d'ARNm et qui détermine la synthèse d'une protéine. On dit que le **gène est une unité de fonction**.

La protéine synthétisée est soit :

- Une **protéine de structure** : entrant dans la constitution des cellules.
- Une **protéine de fonction** : enzymes et hormones impliquées dans le métabolisme de la cellule.



28. Un gène, contrôle la synthèse d'une protéine

E

xercices

EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponse(s) exacte(s). Repérez les affirmations correctes.

1- L'ARN :

- a- est un polynucléotide.
- b- est le support de l'information génétique.
- c- est une molécule monocaténaire (un seul brin).
- d- comporte des nucléotides à cytosine, à guanine, à thymine et à uracile.

2- Un codon est un triplet de :

- a- l'ADN.
- b- l'ARN_r.
- c- l'ARN_t.
- d- l'ARN_m.

3- La transcription :

- a- se déroule dans le noyau.
- b- se déroule dans le cytoplasme.
- c- permet la synthèse de plusieurs types d'ARN_m.
- d- permet la synthèse d'une copie conforme de l'ADN.

4- La traduction :

- a- a lieu dans le noyau.
- b- nécessite de l'énergie.
- c- a lieu dans le cytoplasme au niveau des ribosomes.
- d- commence toujours au niveau du codon initiateur UAA.

5- L'ARN_m :

- a- est dissocié après la traduction.
- b- détermine la synthèse des enzymes.
- c- présente une séquence d'anticodons.
- d- est l'acide désoxyribonucléique messenger.

6- Les substances suivantes sont des acides aminés :

- a- tyrosine.
- b- tyrosinase.
- c- phénylalanine.
- d- acide phénylcétonurique.
- e- phénylalanine hydroxylase.

7- L'albinisme :

- a- est un caractère héréditaire.
- b- résulte de l'absence de mélanine.
- c- résulte de l'absence de la tyrosine.
- d- résulte de l'absence de mélanocytes.
- e- résulte de l'absence de la phénylalanine hydroxylase.

8- La déficience intellectuelle liée à la phénylcétonurie :

- a- est un caractère héréditaire.
- b- résulte de l'absence de la tyrosinase.
- c- résulte de l'absence de la phénylalanine hydroxylase.
- d- résulte d'une grande consommation de l'acide phénylcétonurique.
- e- résulte de l'accumulation de l'acide phénylcétonurique dans le tissu nerveux.

EXERCICE 2

Soit la séquence de bases de l'ARNm impliquée dans la synthèse d'un polypeptide :

A U G C A A G A A U C C C A C A G C A A A C C A G G A A U U U G G U A A G C A U U A G G G C C A U

- 1- Ecrivez la séquence de l'ADN transcrit.
- 2- Représentez la séquence d'acides aminés du polypeptide correspondant.

EXERCICE 3

L'insuline est un polypeptide synthétisé par les cellules β des îlots de Langerhans chez tous les mammifères.

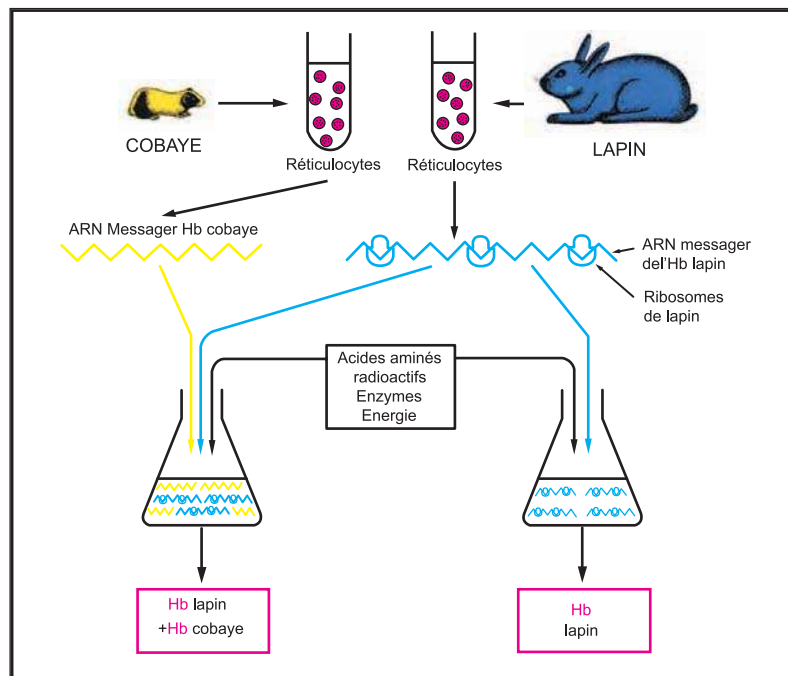
L'insuline humaine est formée de deux chaînes A et B comprenant respectivement 21 et 30 acides aminés. Le document suivant représente la séquence d'acides aminés de la chaîne B.

Phe-Val-Asn-Gln-His-Leu-Cys-Gly-Ser-His-Leu-Val-Glu-Ala-Leu-Tyr-Leu-Val-Cys-Gly-Glu-Arg-Gly-Phe-Phe-Tyr-Thr-Pro-Lys-Thr.

A l'aide du code génétique, retrouvez la séquence en nucléotides du fragment du gène portant l'information génétique pour la synthèse de la chaîne B de l'insuline chez l'Homme.

EXERCICE 4

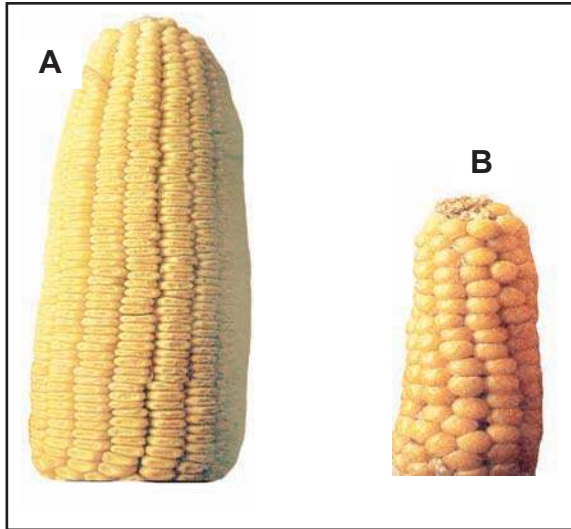
Le document suivant présente une expérience qui montre la biosynthèse in vitro de l'Hémoglobine.



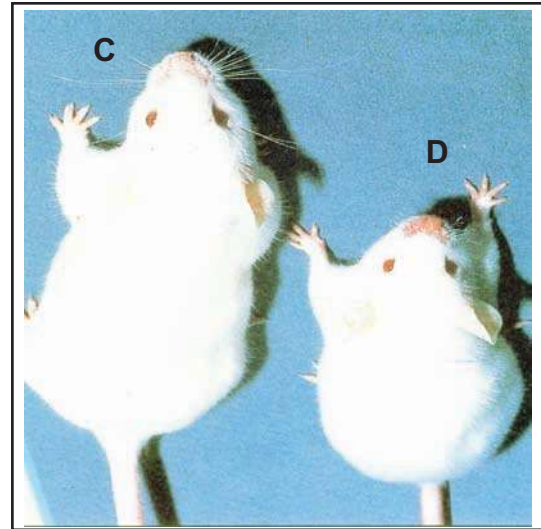
A partir de l'analyse des données de cette expérience :

- 1- Préciser pourquoi la synthèse de l'Hémoglobine in vitro est-elle qualifiée de biosynthèse.
- 2- Distinguer parmi les acteurs impliqués dans la biosynthèse de l'Hémoglobine :
 - ceux qui interviennent de façon spécifique dans la biosynthèse de chacun des deux types d'Hémoglobine.
 - ceux qui interviennent de façon non spécifique pour les deux types d'Hémoglobine.

Chapitre 3 :

L'INFORMATION GÉNÉTIQUE :
SES MANIPULATIONS EN GÉNIE GÉNÉTIQUE

A- Épi de maïs transgénique (qui a reçu un gène étranger) d'un épi de maïs naturel



C. une souris géante transgénique qui a reçu le gène de l'hormone de croissance de l'Homme
D. une souris normale à droite,

Le **génie génétique** est un ensemble de techniques permettant la **manipulation des gènes** et leur transfert dans de nouveaux organismes animaux, végétaux ou microorganismes. Les organismes ainsi traités sont appelés organismes génétiquement modifiés ou **OGM** ou encore **organismes transgéniques**. En modifiant le matériel héréditaire des êtres vivants, le génie génétique permet de produire des organismes mieux adaptés aux besoins humains : des colibacilles capables de synthétiser de l'ovalbumine, de l'insuline ou de l'hormone de croissance, des animaux et des végétaux transgéniques plus productifs.

- **Génie** : techniques, ingénierie.
- **Génétique** : relatifs aux gènes
- **Génie génétique** : techniques de manipulation des gènes.

OBJECTIFS

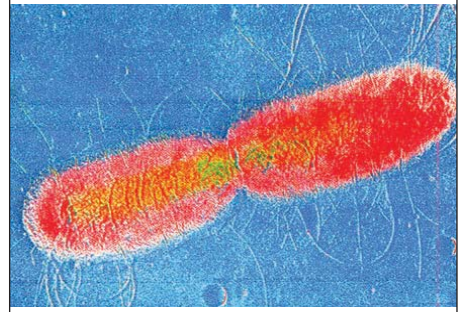
L'élève sera capable :

- ❖ **d'identifier** les objectifs du génie génétique.
- ❖ **de décrire** les techniques du génie génétique.
- ❖ **d'identifier** les outils du génie génétique.

SITUATION PROBLÈME

1 Un colibacille qui «pond de l'ovalbumine» !

En 1975 une équipe de chercheurs français en génétique a réussi l'introduction, dans des Colibacilles, du gène qui contrôle la synthèse de l'ovalbumine par les cellules de l'oviducte de poule. Les bactéries ainsi transformées sont devenues capables de synthétiser cette protéine. On a constaté, également que le nouveau caractère acquis est transmis dans toutes les bactéries issues de la division des cellules transformées.



3. Colibacille en division

2 Des colibacilles et des levures qui produisent des hormones !

Depuis 1979, deux hormones de nature protidique : l'insuline et l'hormone de croissance humaine sont synthétisées par génie génétique grâce à des colibacilles et des cellules de levure reprogrammés génétiquement par l'introduction des gènes humains qui contrôlent la synthèse de ces deux hormones.

3 Une plante qui tue les insectes !

En 1987, deux équipes de recherche belge et américaine ont réussi l'introduction dans le génome de plante de Tabac du gène codant pour la synthèse d'une protéine toxique pour les insectes. Ce gène est isolé d'une bactérie *Bacillus Thuringiensis* utilisée en agriculture biologique pour remplacer les pesticides. Les plantes transgéniques ainsi obtenues résistent aux insectes et provoquent leur mort.



4a.

4b.

4a. plante de tabac naturelle ravagée par les larves d'insectes.

4b. plante de tabac transgénique résistante à ces larves.

4. Plantes de Tabac

- 1- Quelles sont les principales applications dans les domaines médical et agronomique du génie génétique ?
- 2- Quelles sont les étapes nécessaires pour obtenir un microorganisme ou un organisme transgénique ?
- 3- Quelles sont les techniques du génie génétique ?
- 4- Quels sont les outils utilisés en génie génétique ?

P RÉACQUIS

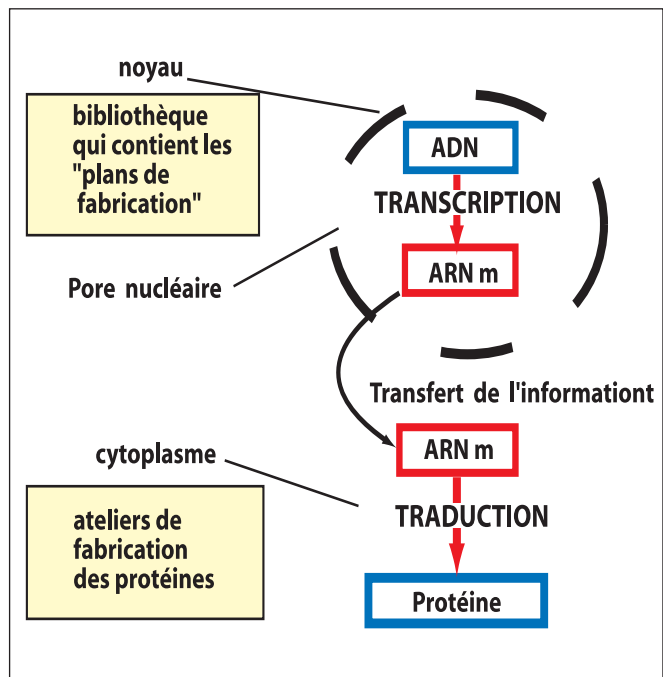
1 Rappels

- Chaque individu animal ou végétal présente un ensemble de **caractères héréditaires** qui sont transmis des parents aux descendants.
- Un caractère héréditaire se manifeste par deux ou plusieurs **phénotypes** (couleur des yeux, couleur de la fleur...).
- Un caractère héréditaire est déterminé par une **information génétique** localisée sur un **chromosome**, au niveau de l'ADN.
- L'information génétique est une **séquence de nucléotides** (ou de bases) dans la molécule d'ADN ; on parle de **gènes**.
- Les **gènes s'expriment** par les **phénotypes correspondants en déterminant la synthèse de protéines** bien déterminées permettant la réalisation de tels phénotypes (exemple de l'ovalbumine, de l'albinisme : chapitre 3).
- Au cours de la mitose, une cellule mère donne 2 cellules filles identiques. **Cette reproduction conforme** s'explique par la **réplication de l'ADN** pendant l'**interphase**.

2

Le document 5 représente les étapes de l'expression d'un gène chez une cellule eucaryote.

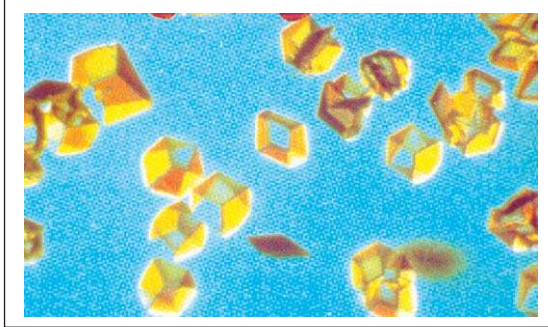
- 1- Rappelez les étapes de l'expression de l'information génétique.
- 2- Dites pourquoi qualifie-t-on le noyau de bibliothèque qui contient les "plans de fabrication des protéines et le cytoplasme d'ateliers de leur fabrication.
- 3- Nommez les différents acteurs moléculaires impliqués dans la traduction de l'information génétique et indiquez leur rôles.



5. Les étapes de l'expression d'un gène

Activités

1 Quel est l'intérêt du génie génétique ?



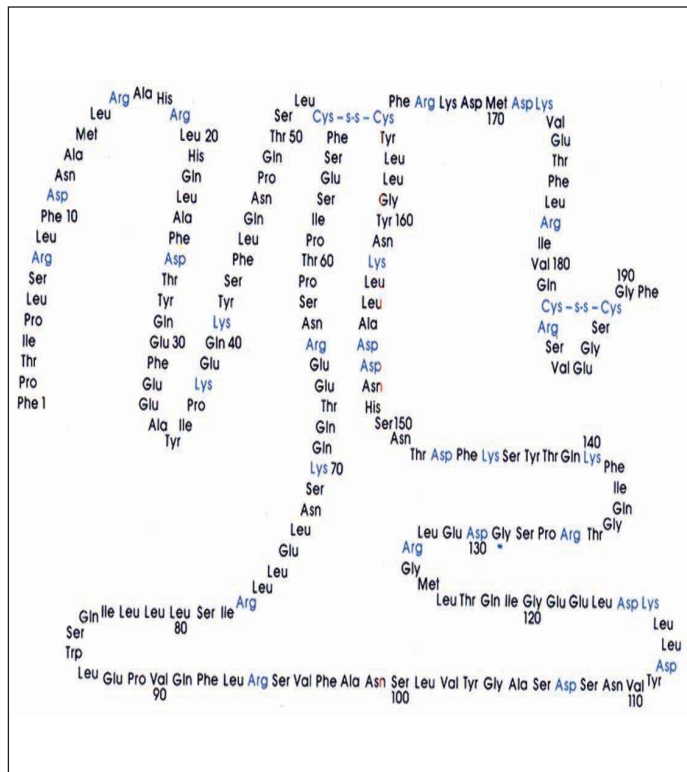
6. Cristaux d'insuline produite par génie génétique



7. La déficience en hormone de croissance cause le nanisme chez l'Homme

1- Chez l'organisme normal, l'hypophyse sécrète l'hormone de croissance. Chez certaines personnes, cette production est insuffisante ou absente ce qui provoque un arrêt de la croissance et conduit à des personnes naines. Pour remédier au nanisme, on traite les jeunes atteints d'insuffisance d'hormones de croissance par des injections régulières d'hormones extraites d'hypophyse de cadavres humaines (les hormones animales sont inefficaces). Mais ces extraits hormonaux ne sont pas toujours suffisamment purifiés : les extraits d'hormones de croissance peuvent parfois être contaminés par des virus pathogènes. Grâce au **génie génétique**, la production de **l'hormone de croissance humaine** se fait par des bactéries : **des colibacilles transgéniques**.

Les diabétiques insulino-dépendants doivent être traité à vie par des injections régulières d'insuline. Cette hormone est extraite du pancréas de porc ou de bœuf. Depuis 1979 **l'insuline humaine** est produite grâce au génie génétique par des bactéries : **des colibacilles**. Actuellement le génie génétique permet la production de **protéines thérapeutiques**. Quatre protéines médicamenteuses sont commercialisées depuis quelques dizaines d'années : l'insuline, l'hormone de croissance, l'interféron et une protéine vaccinnante de l'hépatite B.



8. Séquence de la molécule de l'hormone de croissance

2- En 1986 la levure de bière, *Sacharomycès cervisiae* a été utilisée, grâce à l'introduction de gènes étrangers, pour la production de protéines déterminées par ces gènes et en particulier la synthèse de protéines de surface du **virus de l'hépatite B** qui est une maladie grave du foie. Ces protéines sont utilisées par la suite pour produire des **vaccins contre l'hépatite B**.

3- En 1990, on a pu **corriger un déficit immunitaire** sévère chez une fillette de 4 ans qui doit être isolée dans une enceinte stérile « bulle » pour éviter des infections microbiennes qui peuvent être mortelles. Ce déficit immunitaire est lié à l'incapacité de produire une enzyme : l'adénosine désaminase "ADA". Cette enzyme est normalement codée par un gène qui est absent ou modifié chez cette malade. En 1990, on a cultivé des lymphocytes (cellules de défense de l'organisme) prélevés chez la fillette malade. On a **introduit** ensuite le **gène normal dans les lymphocytes** en culture qui sont par la suite réinjectés à la malade. Cette opération, appelée « **THÉRAPIE GÉNÉTIQUE** » a permis de corriger le déficit enzymatique et d'améliorer les défenses immunitaires de la personne malade.

4- Des chercheurs japonais ont réussi à **produire l'interféron** par les glandes séricigène du **vers à soie transgéniques** qui ont reçu dans leur génome le gène humain responsable de la synthèse de l'interféron.

5- En 1986 des chercheurs américains ont réussi la **transformation de cellules de levure** en leur introduisant **trois gènes étrangers** leur permettant **l'utilisation du lactose**. La souche ainsi obtenue est devenue capable de produire de l'alcool à partir du lactose alors que la souche sauvage (naturelle) ne produit de l'alcool qu'à partir de sucres simples (glucose, fructose ..). Cette souche transgénique pourrait être utile dans l'utilisation du petit lait qui est un produit polluant rejeté par les laiteries et qui est riche en lactose.

6- Des chercheurs américains ont réussi la **transformation de cellules de levure** par l'introduction du **gène codant pour la synthèse de la présure**, une protéase sécrétée par les cellules de l'estomac de veau et assurant la coagulation du lait. Les cellules de levure transformées ont acquis le caractère de la synthèse de la présure, ce caractère acquis est devenu héréditaire.

7- La **thaumatine** est une protéine présente dans les fruits d'une plante originaire de l'Afrique équatoriale (*Thaumatococcus Danielli*). Cette substance est l'une des substances les plus sucrantes : **2000 fois** le pouvoir sucrant d'une solution de saccharose à 10%. La Thaumatine est utilisée comme **additif alimentaire non calorique** pour la production de boissons sans sucre. Comme la plante indiquée ne peut être cultivée que dans son climat original, des chercheurs hollandais ont pu produire la Thaumatine par génie génétique. Ils ont isolé le gène responsable de la synthèse de cette protéine et l'on inséré dans l'ADN de cellules de levure. Ces cellules transformées se sont révélées capables de synthétiser la Thaumatine parfaitement identique à celle produite par la plante.

8 - En 1987 une équipe de chercheurs belge a pu introduire dans le génome de plants de tomate, de tabac, de pomme de terre, le gène de résistance à un herbicide appelé « BASTA ». Les plants OGM ainsi obtenu résistent à un traitement dix fois plus concentré que la teneur utilisée en traitement agricole. Ces plants synthétisent une enzyme qui dégrade l'herbicide.

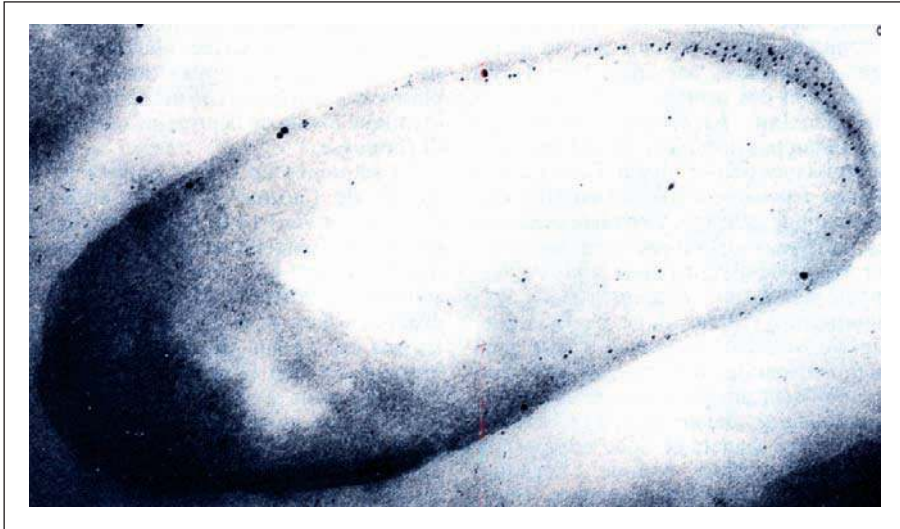
9 - Projet européen de génie génétique :

Le projet consiste à insérer dans le génome d'animaux d'élevage le gène responsable d'une enzyme "la $\Delta 12$ désaturase" qui permet d'augmenter la production de lipides polyinsaturés. Ce gène existe naturellement dans les cellules de levure. Les animaux OGM ainsi produits donneront une viande plus saine que les animaux naturels. En effet chez ces derniers la viande contient des graisses riches en acides gras saturés responsables du cholestérol (LDL).

- 1- Dégagez l'intérêt du génie génétique dans les domaines agroalimentaire et médical.**
- 2- Expliquez la relation entre la manipulation génétique des microorganismes (bactéries et levures) ou des organismes et l'acquisition de nouveaux caractères par ces cellules et ces organismes.**
- 3- Imaginez des manipulations génétiques permettant de faire produire des substances utiles par "des microorganismes" ou d'améliorer des plantes et des animaux.**
- 4- Certains scientifiques mettent en garde contre les risques possibles de l'utilisation des OGM, notamment en agriculture. En vous appuyant sur l'exemple des plantes transgéniques résistantes aux insectes et aux pesticides, cherchez en quoi consistent les risques de la culture de ces plantes.**

2

Des colibacilles qui synthétisent l'hormone de croissance : Techniques et outils du génie génétique



9. Colibacille qui sécrète l'hormone de croissance (points noirs périphériques)

A - Résumé de la manipulation génétique

En 1979, trois équipes de recherche en génie génétique formées d'américains et de français ont réussi à insérer le **gène de l'hormone de croissance humaine dans l'ADN de colibacilles**.

Ils ont prélevé l'**ARN_m** correspondant à la synthèse de cette hormone à partir de cellules de l'hypophyse humaine. A partir de cet **ARN_m** ils ont pu obtenir la synthèse d'une copie de l'ADN du gène de l'hormone de croissance. Cette copie du gène ou **ADN_c** a été greffée dans l'ADN de colibacille. Les bactéries transformées sont cultivées pour activer leur **multiplication**. Les gènes étrangers s'expriment dans les cellules hôtes par la **synthèse de la protéine** qui est l'hormone de croissance humaine. Mais les colibacilles ne sont pas des cellules **sécrétrices** comme les cellules hypophysaires. C'est pourquoi, on utilise une technique particulière pour expulser l'hormone de croissance synthétisée en dehors des cellules cultivées.

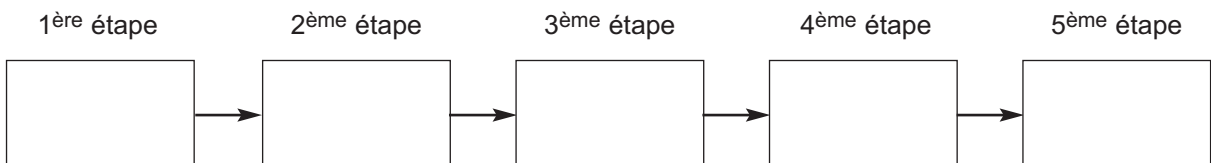
- 1- Indiquez comment on peut obtenir le gène de l'hormone de croissance ?
- 2- Précisez les différentes étapes du génie génétique qui ont permis de reprogrammer génétiquement des colibacilles et de récolter l'hormone de croissance à partir de ces bactéries transformées.

B - Les principales étapes de la production d'une protéine humaine par un colibacille :

La production de l'insuline ou de l'hormone de croissance humaine par des colibacilles génétiquement modifiés comporte cinq étapes qui sont indiquées ci-dessous mais en désordre.

- A** - Introduire le gène codant dans le génome (ou l'ADN) de colibacille.
- B** - Faire exprimer le gène dans la cellule hôte transformée et récolter la protéine synthétisée.
- C** - Obtenir in vitro le gène impliqué dans la synthèse de la protéine visée : c'est le gène codant.
- D** - Cloner des colibacilles transformés ce qui correspond au clonage du gène
- E** - Repérer les colibacilles transformés portant le gène étranger.

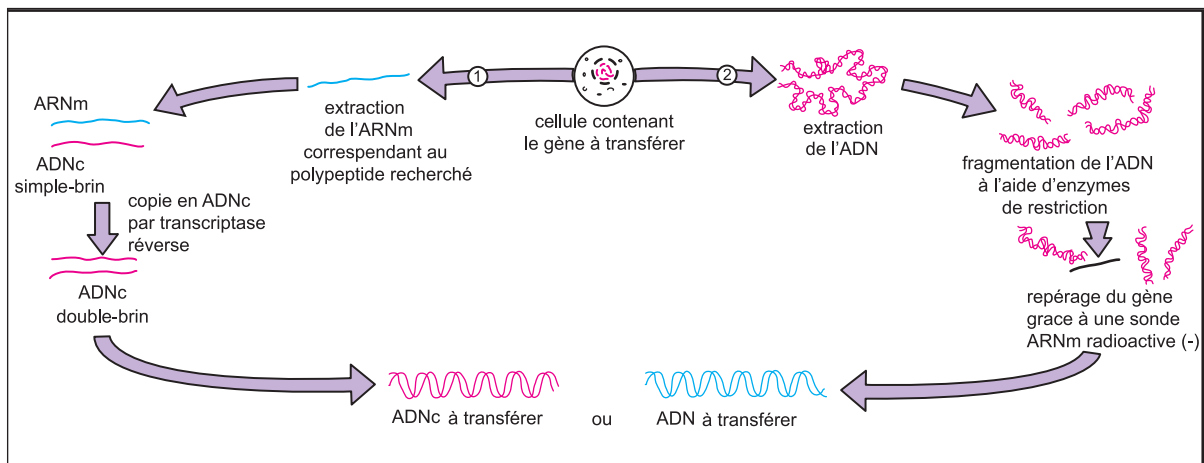
- Reproduisez le schéma ci-dessous.
- Déterminez l'ordre chronologique des étapes du génie génétique.
- Ecrivez dans le rectangle correspondant à chaque étape la lettre qui convient.



C - Quelles sont les techniques utilisées en génie génétique ?

a) Comment obtenir le gène codant pour une protéine ?

– Le document suivant présente les techniques utilisées pour identifier et isoler un gène in vitro.

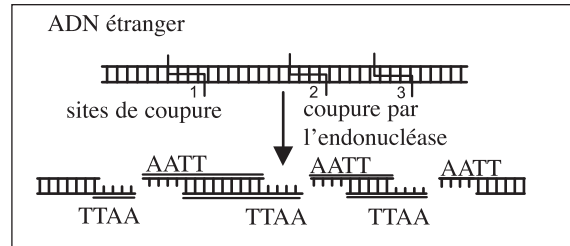


10. Comment isoler et identifier un gène ?

- 1-** Décrivez les deux techniques utilisées pour obtenir le gène.
- 2-** Nommez les outils utilisés dans cette étape.

– Quels sont les outils utilisés ?

Enzyme de restriction : enzyme d'origine bactérienne qui permet de couper l'ADN au niveau des certaines séquences bien définies. On connaît aujourd'hui 500 enzymes de restriction différentes. Grâce à ces enzymes un chromosome est découpé en 200 000 à 1 million de fragments d'ADN double brins.

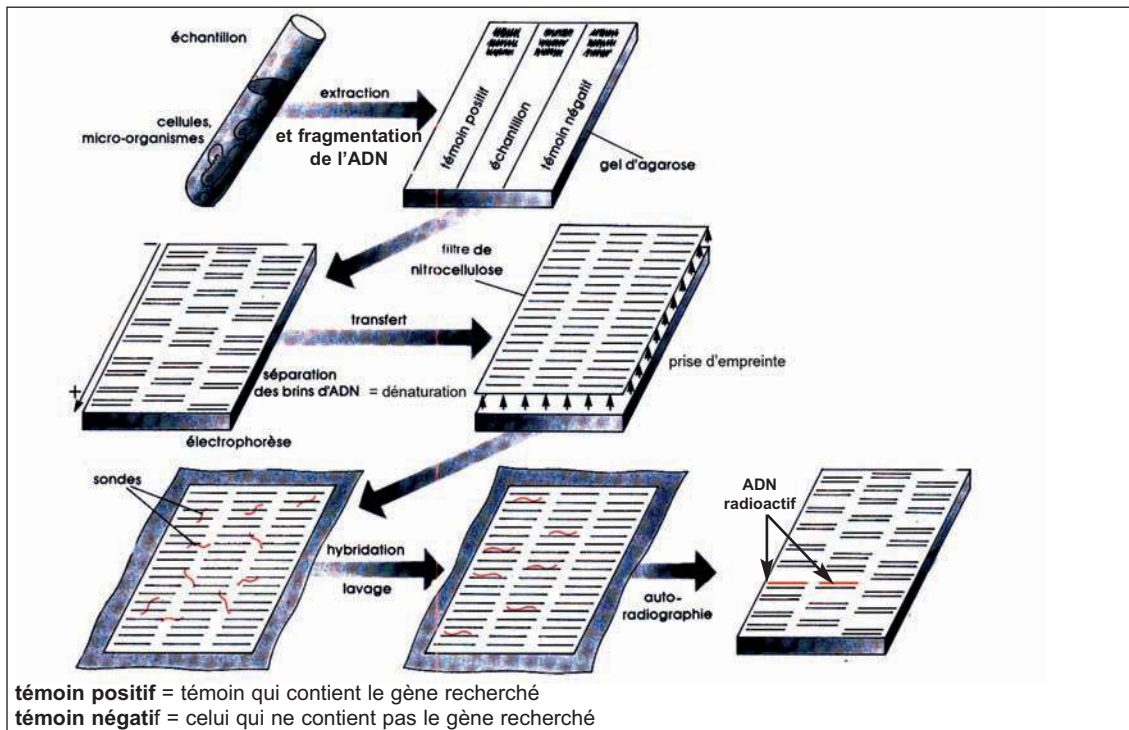


11. Action d'une enzyme de restriction

Transcriptase reverse : enzyme d'origine virale qui permet d'obtenir un brin d'ADN à partir d'un brin d'ARN_m.

La sonde moléculaire radioactive : séquence de nucléotides permettant, après marquage radioactif d'un atome qui entre dans la composition des nucléotides de repérer dans l'ADN une séquence de nucléotides complémentaire avec laquelle elle s'hybride (document 12).

– Comment utiliser une sonde radioactive pour repérer un gène ?



12. Identification d'un gène par utilisation de sonde radioactive

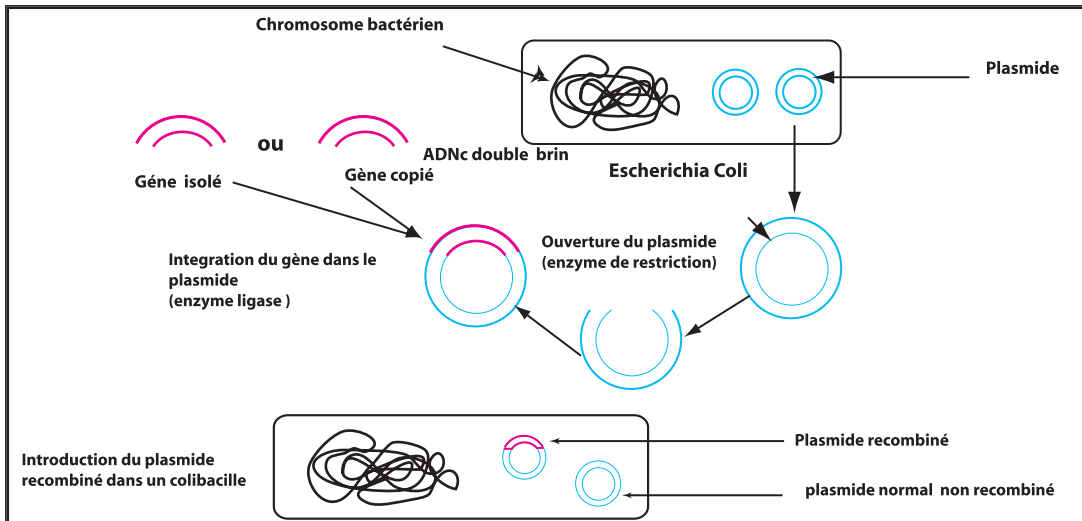
- L'ADN extrait d'un échantillon de cellules est **fragmenté** par des **enzymes de restriction**.
- Les fragments d'ADN sont **séparés**, par **électrophorèse** : ces fragments migrent différemment, dans un champ électrique.
- Les fragments d'ADN séparés sont incubés sur un filtre de nitrocellulose en présence de **sonde radioactive**, c'est-à-dire en présence d'**ADN radioactif complémentaire à l'ADN du gène recherché**.
- L'ADN de la sonde va **s'hybrider** (se fixer) selon le principe de la **complémentarité de bases** avec l'ADN du gène recherché.
- L'auto-radiographie permet de repérer l'ADN radioactif hybridé, donc de repérer le gène recherché. L'utilisation de la sonde, dans ce cas, est comparée à la pêche à l'hameçon.

Discutez cette comparaison.

b) Comment greffer un gène étranger dans le génome de colibacille ?

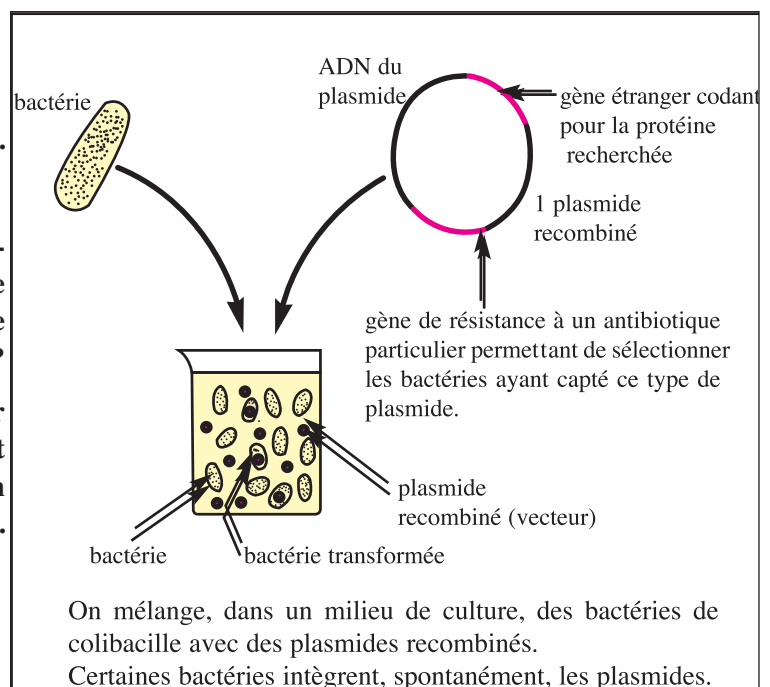
– Les techniques utilisées

Le document 13 suivant représente des techniques utilisées pour greffer un gène étranger dans un plasmide. Le document 14 montre la technique d'introduction des plasmides recombinés dans des bactéries.



13. Construction d'un plasmide recombiné

- 1- Décrivez les techniques utilisées.
- 2- Nommez les outils utilisés.
- 3- Dites pourquoi l'enzyme de restriction utilisée pendant cette étape doit être la même que celle utilisée dans l'étape précédente ?
- 4- les cellules hôtes choisies pour recevoir le gène étranger sont des colibacilles. (bactéries non pathogènes de l'intestin humain). Argumentez ce choix ?



14. Introduction de plasmides recombinés dans des bactéries de colibacilles

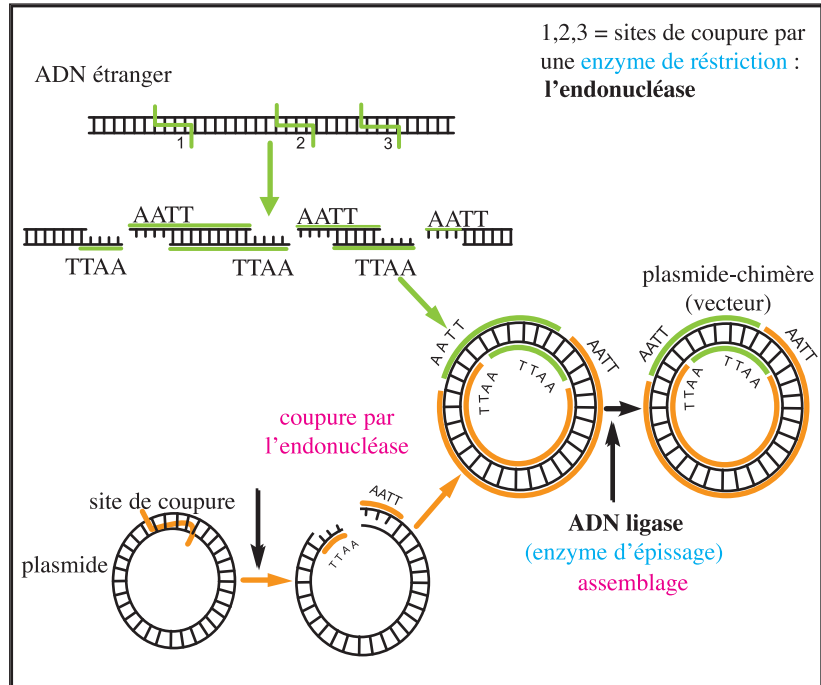
Les outils utilisés

Le document 15 ci-contre donne les principaux outils utilisés au cours de l'insertion d'un gène au niveau d'un plasmide.

Un plasmide : molécule circulaire d'ADN de petite taille dans le cytoplasme bactérien

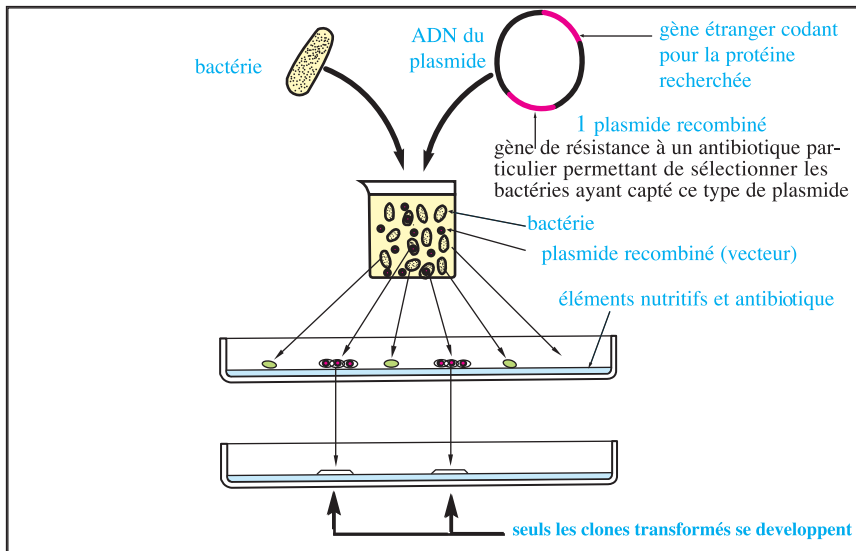
ligase : enzyme qui active la liaison entre deux molécules d'ADN.

Décrivez les techniques présentées dans ce document.



15. Mode d'action des enzymes de restriction et des enzymes ADN ligase

D - Comment repérer les colibacilles transformés ?



16. Technique d'isolement des bactéries transformées (transgéniques)

Parmi les Colibacilles cultivés, en présence de plasmides recombinés, certains intègrent ce plasmide alors que d'autres restent non transformés. Pour distinguer ces deux types de bactéries, on associe avec le gène greffé, un deuxième gène, qui permet la résistance à un antibiotique tel que la streptomycine. Les colibacilles de souche sauvage (naturels) sont sensibles à la streptomycine : elles ne se développent pas en sa présence. Le document ci-dessus présente les techniques utilisées pour repérer les colibacilles génétiquement modifiés (portant le gène étranger)

Analysez ce document.

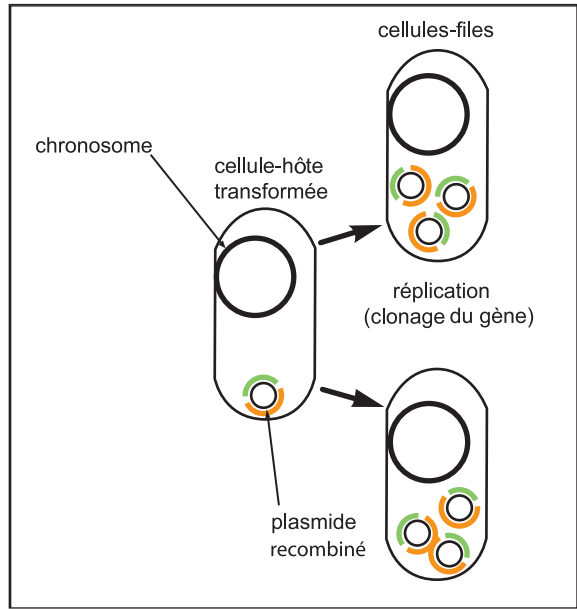
d) Comment cloner le gène greffé ?

- Culture des bactéries transgéniques

Sur un milieu nutritif, les bactéries transgéniques se multiplient par **bipartition**. Cette multiplication assure le **clonage** des bactéries ainsi que des **plasmides recombinés** qui portent le gène greffé.

- Choix de la bactérie Eshérichia Coli

Eshérichia Coli est utilisée comme cellule hôte dans laquelle on introduit l'ADN recombiné ou **vecteur**. Elle mesure environ 2µ (microns ou micromètres) et pèse 10⁻¹²g. C'est une cellule sans noyau véritable, mais possédant tous les éléments nécessaires à la synthèse des protéines, c'est-à-dire un chromosome de 1mm de long, comportant environ 4 000 gènes et de nombreux ribosomes dans le cytoplasme. Dans les conditions optimales, chaque cellule se divise en 2 toutes les 20 minutes environ.



17. La bipartition des bactéries assure le clonage des gènes greffés

Remarque : le nombre de plasmides augmente à l'intérieur de la bactérie parce que la vitesse de répllication des plasmides est supérieure à la vitesse de répllication des bactéries.

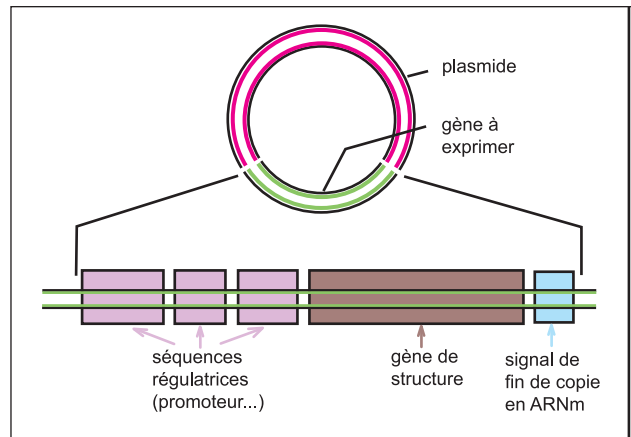
- 1- Calculez le nombre et la masse des bactéries obtenues en une journée.
- 2- Sachant que la masse de la Terre est de 6×10^{21} tonnes comparez cette masse à celle des bactéries obtenues après deux jours de division.
- 3- Déduisez une justification du choix de cette bactérie en génie génétique.

- Comment faire exprimer le gène greffé ?

Le gène inséré dans le plasmide ne peut s'exprimer chez la cellule hôte que s'il est accompagné par certains signaux indispensables à son expression. Ces signaux sont des séquences d'ADN dites séquences régulatrices.

- Une séquence appelée promoteur doit précéder le gène inséré.
- Une séquence de fin de copie en ARN_m doit lui faire suite.

Le document ci contre montre schématiquement l'ensemble de ces signaux ainsi que le gène de structure responsable de la synthèse de la protéine recherchée.

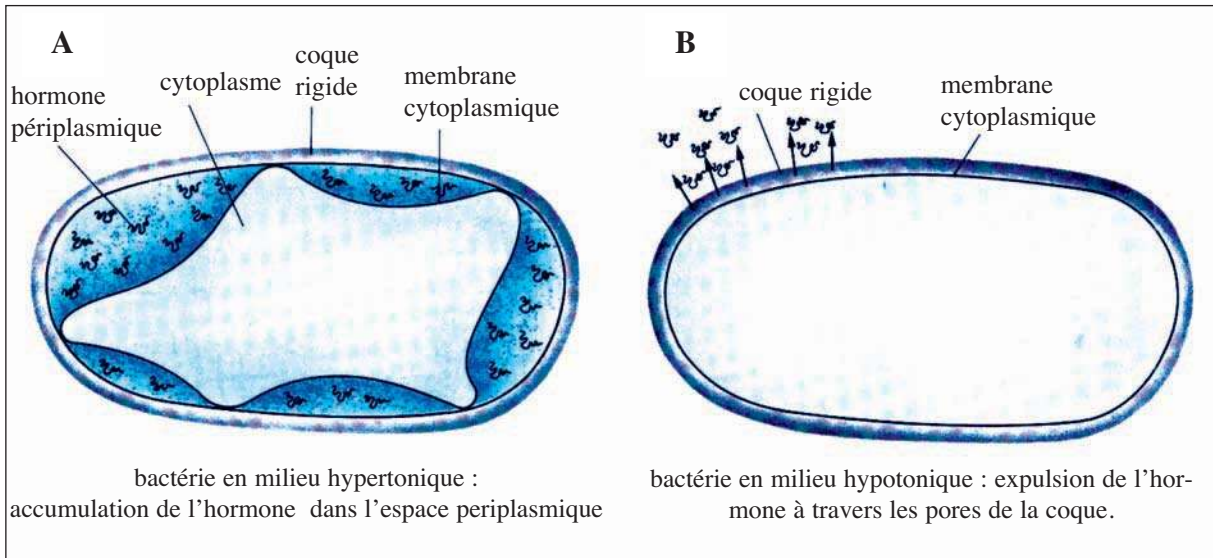


18. Le gène de structure impliqué dans la synthèse protéique est entouré par des gènes qui contrôlent sa transcription

Rappelez les étapes de l'expression du gène de structure.

Remarque : il existe actuellement des enzymes de restriction qui coupent précisément au niveau du promoteur d'un côté et du signal de fin transcription de l'autre.

e) Comment extraire la protéine synthétisée ?

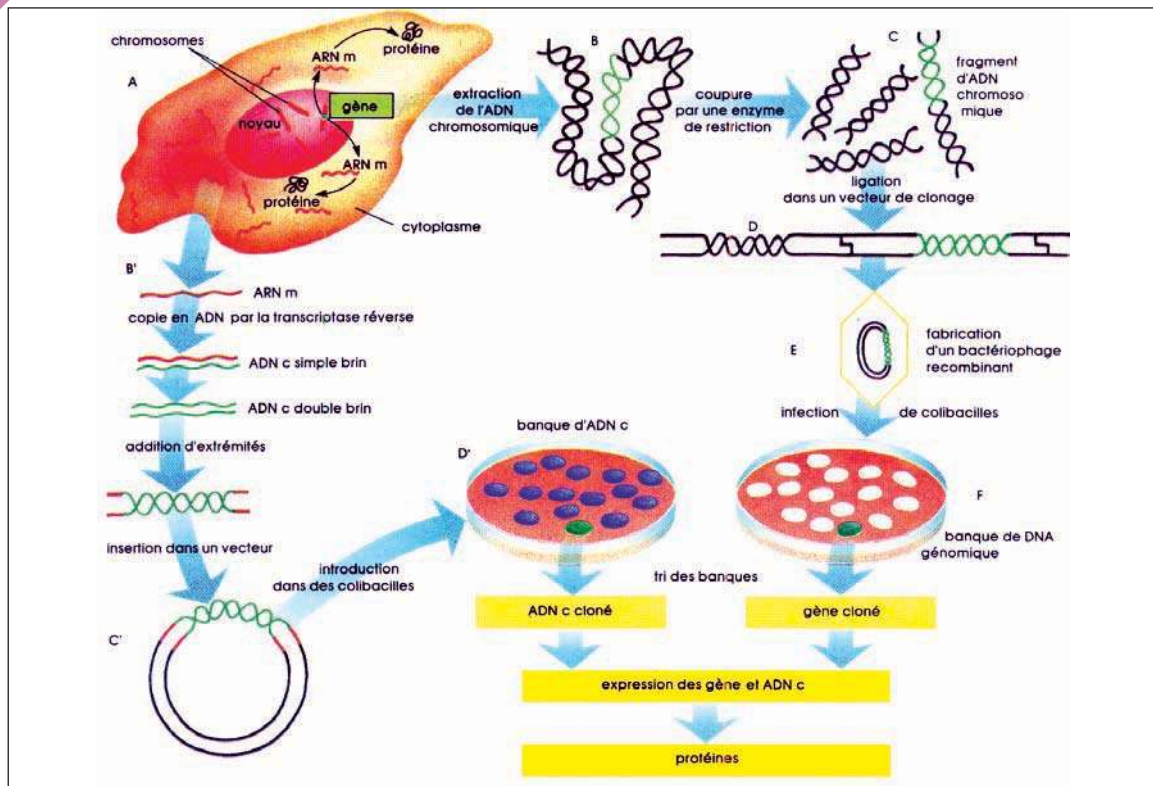


19. Extraction de la protéine synthétisée hormone de croissance par la bactérie transgénique

Les colibacilles ne sont pas des cellules sécrétrices comme les cellules pancréatiques ou hypophysaires. Pour récolter la protéine synthétisée on utilise des techniques d'extraction. Le document 19 ci dessus montre l'une des techniques utilisée pour extraction de l'hormone de croissance.

1- Décrivez la technique représentée.

2- Imaginez une autre technique permettant l'extraction de l'hormone synthétisée.



20. Etapes de la synthèse d'une protéine par génie génétique

1 Signification du génie génétique

On désigne par **génie génétique** l'ensemble des **techniques de manipulation** des gènes. Les techniques en génie génétique visent les objectifs suivants :

- Identifier le génome d'une espèce c'est-à-dire le nombre, la localisation et les rôles des différents gènes.
 - Comprendre la structure et le fonctionnement de certains gènes.
 - Produire, en quantité industrielle par des microorganismes génétiquement modifié, une substance à intérêt médical ou écologique ou agronomique comme l'insuline, l'hormone de croissance, certains vaccins et certains arômes de plantes.
 - Intervenir sur le patrimoine génétique des organismes animaux et surtout végétaux en leur insérant des gènes étrangers permettant de leur conférer un caractère nouveau comme la résistance à une maladie ou à un pesticide chez une plante.
- Les organismes génétiquement modifiés (**OGM**) appelés aussi **organismes transgéniques** divisent la communauté scientifique. Certains pensent que les OGM répondent mieux aux besoins de l'Homme sur le plan médical, agro-alimentaire et écologique.

D'autres mettent en garde contre les risques de **propagation non contrôlée des gènes manipulés** à d'autres animaux ou végétaux.

- le **génom**e humain comprend environ trois milliards de paires de bases azotées ce qui correspond à 60000 gènes.

- L'introduction du gène qui présente un intérêt est accompagné généralement par un autre gène de résistance à un antibiotique. Le passage de ce gène de l'organisme génétiquement modifié à l'animal ou à l'homme constitue une vraie menace.

- En agriculture, on introduit chez certaines espèces des gènes de résistance aux herbicides. Il existe un risque de transfert de ces gènes chez des «mauvaises» plantes qui deviendront alors résistantes aux herbicides.

- Dans le cas de consommation des OGM, le principal risque évoqué est l'allergie liée à la nature de la protéine fabriquée par le gène.

2 Les étapes de génie génétique

L'ensemble des techniques du transfert d'un gène peut être résumé en cinq étapes :

A - Obtention du gène à transférer : Pour obtenir le gène sous forme pure, on utilise deux méthodes : **soit à partir de l'ADN chromosomique**, dans ce cas l'ADN est extrait des cellules puis fragmenté grâce à des **enzymes de restriction spécifiques**. Le gène à transférer est ensuite repéré grâce à une **sonde moléculaire radioactive**.

Soit à partir de l'ARN_m qui correspond au polypeptide dont la synthèse est gouvernée par le gène recherché. Dans ce cas on synthétise une **copie de l'ADN ou ADN_c** à partir de l'ARN_m en utilisant une enzyme appelée la **transcriptase reverse** d'origine virale.

B - Introduction du gène dans une bactérie : Le **vecteur** le plus souvent utilisé est un plasmide ou de l'ADN viral. Ce **plasmide** est ouvert grâce à une **enzyme de restriction** (ciseaux moléculaire). L'insertion du gène à transférer dans le vecteur se fait grâce à une autre enzyme appelée la **ligase** (colle moléculaire). Le résultat de cette étape est l'obtention des **molécules d'ADN recombinées**.

La cellule hôte la plus utilisée pour recevoir l'ADN recombiné est une bactérie : Eschérichia Coli. Elle est choisie car elle est facile à se procurer, à cultiver et se caractérise par une multiplication rapide. Les bactéries sont placées dans un milieu de culture en présence de plasmides recombinés. Les bactéries cultivées intègrent le plasmide recombiné et se multiplient en donnant des bactéries transformées.

C - Repérage des cellules transformées : Ce repérage se fait le plus souvent en utilisant un **marqueur** qui est généralement un **gène de résistance** à un antibiotique inséré avec le **gène transféré**. En ajoutant l'antibiotique au milieu de culture, on peut alors sélectionner les bactéries transformées ayant incorporé le gène cloné grâce à la résistance à l'antibiotique.

D - Expression du gène : Les bactéries transformées sont placées dans des fermenteurs où règnent des conditions optimales pour leur multiplication. Ceci favorise l'expression du gène greffé.

Le vecteur recombiné permet à la cellule hôte d'exprimer le gène et aussi de transmettre cette propriété à sa nombreuse descendance. Cette expression n'est possible que si le gène est précédé d'un site promoteur et suivi d'un autre site qui indique la terminaison de la transcription.

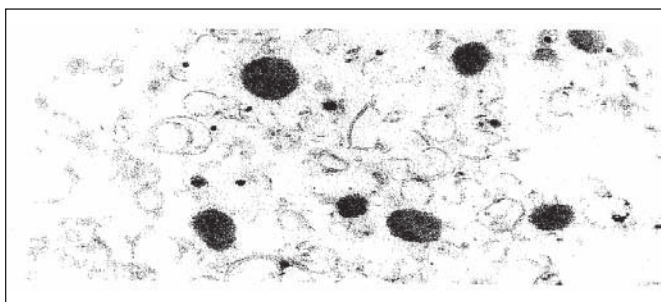
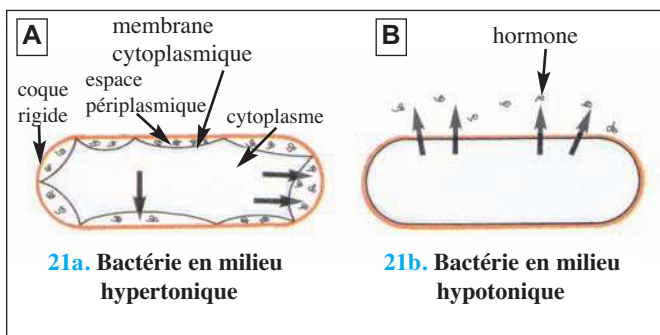
E - Extraction de la substance recherchée :

L'extraction de la protéine synthétisée par la bactérie transgénique se fait par 2 procédés :
– Soit en soumettant les cellules à un choc osmotique :

* Dans un 1^{er} temps, la plasmolyse des cellules permet le rejet de la substance recherchée en dehors du cytoplasme, entre la membrane cytoplasmique et la coque bactérienne (document 21a).

* Dans un 2^{ème} temps, la turgescence des cellules permet d'expulser la substance recherchée à l'extérieur de la cellule (document 21b).

– Soit par la lyse des cellules transgéniques (document 22). Dans ce cas, il faut isoler la protéine recherchée des débris cellulaires.



22. Lyse de cellules transgéniques pour récupérer la protéine synthétisée (représentée par les tâches)

EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmation peut comporter une ou plusieurs réponse(s) exacte(s). Repérez les affirmations correctes.

1- En génie génétique :

- a- les ligases collent les bactéries pour favoriser leur multiplication.
- b- les enzymes de restriction permettent de fragmenter l'ADN.
- c- la transcriptase reverse permet de former L'ARN copie à partir de l'ADN.
- d- l'ARN messenger ne peut pas servir comme matrice pour former l'ADN.

2- En génie génétique, l'isolement d'un gène à partir de l'ADN :

- a- nécessite des enzymes ligases.
- b- nécessite des enzymes de restriction.
- c- nécessite une sonde moléculaire radioactive.
- d- ne fait pas intervenir la transcriptase reverse.

3- En génie génétique, le clonage d'un gène codant pour une substance utile peut se faire à partir :

- a- de l'ADN.
- b- de l'ARN_m.
- c- de l'ARN_t.
- d- de l'enzyme de restriction.

4- En génie génétique, on peut identifier un gène sur un fragment d'ADN en utilisant :

- a- une sonde moléculaire radioactive.
- b- une enzyme de restriction radioactive.
- c- une ADN ligase.
- d- un plasmide.

EXERCICE 2

Aujourd'hui le génie génétique permet la production, par des microorganismes, des substances biologiques comme l'insuline, l'hormone de croissance, les interférons.

1- Définir le génie génétique.

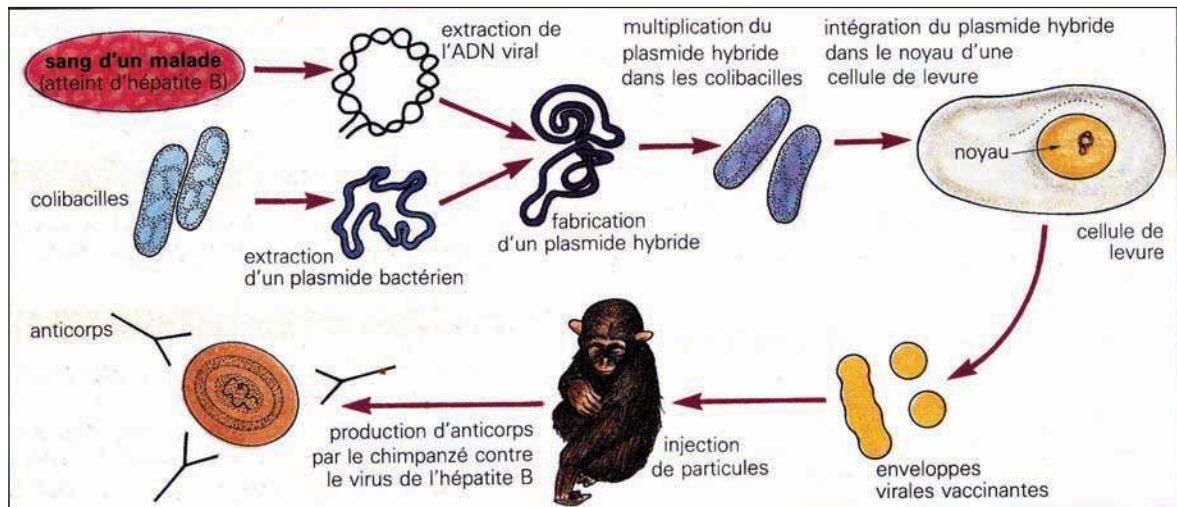
2- Parmi les outils utilisés en génie génétique on cite :

- les plasmides.
- les enzymes de restriction.
- les ligases.
- les bactéries.
- la transcriptase reverse.

a- Donner la définition de chacun de ces outils.

b- Présenter les étapes de la synthèse d'une substance comme l'insuline en considérant la voie par l'ARN messenger et en montrant le rôle des outils utilisés.

EXERCICE 3



23. Les étapes de la fabrication du vaccin contre l'Hépatite B

Le document 23 ci-dessus représente les étapes de la fabrication du vaccin contre l'hépatite B.

- 1- Dégagez à partir de ce schéma les différentes étapes du génie génétique.
- 2- Comparez la technique utilisée dans la fabrication du vaccin à celle utilisée pour la fabrication de l'hormone de croissance.

Chapitre 4 : L'INFORMATION GÉNÉTIQUE : ORIGINE DE LA DIVERSITÉ

«Tous semblables et tous différents !»

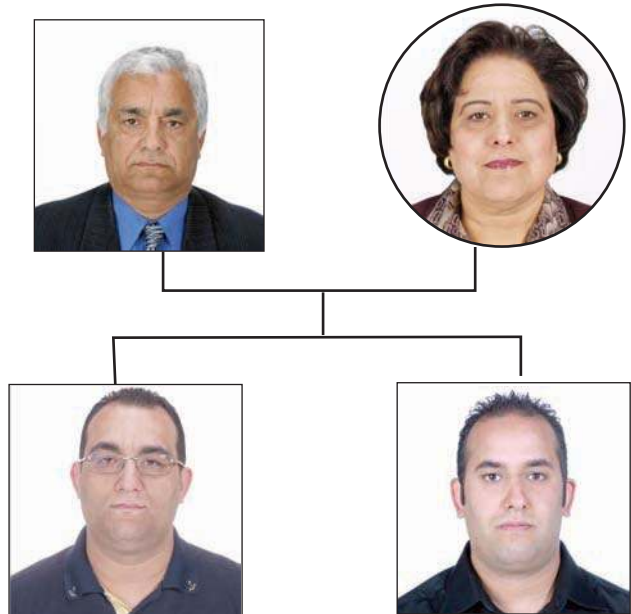
Les individus d'une même espèce ont tous en commun les caractères de l'espèce. En revanche chacun d'eux se distingue par des **caractères individuels**. A part les vrais jumeaux, les faux jumeaux ainsi que les frères et sœurs nés à plusieurs années d'intervalle ne sont pas identiques entre eux.

Chaque descendant n'est indentique à aucun de ses parents.

Exemple, chacun se caractérise par ses empreintes digitales qui font partie de son **identité génétique**. On parle de **diversité génétique**.

La reproduction sexuée apparaît comme une source de diversité génétique. Elle assure la formation de descendants génétiquement différents.

Chaque **individu** est **unique**. Il possède une **information génétique originale**.



1. Une famille tunisienne



Vraies jumelles



Faux jumeaux

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- ❖ **d'expliquer** l'origine de la diversité génétique des individus
- ❖ **de définir** les mutations
- ❖ **de montrer** comment les mutations modifient l'information génétique parentale.
- ❖ **d'expliquer** comment la reproduction sexuée donne des descendants génétiquement différents.

SITUATION PROBLÈME

Faits d'observation sur la diversité

1

Dans une culture de colibacilles (bactéries vivant normalement dans l'intestin de l'Homme) de souche originelle, dite souche sauvage, **sensible à un antibiotique** la streptomycine, apparaissent, parfois, accidentellement des bactéries **résistantes à cet antibiotique**. Contrairement à la souche sauvage, les colibacilles nouvellement apparus ou mutants se développent en présence de l'antibiotique.

2

Dans une population de poussins issus de plusieurs croisements entre poules et coqs de même lignée pure peut apparaître brusquement un poussin à plumage de couleur différente (document 2).

3

Dans un élevage de souris de laboratoire à pelage blanc, peuvent apparaître des mutants de couleurs noire, grise....,

4

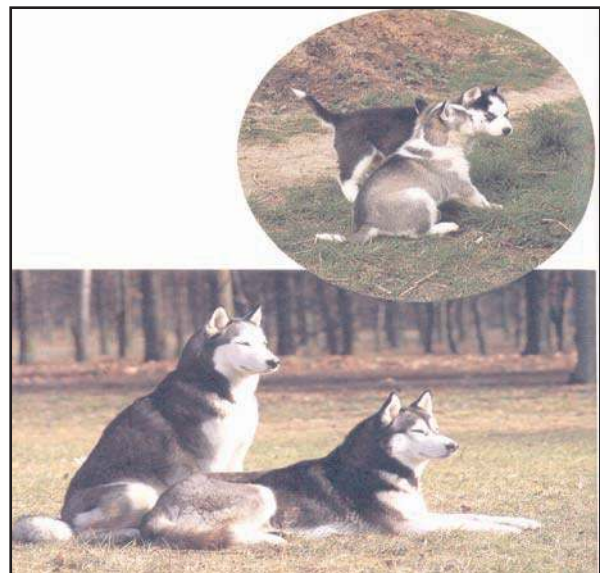
Une portée de chiots est formée d'animaux qui se distinguent les uns des autres et de leurs parents par leurs caractères individuels. Par exemple la forme ou la taille des poils, la couleur ...

La reproduction asexuée ou reproduction conforme aboutit à la formation de descendants identiques entre eux et identiques à l'unique parent qui leur a donné naissance. Au contraire dans la reproduction sexuée, **chaque individu est unique** et provient d'une cellule œuf, qui résulte de la fécondation entre un gamète ♂ et un gamète ♀.

La diversité génétique des individus issus de mêmes parents résulte de la diversité génétique des gamètes fournis par ces parents.



4 Population de poussins



5. Couple de chiens Husky et sa descendance

- 1- Qu'est ce qu'une mutation ?
- 2- Comment expliquer l'apparition de nouveaux phénotypes ou mutants ?
- 3- Comment se forment les gamètes chez les plantes à fleurs ?
- 4- En quoi consiste la diversité génétique des gamètes ?
- 5- Quel est le rôle de la fécondation dans la diversité génétique ?

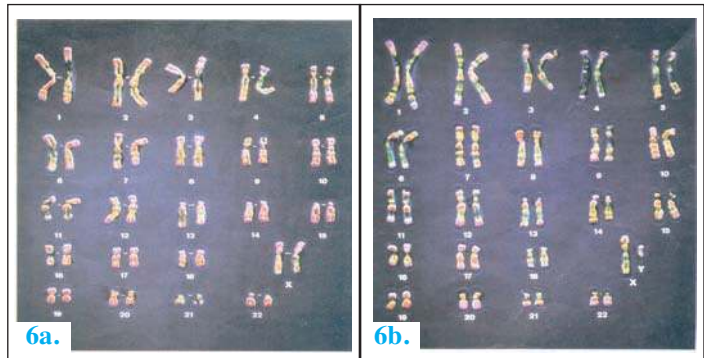
P RÉACQUIS

1 Le caryotype

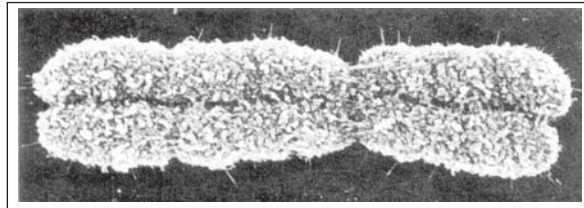
Les caryotypes du document 6 sont des caryotypes d'un homme et d'une femme :

- 1- Identifier en justifiant votre réponse chaque Caryotype.
- 2- Écrivez la formule chromosomique de chacun d'eux.
- 3- Le document 7 représente la structure d'un des chromosomes du caryotype observé au microscope électronique.

Rappelez les modifications que subit le chromosome entre l'interphase et la métaphase de mitose.



6. Caryotypes humains

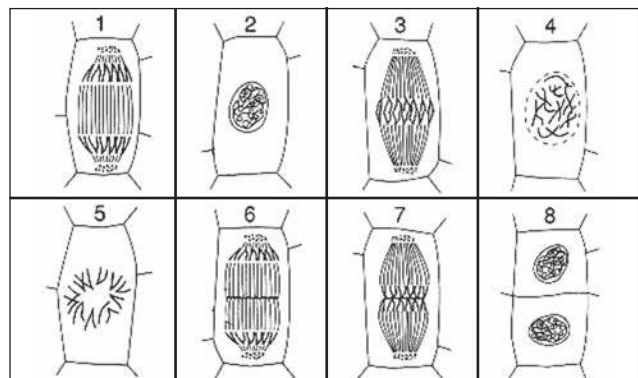


7. Chromosome humain

2 La mitose

Le document 8 ci-contre représente schématiquement les étapes de la mitose d'une cellule végétale.

- 1- Nommez et décrivez les différentes étapes.
- 2- Classez, dans l'ordre chronologique, ces différentes figures de mitose.
- 3- Expliquez à l'aide d'un schéma le mécanisme de la duplication de l'ADN.



8. Figures de mitose d'une cellule végétale au niveau d'une racine d'ail

3 *La synthèse protéique*

- 1- Rappelez les étapes de la synthèse protéique en précisant à chaque étape les organites cellulaires et les molécules mis en jeu dans la réalisation de cette synthèse.
- 2- Précisez en quoi consiste la diversité des protéines dans le monde vivant.
- 3- Expliquez l'origine de cette diversité.

4 *La reproduction conforme*

Expliquer pourquoi le marcottage, le greffage et le bouturage employés chez certains végétaux constituent des moyens de reproduction conforme ?

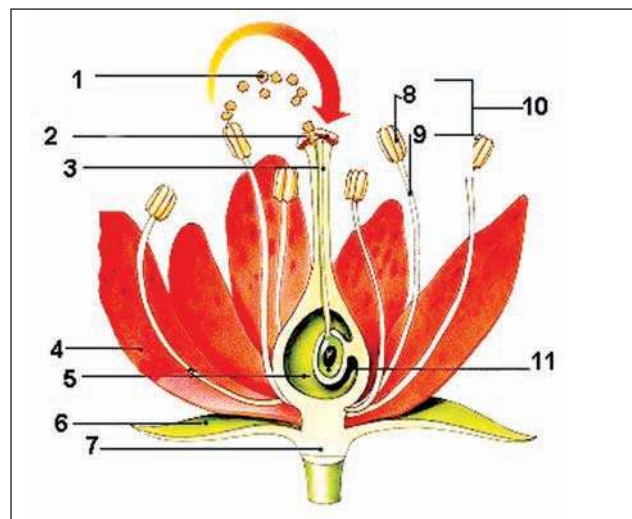


9a. Bouture enracinée

5 *La reproduction sexuée chez les plantes à fleurs*

Le schéma ci contre est celui d'une coupe longitudinale d'une fleur.

- 1- Précisez le rôle des éléments suivants : Anthère, Stigmate, Style, Ovaire et Ovule.
- 2- Nommez le phénomène représenté par la flèche 12.



10. Coupe longitudinale d'une fleur :

1. Grain de pollen ; 2. Stigmate ; 3. Style ; 4. Pétale ;
5. Ovaire ; 6. Sépale ; 7. Pédoncule ; 8. Anthère ;
9. Filet ; 10. Étamine ; 11. Ovule.

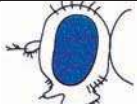


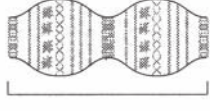
I- LES MUTATIONS SOURCES DE DIVERSITÉ

I - 1- Les mutations chromosomiques

A partir de l'analyse des documents qui suivent, chercher la relation entre les modifications chromosomiques et l'apparition de phénotypes nouveaux.

1 Le syndrome de cri de chat chez l'Homme

Le syndrome du cri de chat : maladie héréditaire due à une anomalie chromosomique tirant son nom du fait que les sujets qui en sont atteints connaissent un développement anormal du larynx, qui leur fait émettre des sons semblables aux miaulements d'un chat. Décrite par Jérôme Lejeune en 1963, la maladie du cri du chat (parfois appelée syndrome de Lejeune), provoque un retard de croissance, un retard mental sévère et des irrégularités de la face plus ou moins prononcées. Ce syndrome est dû à une anomalie de la structure du chromosome 5 (document 12). L'analyse du caryotype des individus malades montre que ce syndrome correspond à une perte de la moitié environ du bras court du chromosome 5.

Phénotype de l'œil	région 16A du chromosome X
 <p>Oeil normal</p>	 <p>16A</p>
 <p>Oeil bar</p>	 <p>région 16A dupliquée</p>

11. Aspect de l'œil et structure du chromosome X chez la drosophile sauvage et chez la drosophile mutante à œil «Bar»

Dans les cellules des glandes salivaires de la larve de drosophile existent des **chromosomes géants** (150 fois plus grands que les chromosomes des autres cellules ; mais portant la même information génétique). Ils se caractérisent par des bandes transversales à répartition constante dans le cas normal. Le changement de la répartition de ces bandes dans le cas d'une mutation peut être facilement détecté sur ces chromosomes.

2 La mutation œil «Bar» chez la drosophile

Les drosophiles sauvages sont des mouches aux yeux normalement composés de 780 facettes ou ommatidies. Dans des élevages de drosophiles sauvages à yeux normaux Morgan, en 1910, a observé l'apparition de **mutants** aux **yeux réduits** appelés «bar». L'œil «bar» compte 68 ommatidies. Les cytologistes ont remarqué que le chromosome X des drosophiles «bar» se distingue du chromosome X des drosophiles sauvages au niveau d'une zone appelée 16A (document 11).



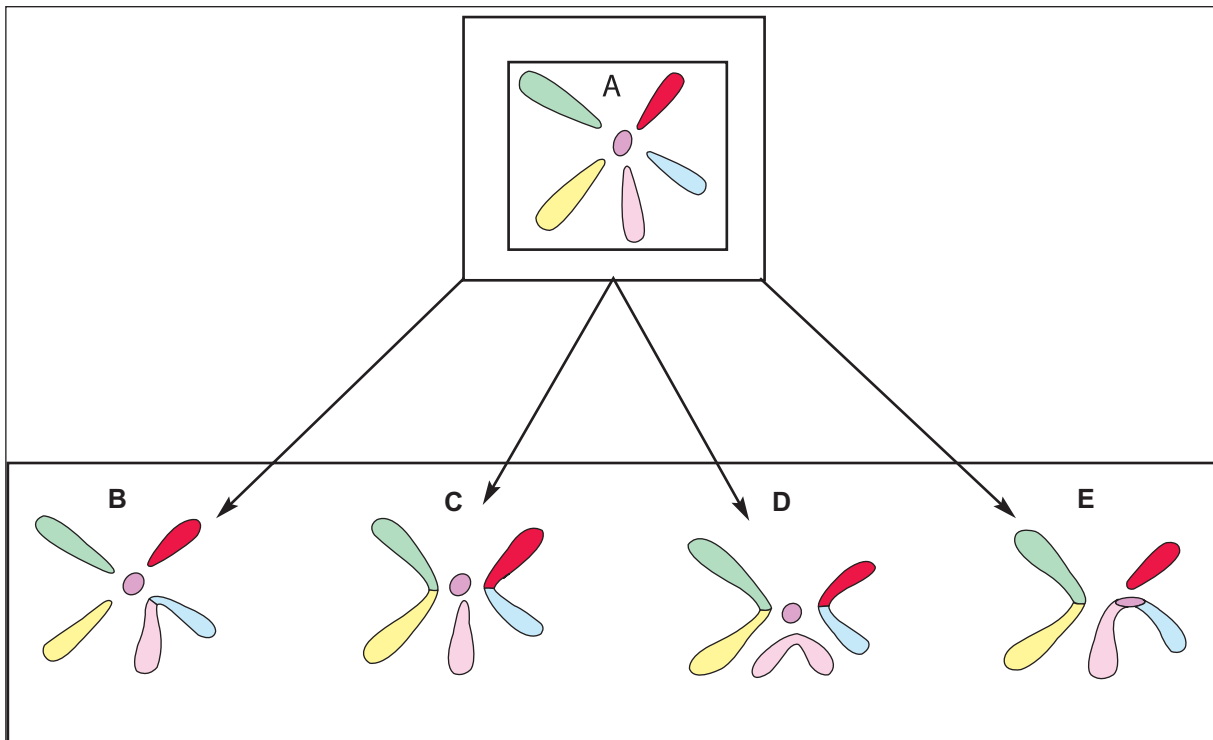
12. Paire de chromosomes n° 5 d'un enfant atteint de la maladie du cri du chat

3 Modification du caryotype chez la Drosophile :

Le document 13 représente les garnitures chromosomiques de différentes espèces de drosophiles. L'espèce A peut être considérée comme l'espèce ancestrale. Seul un chromosome de chaque paire a été représenté.

Des remaniements chromosomiques entraînent la formation de nouvelles espèces B, C, D et E à partir de l'espèce ancestrale A.

Ces remaniements chromosomiques représentent une barrière à l'interfécondité.



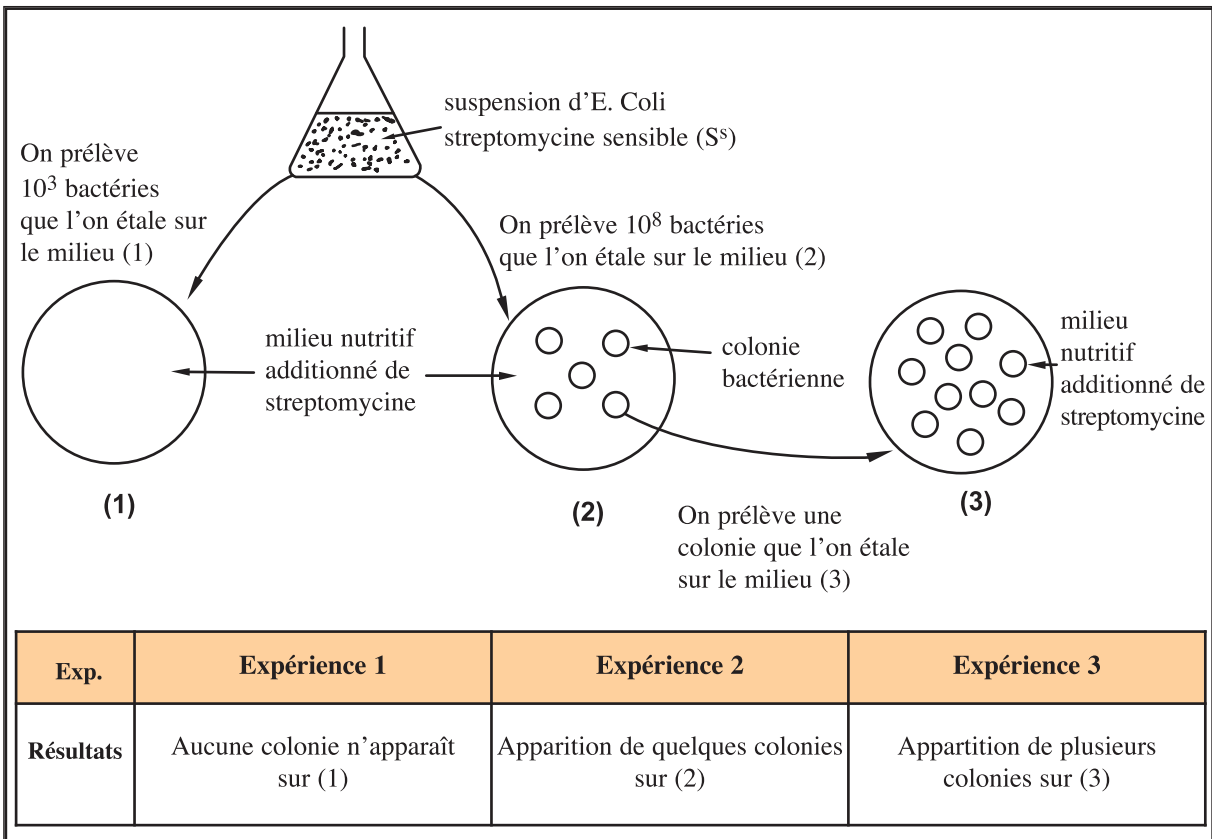
13. Remaniements chromosomiques chez la Drosophile

Décrivez les différents remaniements chromosomiques qui se sont réalisés.

B- Les mutations géniques

1 Une mutation bactérienne, la résistance à un antibiotique

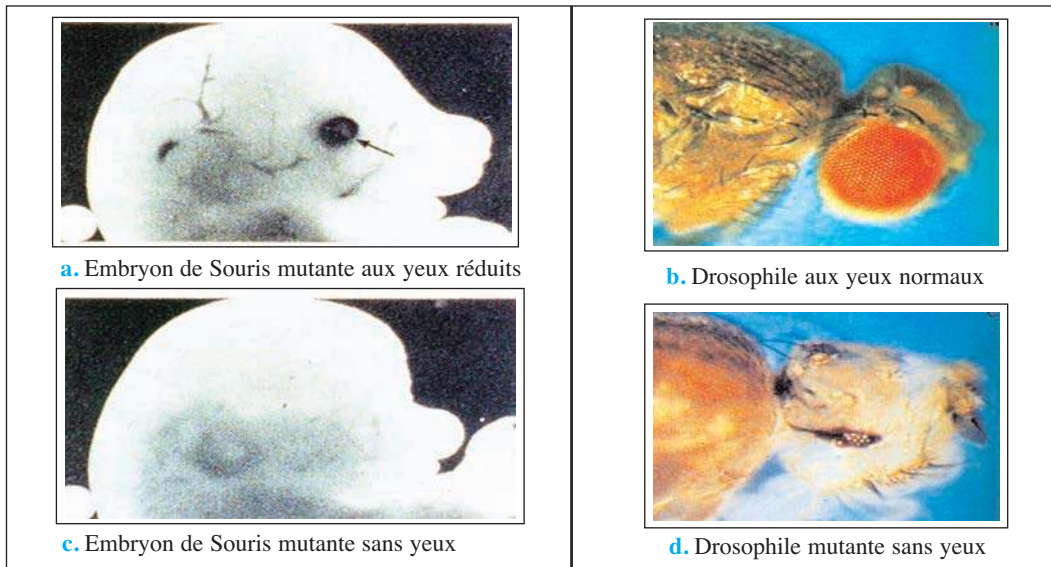
Sur une suspension de **Colibacilles sensibles** à la streptomycine (S^s), on prélève 2 volumes l'un contenant 10^3 bactéries que l'on étale sur le milieu nutritif 1 et l'autre contenant 10^8 bactéries que l'on étale sur le milieu 2. Les deux milieux contiennent de la streptomycine. Après une journée à température et à humidité convenables, on constate que dans le milieu (1) il ne se développe aucune colonie alors que dans le deuxième milieu, apparaissent quelques colonies. Si l'on repique l'une d'elles sur un milieu nutritif (3) contenant de la streptomycine, celle-ci engendre de nouvelles colonies à phénotype différent de la souche sauvage.



14. Expériences montrant l'apparition d'un nouveau caractère chez E. Coli

- 1- Décrivez les expériences 1, 2 et 3.
- 2- Indiquez quel est le caractère des bactéries, mis en évidence dans l'expérience n° 2 ?
- 3- Comment pouvez-vous expliquer son apparition ?
- 4- Préciser pourquoi ce caractère n'apparaît pas dans l'expérience n° 1 ?
- 5- Dites si ce caractère est-il héréditaire ? Justifiez votre réponse.

2 Une mutation génique qui affecte l'œil chez les animaux !



15. Mutation de l'œil chez la Souris et la Drosophile

Le développement des yeux est déterminé par un gène. Ce gène a été identifié (et isolé) en 1991 chez l'Homme et en 1993 chez la drosophile et d'autres animaux.

Des modifications de ce gène produisent des mutations qui s'expriment par l'apparition de nouveaux phénotypes de l'œil.

1 - Mutations chez les souris

- Les souris qui ont au niveau d'une paire de chromosomes homologues, une copie normale du gène et **une copie défectueuse de ce gène**, sont atteintes d'une réduction de la taille des yeux : **microphthalmie ou Small eyes**.
- Les souris qui ont les **deux copies du gène muté** (au niveau de deux chromosomes homologues) meurent, et leur système nerveux est anormal.

2 - Mutations du gène Eye less chez la Drosophile

Le gène Eye less qui contrôle le développement des yeux est localisé sur les chromosomes n° 4. Sa mutation entraîne la réduction ou l'absence des yeux. Cette mutation a été décrite depuis 1915.

3 - Mutations du gène de l'œil chez l'homme

- Certaines personnes sont atteintes d'une maladie héréditaire : elles ont de **petits yeux sans iris** (aniridie). Ce phénotype mutant résulte d'une mutation d'une copie du gène alors que la 2^{ème} copie (sur le chromosome homologue) reste fonctionnelle.
- La mutation des 2 copies de ce gène entraîne le non développement total des yeux et la mort au stade fœtus.

En vous appuyant sur vos connaissances, sur la nature et l'expression du gène :

- 1- Précisez en quoi consiste une mutation du gène de développement des yeux.
- 2- Expliquez pourquoi les mutations de ce gène entraînent de nouveaux phénotypes différents du phénotype normal.
- 3- Dégagez, à partir de ces exemples, deux propriétés des mutations.

3 Mutation pathologique des muscles : la myopathie

La myopathie de Duchenne (décrite en 1860 par Guillaume Duchenne) est une maladie héréditaire mortelle qui se manifeste par une détérioration progressive des muscles.

Chez les **myopathes**, les chercheurs ont constaté l'absence d'une **protéine** : la **dystrophine** qui joue un rôle essentiel dans le maintien de la structure des cellules musculaires. L'**allèle** responsable a été localisé sur le **chromosome X**.



16. La dystrophine, une protéine essentielle du muscle

- 1- Expliquez pourquoi la myopathie est héréditaire ?
- 2- Établissez une relation entre le gène, la dystrophine et la maladie.

4 Une pathologie métabolique d'origine génique : la phénylcétonurie

Il s'agit d'une maladie héréditaire due à une mutation du gène qui code pour la synthèse de la PAH (phénylalanine hydroxylase) qui est une enzyme de 450 acides aminés impliquée dans la transformation de la phénylalanine en tyrosine. Chez certains individus, l'absence d'enzyme fonctionnelle provoque une accumulation de phénylalanine transformée en corps cétoniques qui sont éliminés par l'urine ; c'est une maladie caractérisée surtout par une arriération mentale.

Le document suivant (17) donne des fragments du gène de la PAH chez 4 individus : **Les individus B, C et D sont atteints de phénylcétonurie et l'individu A en est indemne**. Sur ces fragments, les triplets de bases sont numérotés après le triplet d'initiation.

N° des triplets	277	410
Individu A	... TAT AAC CCC GAA CCT GAC ... GCC TCT CTG GGT GCA ... ATA CCT CGG ...	
Individu B	... TAT AAC CCC AAA CCT GAC ... GCC TCT CTG GGT GCA ... ATA CCT CGG ...	
Individu C	... TAT AAC CCC GAA CCT GAC ... GCC TCT CCG GGT GCA ... ATA CCT CGG ...	
Individu D	... TAT AAC CCC GAA CCT GAC ... GCC TCT CTG GGT GCA ... ATA CCT TGG ...	

17. Fragments du gène de la PAH chez 4 individus

- 1- En vous basant sur votre acquis sur l'expression d'un gène et en utilisant le code génétique, écrivez la portion de la séquence protéique de la PAH de l'individu A.
- 2- Identifiez les modifications de l'ADN chez les individus malades B, C et D et indiquer leurs conséquences sur la séquence polypeptidique. Que pouvez-vous déduire ?
- 3- Donnez un argument qui justifie le caractère héréditaire de la maladie.

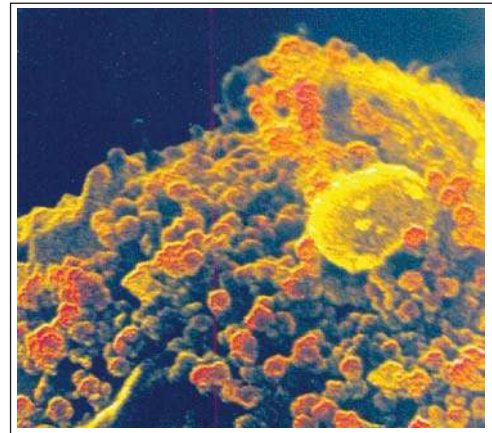
5

Le virus du SIDA, une étonnante variabilité génétique, et un pouvoir de mutation exceptionnel !

Le VIH (virus de l'immunodéficience humaine) est le virus responsable de la maladie du SIDA. (syndromes d'immunodéficience acquise).

Il est constitué d'une enveloppe protéique contenant une molécule d'ARN et une enzyme : la transcriptase réverse. Ce virus à génome à ARN ou rétrovirus infecte des cellules immunitaires appelées lymphocytes. Cette infection se traduit par l'introduction du génome viral dans la cellule hôte qui va produire un grand nombre de virus provoquant sa destruction.

Chez une personne infectée par le VIH le nombre de virus fabriqués par les cellules infectées atteint plusieurs milliards.



18. Accumulation de virus VIH à la surface d'une lymphocyte (cellule immunitaire)

19. Constatations

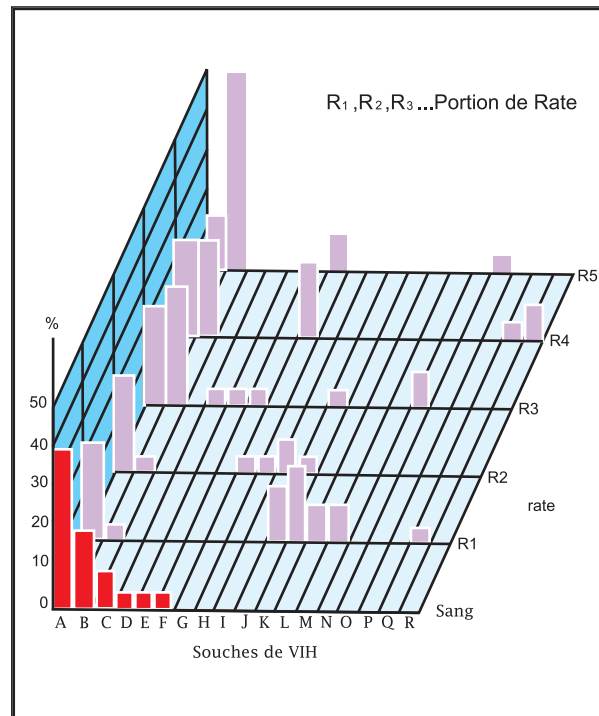
- L'analyse du génome de VIH prélevé chez une personne infectée révèle l'existence d'une grande diversité de souches de virus différant par certains nucléotides (document 20).
- Les souches de VIH diffèrent également selon les individus infectés.
- La diversité des souches de VIH d'une même personne, n'est pas stable dans le temps : au cours du temps, il y a disparition de certaines souches et apparition de nouvelles souches.

1- Analysez les documents 19 et 20.

2- Proposez une hypothèse permettant d'expliquer l'origine de la variabilité génétique du VIH.

21. Origine de la diversité génétique des VIH

L'ARN viral introduit dans la cellule hôte est transcrit en ADN viral grâce à la transcriptase réverse. L'ADN viral est inséré dans l'ADN de la cellule hôte. Cette opération conduit à la production de nombreux virus. Au cours de la transcription de l'ADN en ARN, il se produit de nombreuses erreurs au niveau de la nature et de l'ordre des bases. Il y a en moyenne 1 erreur de transcription pour 10000 nucléotides. Ceci conduit à une diversité de souches de VIH.



20. Variabilité génétique de VIH dans le sang et la rate d'un homme

3- Analysez le document 21.

4- Déduisez une relation entre la variabilité génétique et le pouvoir de mutation du VIH.

6 Mutation chez le virus de la grippe

Au XIV^e siècle, à Florence, le virus de la grippe a reçu le nom scientifique de “virus influenza” qui évoque “influence des astres et du froid”. Le nom français de “virus de la grippe” signifie “saisir brusquement ou s’agripper”. Ces virus se transmettent par l’intermédiaire de gouttelettes respiratoires que l’on inhale. Deux protéines de surface sont insérées dans l’enveloppe de ces virus et permettent de l’identifier :

- L’hémagglutinine (H) qui fixe le virus à la surface de la cellule qu’il va infecter et qui constitue sa “cible”. Cette fixation se fait grâce à une protéine de surface de la cellule cible appelée récepteur spécifique du virus de la grippe.
- La neuraminidase (N) : enzyme dont le rôle est de couper à la surface de la cellule infectée la protéine qui sert de récepteur au virus permettant aux virus nouvellement formés de ne pas s’y agripper en quittant la cellule.

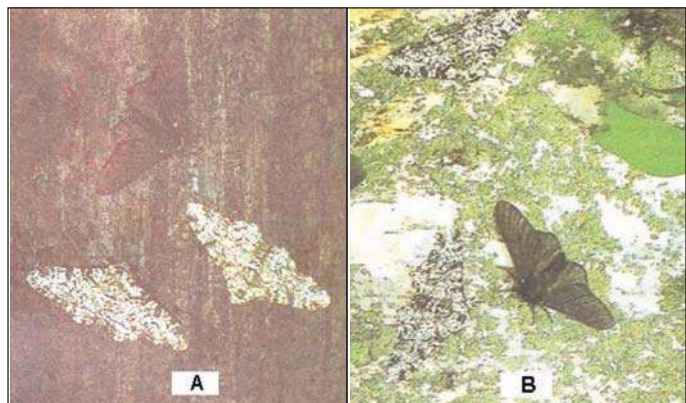
Le virus Influenza est très variable. Il mute en formant des sous- types et à l’intérieur de chaque sous-type, **des centaines de variants ou souches qui peuvent émerger par l’accumulation de plusieurs mutations géniques.**

On distingue 13 sous types d’hémagglutinine (H1 à H13) et 9 sous-types de neuraminidase (N1 à N9)

- 1- Calculez le nombre possible de souches de virus, en vous appuyant sur la diversité actuelle de ses 2 protéines de surface : H et N.
- 2- Indiquez, en justifiant votre réponse, si ce nombre est définitif.

7 Mutation et sélection naturelle

La Phalène du bouleau est un papillon nocturne qui passe toute la journée immobile sur les troncs d’arbres, la forme sauvage est de couleur claire (couleur blanche avec quelques taches sombres). En Grande Bretagne, au début du XIX^{ème} siècle, est apparue une forme sombre. Vers la fin du XIX^{ème} siècle, la forme sombre était prédominante dans les régions industrialisées où les troncs d’arbres sont couverts de suies. Dans les régions non industrialisées c’était la forme sauvage, claire, qui prédominait. Dans ces régions les troncs d’arbres étaient couverts de lichens de couleur blanche.



22. Les deux variétés de la Phalène de Bouleau :
A : dans un milieu pollué B : dans un milieu non pollué

Expliquez comment la mutation chez la Phalène du Bouleau permet une meilleure adaptation de l’espèce au milieu pollué.

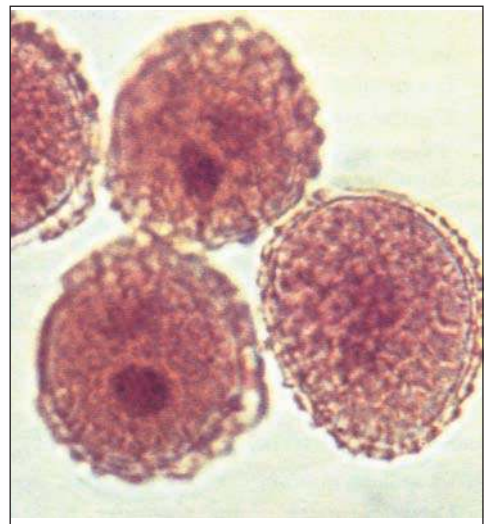
II- LA REPRODUCTION SEXUÉE, SOURCE DE DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

Chez les plantes à fleurs ou spermaphytes le gamète mâle est le **grain de pollen** et le gamète femelle est l'**ovule**. Grâce à la pollinisation, le grain de pollen tombe sur le stigmate. Il rejoint, ensuite, l'ovule dans l'ovaire où a lieu la fécondation: union des gamètes mâles et des gamètes femelles.

1 Structure du grain de pollen

En secouant une étamine mûre de Lis, par exemple sur une lame de verre, il en tombe une poudre jaune. Celle-ci observée "à sec" ou dans une goutte d'eau sucrée à 10% laisse voir des grains de forme sphérique, les **grains de pollen**.

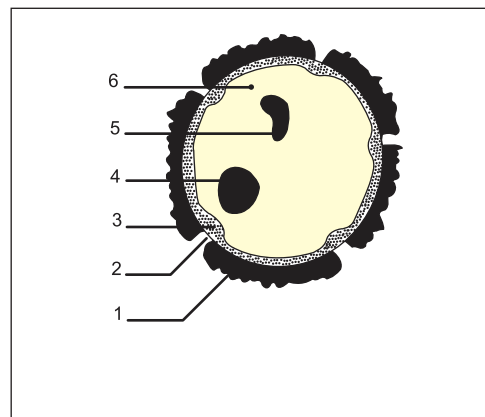
Si la préparation est réalisée dans une goutte d'eau, les grains éclatent en libérant un contenu granuleux dans lequel on distingue un noyau circulaire appelé **noyau végétatif**, et un noyau de forme allongée appelé le **noyau reproducteur**.



23. Grains de pollen observés au microscope

La figure du document 24 est un schéma d'interprétation de la structure d'un grain de pollen.

- 1- Réalisez cette observation microscopique.
- 2- En utilisant la liste de noms suivants, associez à chaque numéro de la figure le nom correspondant. *noyau végétatif, noyau reproducteur, pore, membrane externe, membrane interne et cytoplasme.*



24. Schéma d'interprétation de la structure d'un grain de pollen

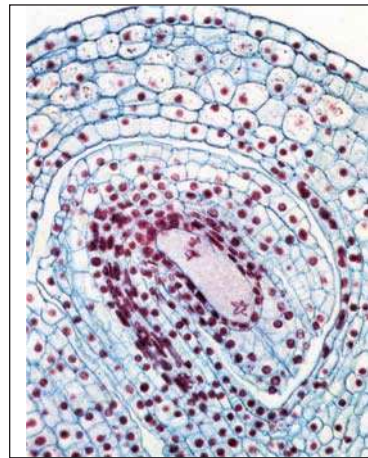
2 Structure de l'ovule

Observé à la loupe binoculaire, L'ovule apparaît comme une petite masse ovoïde à l'intérieur de l'ovaire d'une fleur.

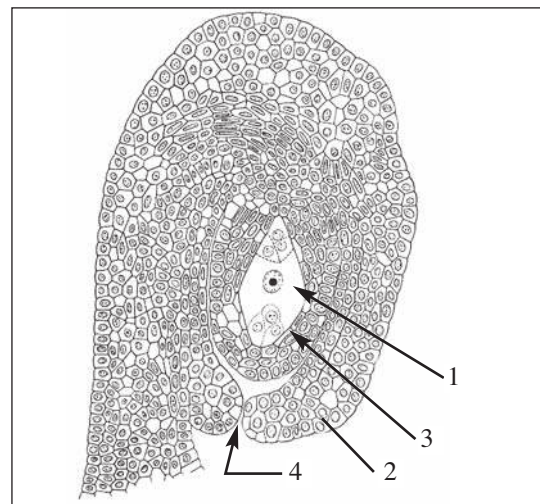
L'observation de sa coupe longitudinale au microscope (document 25) montre qu'il est formé par un ensemble de cellules appelées **nucelle** dans lequel se distingue une formation, **le sac embryonnaire**. Deux **téguments**, étroitement accolés entourent l'ovule. À une extrémité, ils sont percés par un orifice, **le micropyle**.

La figure du document 26 est un schéma d'interprétation de la coupe longitudinale de l'ovule d'une fleur. Elle montre, en plus des autres structures de l'ovule, les 7 cellules du sac embryonnaire qui sont :

- du côté du micropyle,
- * **L'oosphère** ou gamète ♀ proprement dit.
- * **Les 2 synergides** de part et d'autre de l'oosphère.
- du côté opposé au micropyle, **les 3 antipodes**.
- au centre, une cellule à 2 noyaux appelée **cellule centrale**.

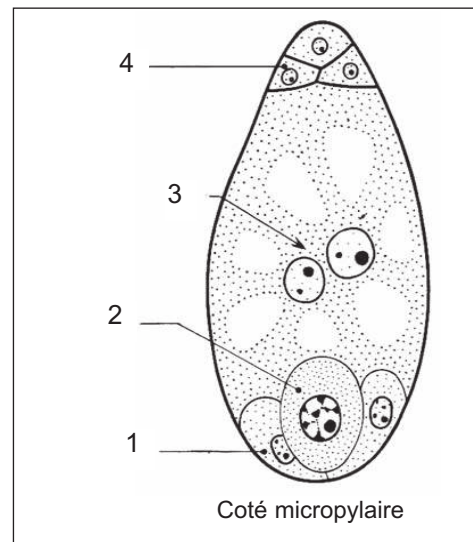


25. Structure de l'ovule



26. Schéma d'interprétation de la structure de l'ovule
1- Sac embryonnaire ; 2- Tégument ; 3- Nucelle ;
4- Micropyle

Identifiez les cellules du sac embryonnaire (doc.27)



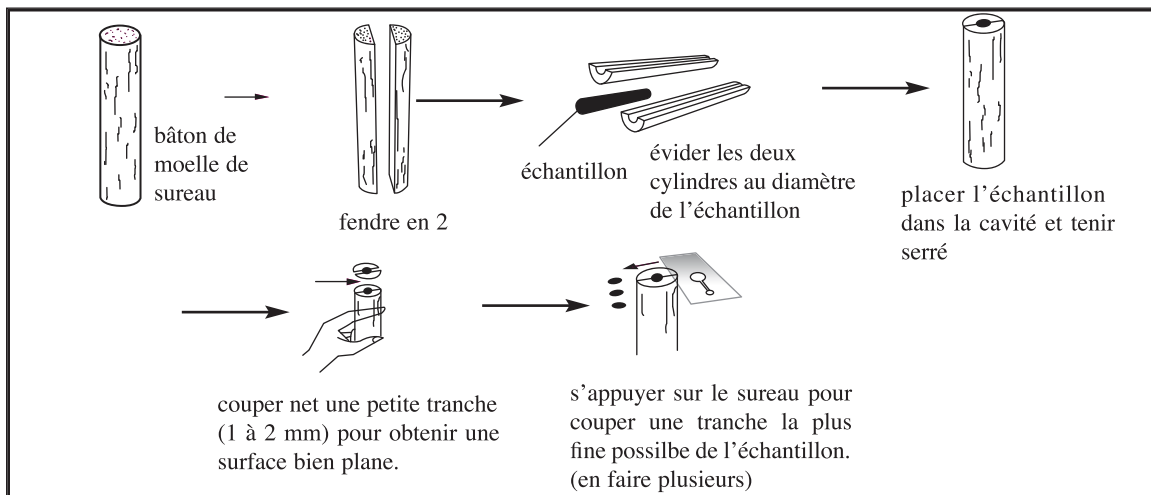
33. Structure du sac embryonnaire

3 Comment se forme le grain de pollen ?

L'étude de coupes transversales ou de frottis d'anthers très jeunes puis de plus en plus âgées, permet de suivre la formation du grain de pollen.

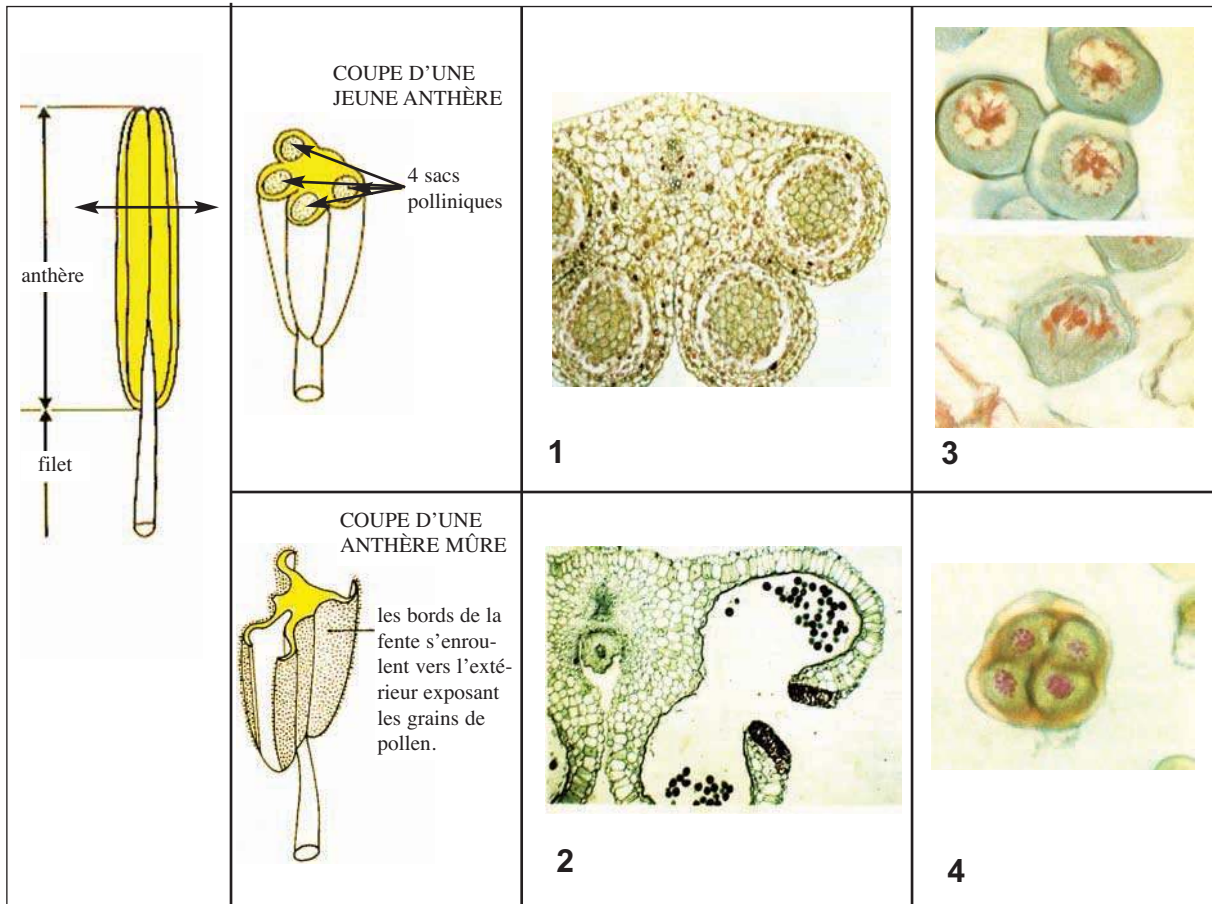
A - Réalisation de coupes d'anthere :

Manipulations	Matériel
<p>a. Faire des coupes fines dans les anthers de Lis ou de narcisse en s'aidant de la moelle de sureau (voir document 28). Les placer sur une lame dans une goutte de bleu de toluidine tamponné.</p> <p>b. extraire, les anthers de boutons floraux plus petits sous la loupe binoculaire et en faire un frottis. – Colorer le frottis en ajoutant une goutte de bleu de toluidine. – Laisser agir 5 minutes. – Recouvrir d'une lamelle et observer au microscope.</p> <p>c. Une coloration par l'orcéine acétique est également possible. – Recouvrir les coupes placées sur des lames (ou les frottis) avec l'orcéine acétique. – Laisser agir 20 minutes. – Rincer à l'eau distillée – déposer une goutte d'acide acétique à 45% et poser la lamelle.</p> <p>d. Procéder à la même coloration pour des grains de pollen mûrs.</p> <p>e. Observer les préparations au microscope et conclure.</p>	<p>Boutons floraux de diverses espèces végétales à différents stades de maturité (Lis, Tulipe...), grains de pollen mûrs, pincettes fines, aiguille lancéolée, lames et lamelles, lame de rasoir, moelle de sureau, bleu de toluidine tamponné ou orcéine acétique et acide acétique à 45%</p> <p>Dans les boutons</p> <p>Bleu de toluidine tamponné : Dissoudre 0,1 g de bleu de toluidine dans 100ml de tampon acétate pH 4.6</p> <p>Solution tampon acétate pH 4.6 : Préparer une solution d'acide acétique à 0.2mol/l (11.58ml/l d'eau distillée) et une solution d'acétate de sodium à 0.2mol/l (16.4g/l d'acétate anhydre ou 27.21g/l d'acétate cristallisé 3H₂O). Mélanger 45 ml d'acétate de sodium avec 55ml d'acide acétique.</p> <p>Orcéine acétique : * Solution mère : constituée d'orcéine(1g) et d'acide acétique pur (45ml). Faire bouillir l'acide acétique pour dissoudre le colorant. Laisser refroidir puis filtrer. * Solution diluée : Mélanger 9 ml de solution mère avec 11ml d'eau distillée. La solution mère peut se conserver au réfrigérateur.</p> <p>Lames de préparation de commerce de coupes d'anthers.</p>



28. Techniques de réalisation de coupes d'anthere

B - Observation microscopique :



29. Les étapes de formation des grains de pollen à l'intérieur de l'anthère

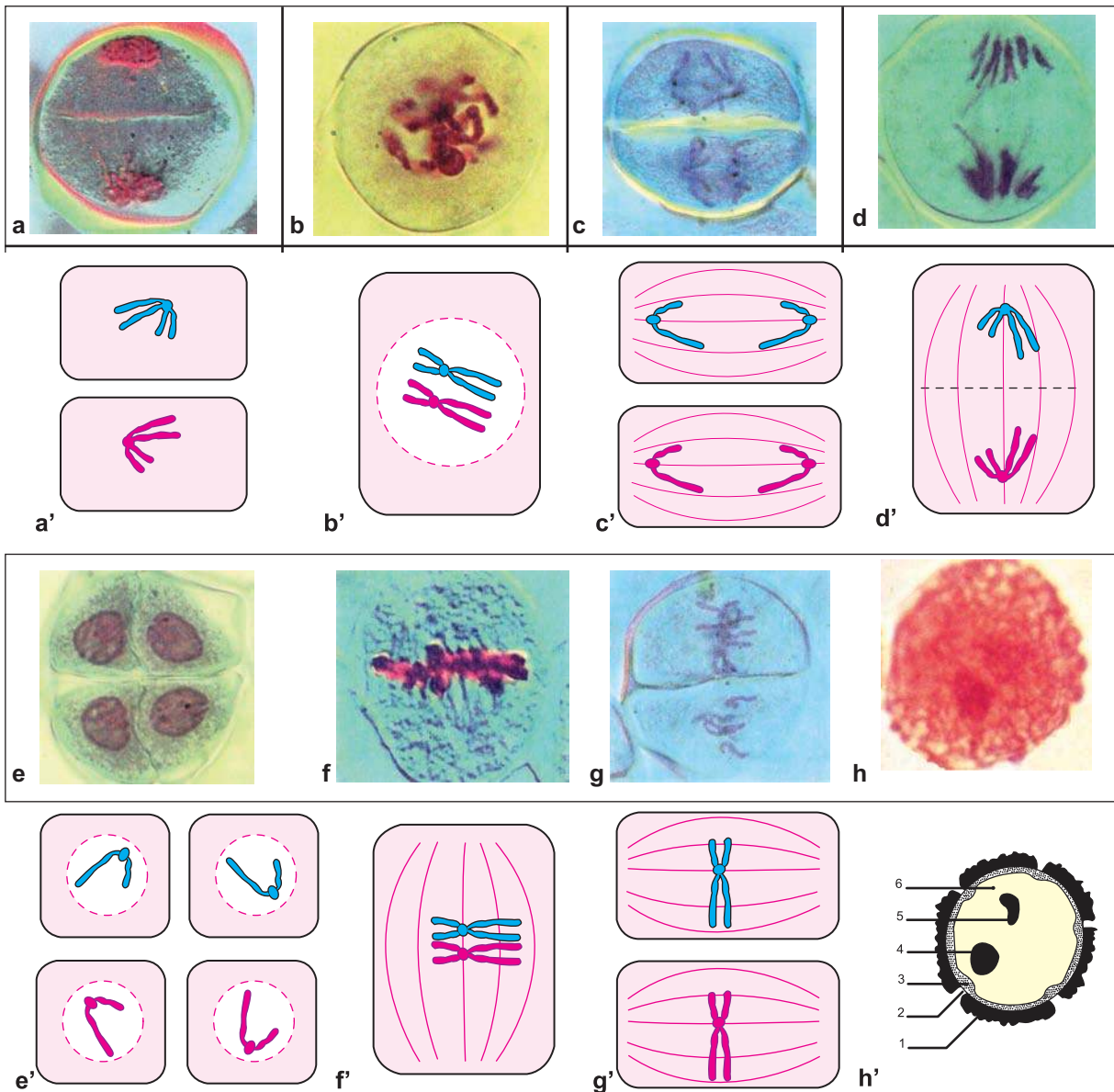
Document 1 : coupe transversale d'une anthère jeune, vue au microscope.

Document 2 : coupe transversale d'une anthère mûre. au microscope

Document 3 : cellules observées dans l'anthère jeune sous le microscope.

Document 4 : cellules observées dans l'anthère mûre, sous le microscope.

Le document 29 ci-dessous présente les étapes de la formation du grain de pollen : photos et schémas d'interprétation (le nombre de chromosomes est simplifié à $2n = 2$)



30. Etapes de formation du grain de pollen

- 1- Légendez et identifiez les différentes phases représentées dans le document 29.
- 2- Classez les suivant l'ordre chronologique.
- 3- Sachant qu'à partir d'une cellule mère il se forme 4 microspores, comparez le nombre de chromosomes d'une microspore avec celui de la cellule mère.
- 4- Indiquez à quel stade se fait la réduction chromosomique.
- 5- La microspore obtenue à la suite de la méiose est à un seul noyau. Proposez une hypothèse permettant d'expliquer la présence de 2 noyaux dans les grains de pollen.
- 6- Rédigez un texte résumant, dans un ordre chronologique les évènements cellulaires et chromosomiques à l'origine de la formation des gamètes mâles chez les plantes à fleurs.

4 Comment se forme le sac embryonnaire ?

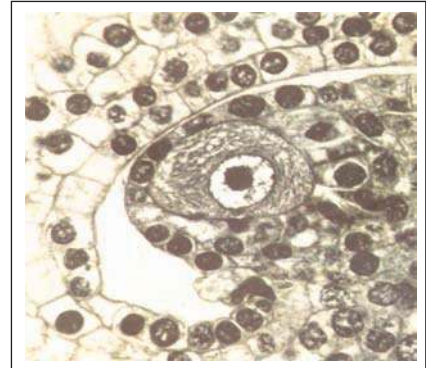
A - Réalisation de coupes d'ovule :

Refaire la manipulation 3-A sur des ovaires de fleurs de Lis par exemple.

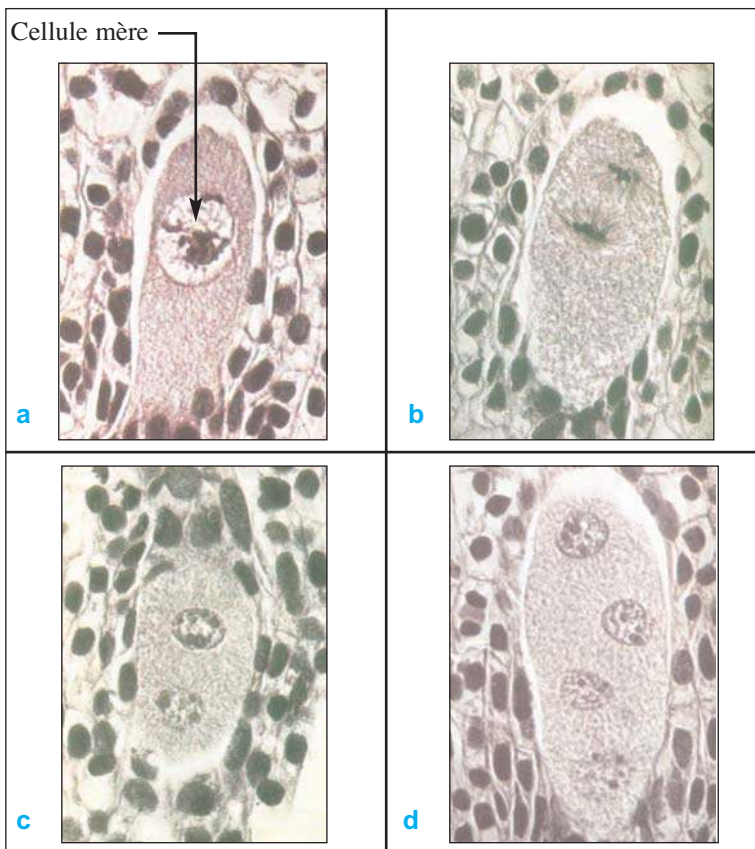
B - Observation microscopique

L'observation d'une série de préparations permet de voir plusieurs cas de figures dont certains sont représentés par les documents 32 et 33.

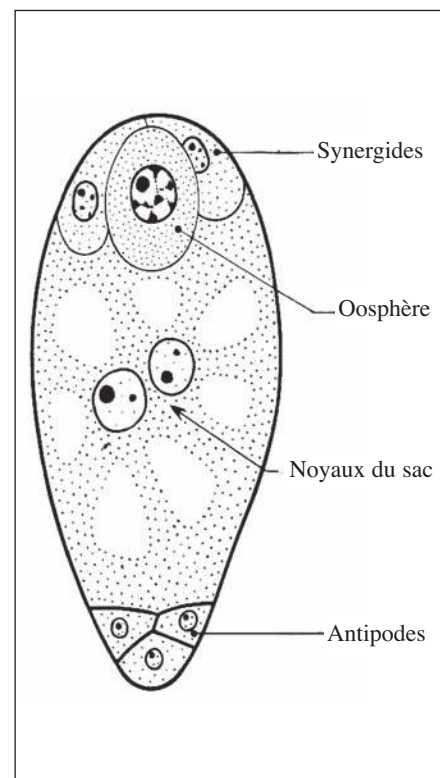
Dans l'ovule jeune, le sac embryonnaire n'est formé que d'une grosse cellule appelée cellule mère. Cette cellule subit la méiose en donnant 4 **macrospores** ou **mégaspores**. 3 dégèrent et la 4^{ème} s'accroît et son noyau se divise par 3 mitoses successives aboutissant au stade 2 puis 4 et enfin au stade 8 noyaux qui s'organisent en 7 cellules (schéma du document 33).



31. Cellule mère



32. Division de la cellule



33. Structure du sac embryonnaire

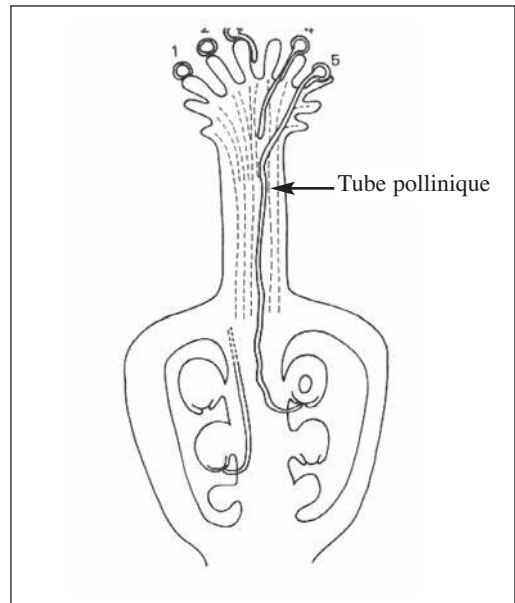
- 1- On prend arbitrairement, un nombre de chromosomes égal à 4 pour la cellule mère.
 - a- précisez le nombre de chromosomes de la mégaspore.
 - b- schématisez les étapes de la méiose qui permettent le passage du stade (32a) au stade (32c) puis au stade (32d).
- 2- Rédigez un texte résumant, dans un ordre chronologique les événements cellulaires et chromosomiques à l'origine de la formation du gamète femelle chez les plantes à fleurs.

5 La fécondation

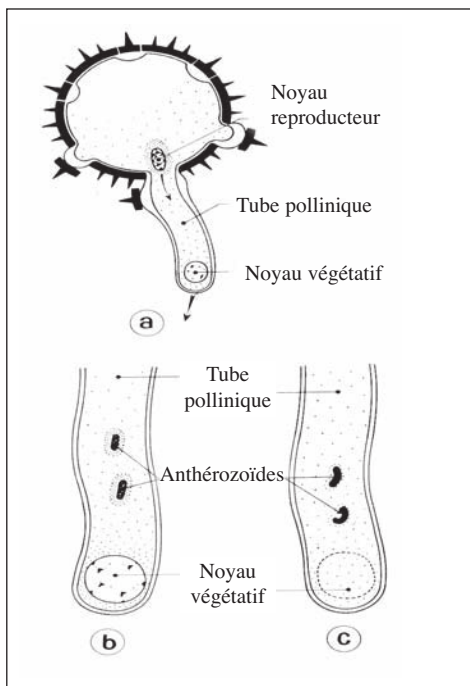
– Réalisez une coupe longitudinale du pistil d'une fleur mûre et l'observez à la loupe binoculaire.

En vous aidant des figures 34, 35 et 36 :

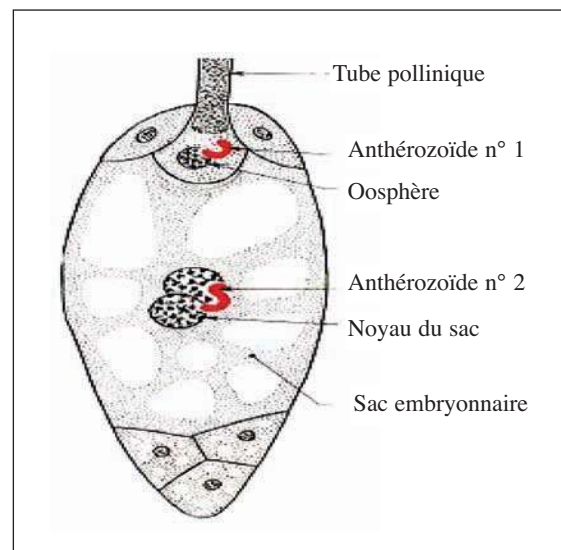
- Décrivez les modifications nucléaires dans le grain de pollen germé.
- Dégagez les conséquences de la pénétration du tube pollinique dans le sac embryonnaire.
- Précisez le nombre de chromosomes dans :
 - * l'œuf-embryon qui résulte de la fusion du noyau de l'oosphère et de l'anthérozoïde
 - * l'œuf albuméu qui résulte de la fusion des deux noyaux de la cellule centrale et de l'anthérozoïde.



34. Germination du grain de pollen sur le stigmate



35. Formation des deux anthérozoïdes



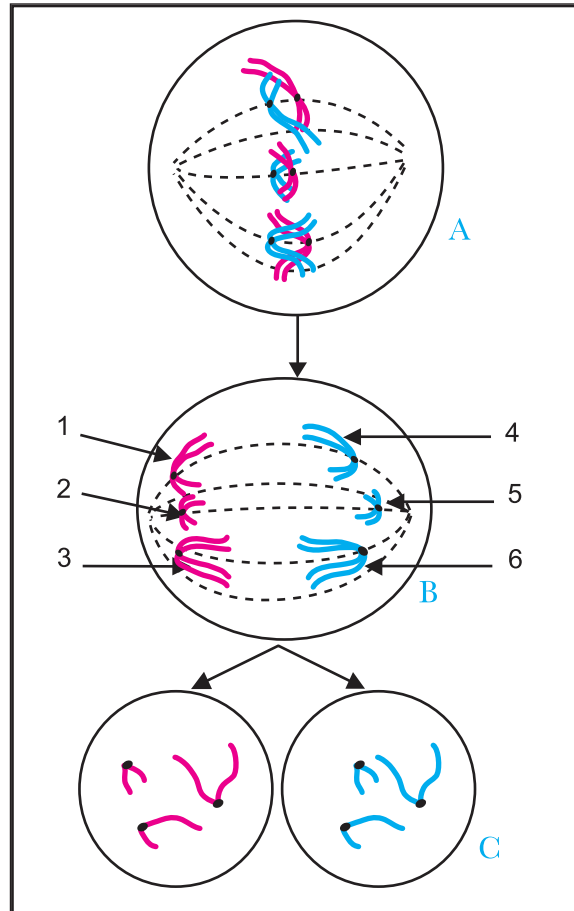
36. La double fécondation

6 La méiose et la diversité génétique des gamètes

A - Brassage des chromosomes d'origine mâle et d'origine femelle au cours de la méiose.

Le document 37 représente une cellule en métaphase I (A) et anaphase I (B) de méiose ainsi que les gamètes obtenus (C) à partir de cette cellule. Les chromosomes d'origine ♂ sont indiqués par les numéros 1, 2 et 3, ceux d'origine ♀ mâle par les numéros 4, 5 et 6.

- a- En utilisant les numéros des chromosomes, repérez les chromosomes homologues ; justifier votre réponse.
- b- Proposez sous forme de schémas, les autres cas possibles de ségrégation des chromosomes à l'anaphase I ainsi que les gamètes qui puissent être formés.
- c- Calculez, en vous appuyant sur l'exemple étudié, le nombre de types de gamètes génétiquement différents pour un caryotype de $2n=46$
- d- Concluez sur le rôle de la méiose dans la diversité des gamètes.

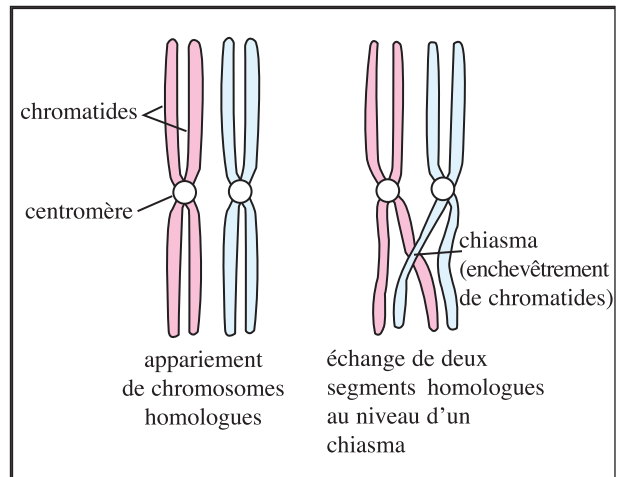


37. Ségrégation aléatoire des chromosomes Homologues à l'anaphase I

B - Un autre type de brassage chromosomique pendant la méiose.

En plus du brassage inter-chromosomique, l'observation microscopique de cellules en division de méiose montre que parfois il se produit un accident chromosomique, lors de l'appariement des chromosomes homologues à la prophase I. Un enjambement d'une chromatide d'un bivalent sur une chromatide du chromosome homologue se produit. Il se forme ainsi un chiasma. Une cassure suivie d'une soudure avec échange de fragments de chromatides s'effectuent entre les chromatides concernées. Ce phénomène est appelé **crossing over**. Il est à l'origine de la formation de **chromatides recombinés** (recombinant à la fois une information génétique d'origine paternelle et une information génétique d'origine maternelle). C'est le **brassage intra-chromosomique**.

- a- Exploitez les données du document 37 et représentez des schémas d'anaphase I, d'anaphase II et de télophase II,
 - dans le cas de méiose sans crossing-over.
 - dans le cas de méiose avec crossing-over.
- b- Comparez l'information génétique des gamètes dans les deux cas .
- c- Résumez les conséquences du brassage interchromosomique et intrachromosomique sur la diversité génétique des gamètes.



38. Le crossing over

7 Rôle de la fécondation dans la diversité génétique des descendants :

Chez la drosophile (mouche de vinaigre) le nombre de chromosomes est $2n=8$. Le mâle fournit $2^4=16$ gamètes différents et la femelle en fournit autant. Le tableau suivant est celui de rencontre au hasard des gamètes. Il permet de donner le contenu génétique des œufs résultant de cette rencontre.

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_{16}$ gamètes génétiquement différents formés par le mâle.

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_{16}$ gamètes génétiquement différents formés par la femelle.

	a_1	a_2	a_3	...	a_{16}
b_1	a_1b_1				
b_2					
b_3					
.					
.					
.					
b_{16}			a_3b_{16}		

- 1- Calculez le nombre possible de cellules œufs génétiquement différents obtenus dans ce cas.
- 2- Comparez le nombre des cellules œufs au nombre des gamètes.
- 3- Calculez le nombre possible des cellules œufs , donc de personnes génétiquement différentes dans le cas de l'espèce humaine chez qui le nombre de chromosomes est de $2n=46$.
- 4- Déduisez le rôle de la fécondation dans la diversité génétique des individus issus de la reproduction sexuée.

1 La mutation, source de diversité

A - Définition

La mutation correspond à un changement brusque de l'information génétique se traduisant par le changement d'un caractère héréditaire de l'individu. **Les mutations sont à l'origine de la création de nouvelles versions d'un même gène appelés les allèles** qui sont à l'origine de la diversité génétique dans la même espèce. **On parle de polymorphisme génique**. L'individu porteur d'une mutation est **un mutant**, celui porteur du caractère originel est **le sauvage**.

B - Les différents types de mutations

Les mutations sont de deux types :

a) Les mutations chromosomiques

Elles affectent la structure et le nombre des chromosomes

Elles correspondent à :

- * une répétition d'une même portion chromosomique : exemples
- * une perte d'une portion d'un chromosome.
- * un échange de portions chromosomiques entre deux chromosomes non homologues.
- * la fusion de deux paires de chromosomes assurant une réduction du nombre de chromosomes

b) Les mutations géniques

Ces mutations affectent la séquence des bases au niveau d'un gène. Cette modification a lieu au cours de la réplication de l'ADN. Les gènes mutés peuvent s'exprimer par de nouveaux phénotypes mutants différents du phénotype "sauvage".

Au niveau d'un polypeptide issu de la traduction d'un ARNm, **les conséquences d'une mutation peuvent :**

- * **être nulles** (en raison de la redondance du code génétique) ; On parle alors de **mutation silencieuse** ou **neutre**.
- * **modifier la séquence des acides aminés de la chaîne polypeptidique**.

Ce changement peut conduire à la synthèse d'une protéine anormale, non fonctionnelle.

C - Les propriétés des mutations

a) La mutation est un phénomène rare : Elle survient avec une fréquence de 10^{-6} à 10^{-7} à chaque génération. Cette fréquence peut être augmentée par les agents mutagènes comme les radiations (les rayons X, les rayons β , ultraviolets...qui sont produits par des substances radioactives), l'alcool...

b) La mutation est réversible : par exemple une bactérie sensible à un antibiotique peut devenir résistante et vice versa.

c) La mutation est héréditaire : si les cellules affectées par des mutations sont à l'origine de gamètes, ces mutations sont transmises aux descendants.

d) La mutation est spontanée dans les conditions naturelles.

e) Certaines mutations sont létales (entraînent la mort) d'autres sont **morbides** (engendrant des maladies comme, chez l'Homme, la drépanocytose, la myopathie...) et d'autres sont **viables**, neutres ou même **avantageuses** comme le changement de la couleur du corps chez un papillon nocturne, la Phalène du bouleau (*Biston betularia*), où les mutants sont mieux adaptés que les sauvages dans un milieu pollué.

2 Rôle de la reproduction sexuée dans la diversité génétique :

La diversité génétique des individus issus de la reproduction sexuée s'explique par le brassage des chromosomes lors de la méiose ainsi que par la fécondation qui amplifie cette diversité.

A - Reproduction sexuée chez les spermaphytes

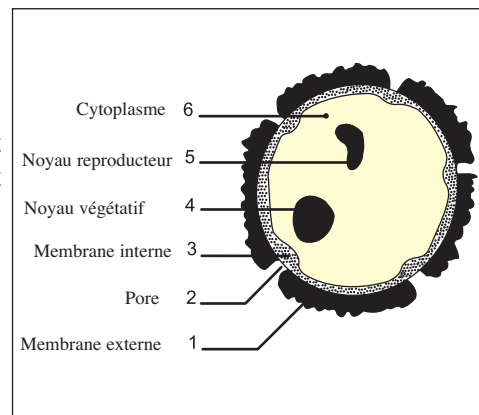
L'appareil reproducteur des plantes à fleurs est constitué par la fleur qui, après fécondation donne naissance au fruit et à la graine. Les étamines représentent les organes reproducteur ♂ ou **androcée**. Le pistil constitue l'organe reproducteur ♀ ou **gynécée**.

Dans l'anthere de l'étamine se forment les grains de pollen contenant les gamètes ♂ et dans l'ovaire du pistil se forment les ovules ou gamètes ♀.

a) Structure et formation du grain de pollen

Le grain de pollen mûr renferme 2 noyaux correspondant à 2 cellules emboîtées, la cellule reproductrice à noyau allongé et la cellule végétative à noyau sphérique. Chaque noyau est formé par un nombre haploïde de chromosomes. Le grain de pollen se forme à partir d'une cellule souche ou cellule mère diploïde qui subit une division cellulaire particulière, la **méiose**, suivie d'une **mitose**.

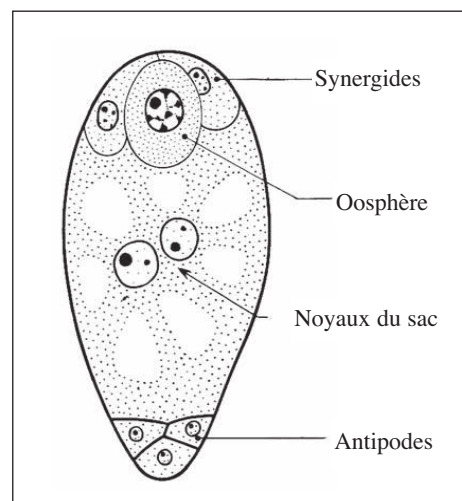
La méiose aboutit à la formation de 4 cellules haploïdes (à n chromosomes chacune) appelées **microspores**. La mitose supplémentaire permet la formation de 2 cellules, toujours à n chromosomes chacune et qui restent emboîtées.



b) Structure et formation de l'ovule

L'ovule renferme le **sac embryonnaire**. Le sac embryonnaire contient 8 noyaux logés dans 6 cellules à un noyau et une 7^{ème} cellule à 2 noyaux.

Le sac embryonnaire se forme aussi à partir d'une cellule mère diploïde qui subit la méiose donnant 4 cellules haploïdes appelées **mégaspores** 3 d'entre elles dégénèrent et une persiste et subit 3 mitoses supplémentaires donnant 6 cellules haploïdes et une cellule à 2 noyaux haploïdes. Ces cellules sont l'**oosphère** et les 2 synergides au pôle micropylaire, les 3 **antipodes** au pôle opposé et la cellule au centre du sac à 2 noyaux.



Sac embryonnaire

c) Les étapes de la méiose

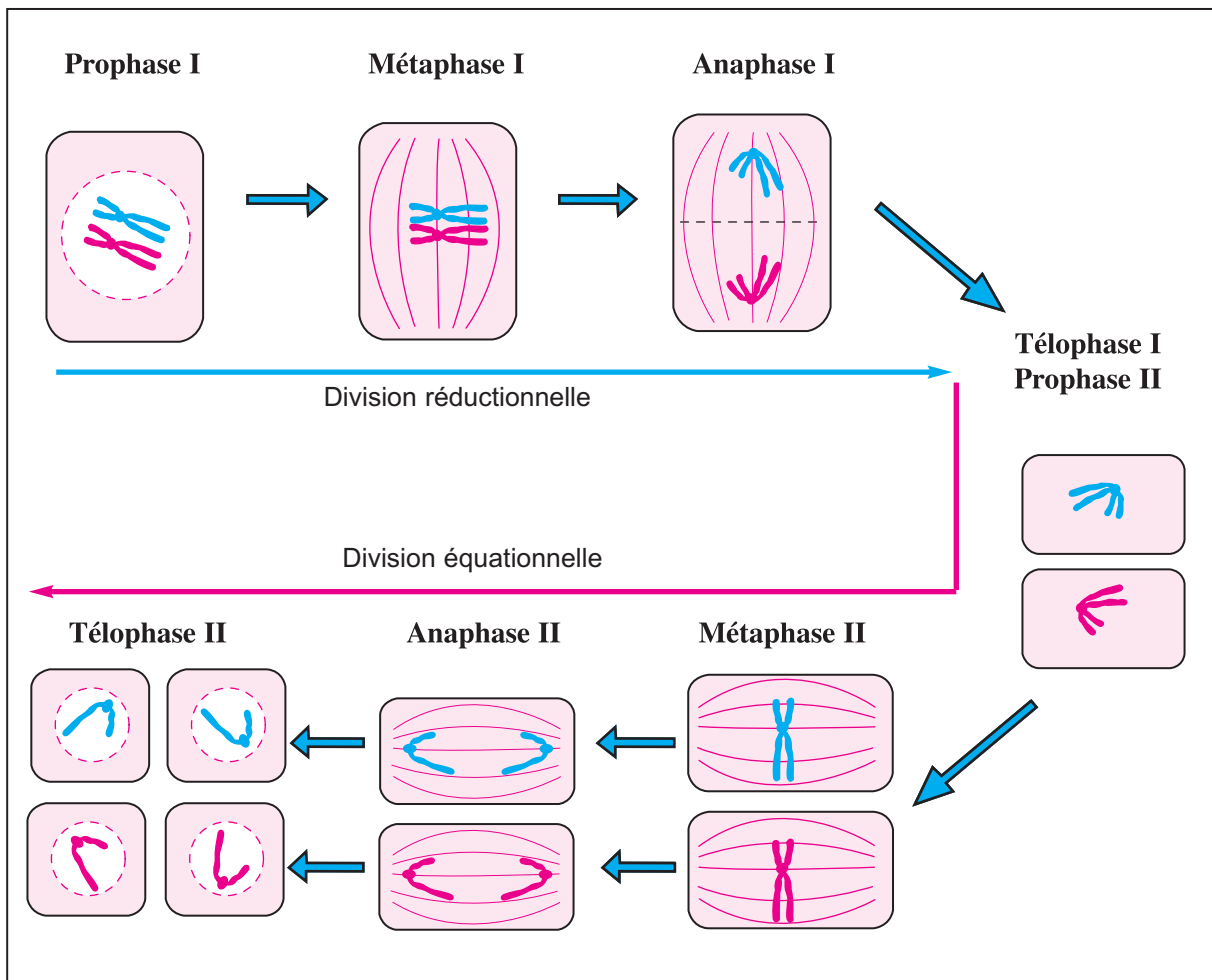
La méiose est une division cellulaire particulière qui affecte des cellules dites germinales. Elle donne naissance à des cellules sexuelles ou gamètes. Elle est précédée par une interphase au cours de laquelle la cellule est active et réalise la réplication de l'ADN. La méiose se compose de deux divisions :

– La division réductionnelle :

Division par laquelle une cellule germinale dite aussi cellule souche diploïde à $2n$ chromosomes (dans le schéma $2n$ est égal à 2) donne 2 cellules haploïdes à n chromosomes chacune.

– La division équationnelle :

Les deux cellules filles issues de la division réductionnelle subissent la division équationnelle en donnant quatre cellules ou gamètes haploïdes à n chromosomes chacun.

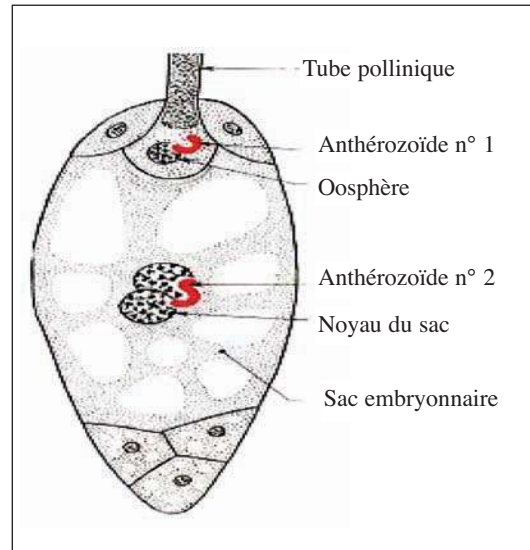


Les étapes de la méiose

d) La fécondation

Chez une espèce donnée, le grain de pollen qui tombe sur le stigmate de la même espèce germe en formant un prolongement appelé **tube pollinique**. Dès le début de la germination, le noyau végétatif s'engage dans ce tube et se place à son extrémité. Le noyau reproducteur s'engage aussi dans le tube pollinique et se divise en 2 **anthérozoïdes**. Le noyau végétatif se désorganise et disparaît dès que la germination est complète. Quand le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, l'un des anthérozoïdes s'unit à l'oosphère en donnant une cellule diploïde : C'est l'**œuf principal** ou œuf-embryon. L'autre anthérozoïde s'unit aux 2 noyaux du sac en donnant une cellule à $3n$ chromosomes appelée l'**œuf accessoire** ou **œuf-albumen**.

C'est la double fécondation caractéristique des angiospermes.



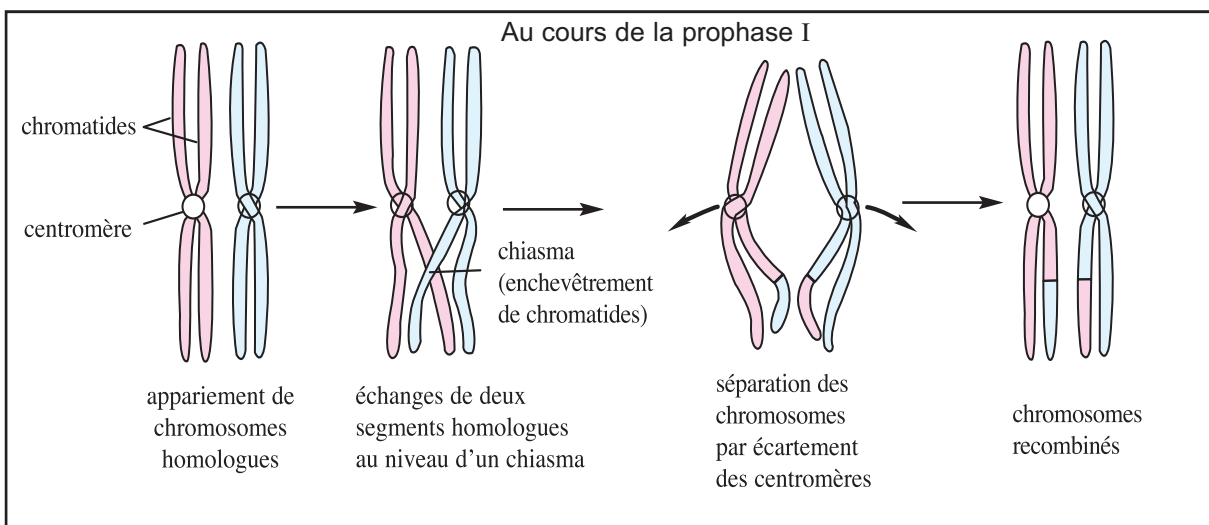
La double fécondation

B - Le brassage génétique au cours de la reproduction sexuée

a) Le brassage intra chromosomique ou brassage allélique

C'est un brassage qui a lieu au cours de la prophase I. Lors de l'appariement des chromosomes homologues (un d'origine maternelle et l'autre d'origine paternelle et dont chacun compte 2 chromatides) des **chiasmata** peuvent avoir lieu entre deux chromatides non sœurs de la même paire favorisant des échanges de fragments de chromatides ou **crossing over**. Le crossing over assure une redistribution du matériel génétique du ♂ et de la ♀. Cette redistribution qui a lieu dans le chromosome est appelée **brassage intrachromosomique**. **Ce brassage est d'autant plus important que le chromosome est long.**

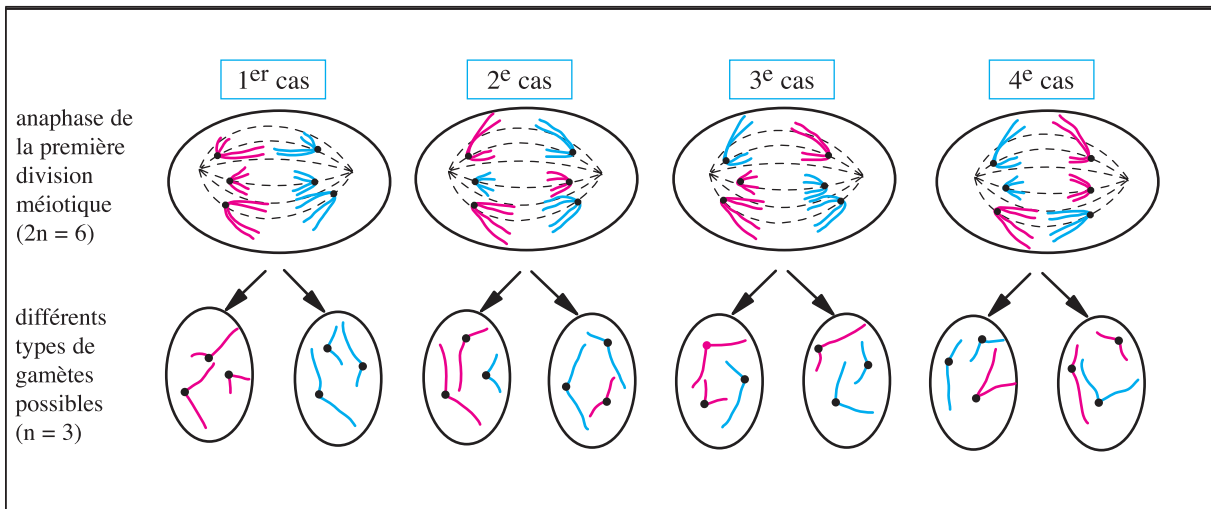
La fréquence de crossing over entre deux gènes est proportionnelle à la distance qui les sépare.



Le brassage intra chromosomique par crossing over

b) Le brassage inter chromosomique :

Il est le résultat de la séparation aléatoire des chromosomes homologues à l'anaphase I. Pour cette raison la **méiose est considérée comme une première loterie de la reproduction sexuée**. Ce brassage permet d'obtenir des gamètes génétiquement différents et il est d'autant plus important que le nombre de chromosomes est grand. Par **brassage inter chromosomique** on aboutit à 2^n gamètes génétiquement différents.



Au cours de la méiose, au brassage intra chromosomique s'ajoute le brassage inter chromosomique et la diversité génétique des gamètes est alors infinie.

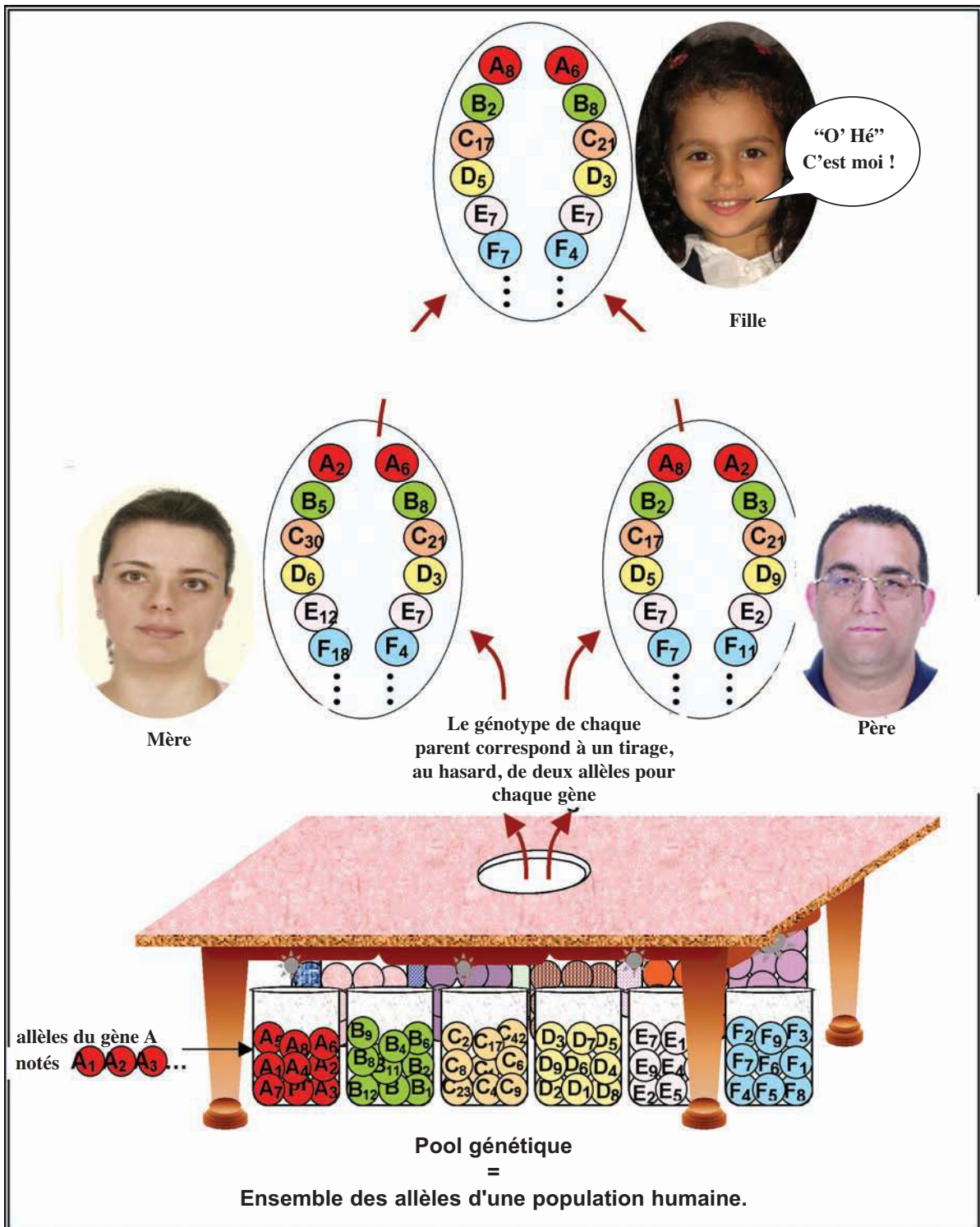
c) Rôle de la fécondation dans la diversité génétique

La fécondation renforce la diversité génétique due à la méiose. La réunion au hasard, dans une même cellule de deux combinaisons chromosomiques de gamètes renforce la diversité. La **fécondation étant considérée comme une deuxième loterie de la reproduction sexuée** et à la loterie de l'hérédité un numéro ne sort qu'une fois.

Si par brassage inter chromosomique, et sans tenir compte du brassage intra-chromosomique, la méiose donne 2^n gamètes différents, la fécondation donnerait $2^n \times 2^n = 2^{2n}$ œufs différents. Soit pour l'espèce humaine : 2^{46} , ce qui est presque infini.

Les génotypes des zygotes et donc des individus sont infinis :
«Qui fait un œuf fait du neuf» (André Langaney)

Le polymorphisme génétique trouve son origine dans les mutations qui créent de nouveaux allèles et puis grâce à la reproduction sexuée qui par le brassage intra et inter-chromosomique crée de nouvelles combinaisons d'allèles.



Rôle de la reproduction sexuée dans la diversité génétique

EXERCICE 1/Q.C.M

Pour chacune des propositions suivantes il peut y avoir une ou plusieurs réponses justes. Mettez devant le numéro de chaque item la ou les lettre(s) correspondant aux affirmation(s) juste (s).

- 1- Le brassage inter-chromosomique au cours de la méiose est le résultat :
 - a- de la disjonction aléatoire des paires homologues de chromosomes à l'anaphase I.
 - b- d'un «crossing over» qui a lieu au cours de la prophase I.
 - c- d'une duplication d'un gène.
 - d- d'une inversion d'une portion d'un chromosome.

- 2- Le(s) mécanisme(s) biologique(s), source de diversité est (sont) :
 - a- la division réductionnelle de la méiose.
 - b- la mitose.
 - c- les mutations.
 - d- la bipartition.

- 3- Le brassage intra-chromosomique correspond à :
 - a- un échange de fragments entre deux chromatides du même chromosome.
 - b- un brassage au moment de la fécondation.
 - c- un brassage qui a lieu au cours de la prophase I de méiose.
 - d- un crossing-over entre 2 chromatides de 2 chromosomes homologues.

- 4- La méiose est une division cellulaire qui se caractérise par :
 - a- une anaphase II qui sépare les chromosomes homologues.
 - b- une anaphase I au cours de laquelle il y a clivage des n centromères.
 - c- une télophase I qui permet la formation de 2 lots de n chromosomes.
 - d- par la possibilité de réalisation de «crossing- over» en prophase I.

EXERCICE 2

Soit la séquence de nucléotides d'un gène, représentée ci-dessous.

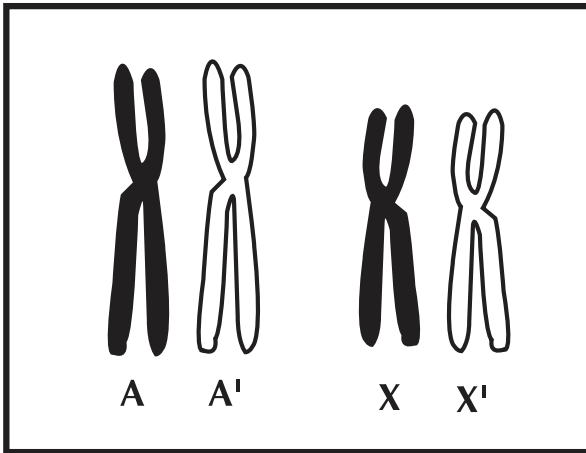
→ Sens de lecture

T - A - C - G - A - C - C - A - C - C - T - C - T - C - C - A - C - G - G - A - C
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

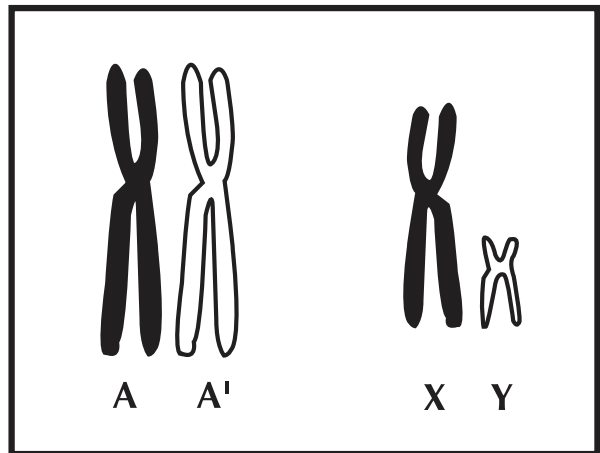
- 1- En vous aidant du tableau du code génétique page 182, donnez la séquence de la chaîne polypeptidique dont ce gène gouverne la synthèse.
- 2- Dégagez la conséquence qu'aurait, sur la structure de ce polypeptide, le remplacement sur le brin d'ADN transcrit du nucléotide de la position 4 par un nucléotide à adénine ?
- 3- Déduisez la conséquence qu'aurait, sur la structure de ce polypeptide, l'incorporation sur le brin d'ADN transcrit d'un nucléotide à thymine entre 6 et 7 et la disparition du nucléotide à cytosine à la position 21 ?

EXERCICE 3

Les deux figures du document suivant représentent chacune deux paires de chromosomes : une paire d'autosomes AA' et une paire de chromosomes sexuels XX et XY pris de caryotypes de femme et d'homme.



Chez la femme



Chez l'homme

- 1- en utilisant les chromosomes schématisés dans le document, représenter la garniture chromosomique des différents types de gamètes ♂ et ♀ que peut donner chacun de ces individus.
- 2- Remplir le tableau suivant en utilisant les lettres A, A', X, X' et Y pour représenter les gamètes ♂ et ♀, ainsi que les zygotes obtenus de leurs rencontres.
- 3- Comparer les garnitures chromosomiques des zygotes obtenus avec celles du document ci-dessus. Que peut-on déduire.

Gamètes ♂	△	△	△	△
Gamètes ♀	△	△	△	△
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○