

De quoi dépend notre santé ?

Notre environnement

Notre comportement

Le hasard



Philippe Geluck

Notre patrimoine génétique

Etude de 3 maladies

LA DRÉPANOCYTOSE, JAMAIS ENTENDU PARLER ?

POURTANT
CHAQUE ANNÉE
EN ILE-DE-FRANCE,
200 BÉBÉS NAISSENT
ATTEINTS PAR
CETTE MALADIE
GÉNÉTIQUE GRAVE

**FAITES-VOUS
DÉPISTER !**

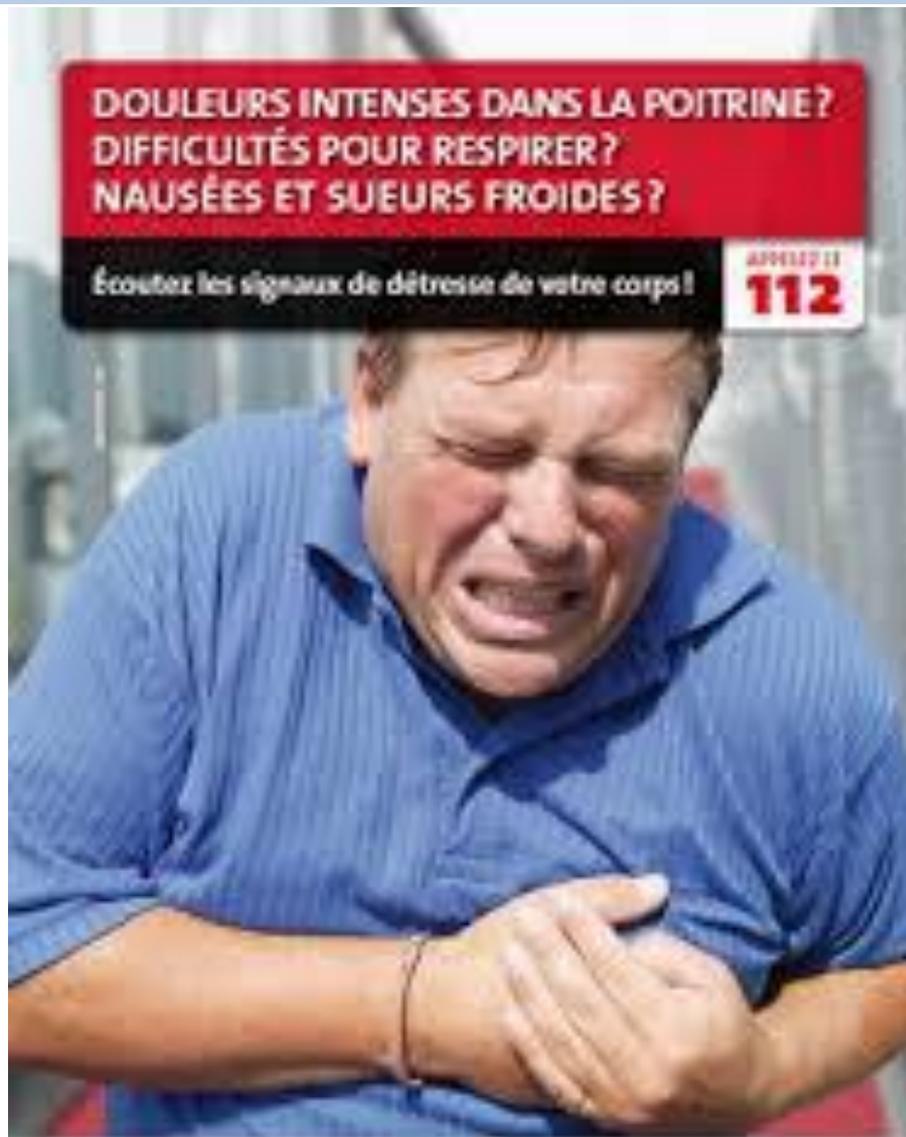
Pour tout savoir, tapez CIDD sur Paris.fr



Oncoengipha - Paris-Dauphine - IGH/parisdauphine.fr



Etude de 3 maladies

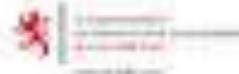


**DOULEURS INTENSES DANS LA POITRINE?
DIFFICULTÉS POUR RESPIRER?
NAUSÉES ET SUEURS FROIDES?**

Écoutez les signaux de détresse de votre corps!

APPELEZ LE
112

L'infarctus du myocarde est une affection
à risque mortel urgent
Risque d'invalidité ou de www.vie.ch



Etude de 3 maladies

WHAT BREAST CANCER CAN LOOK & FEEL LIKE

Recognize something? Don't panic, some changes are normal. But if it stays around be smart—show a doctor.

worldwidebreastcancer.com

feeling a
thick mass

indentation

skin sores

redness or heat

unusual or
new fluid

dimpling

bump

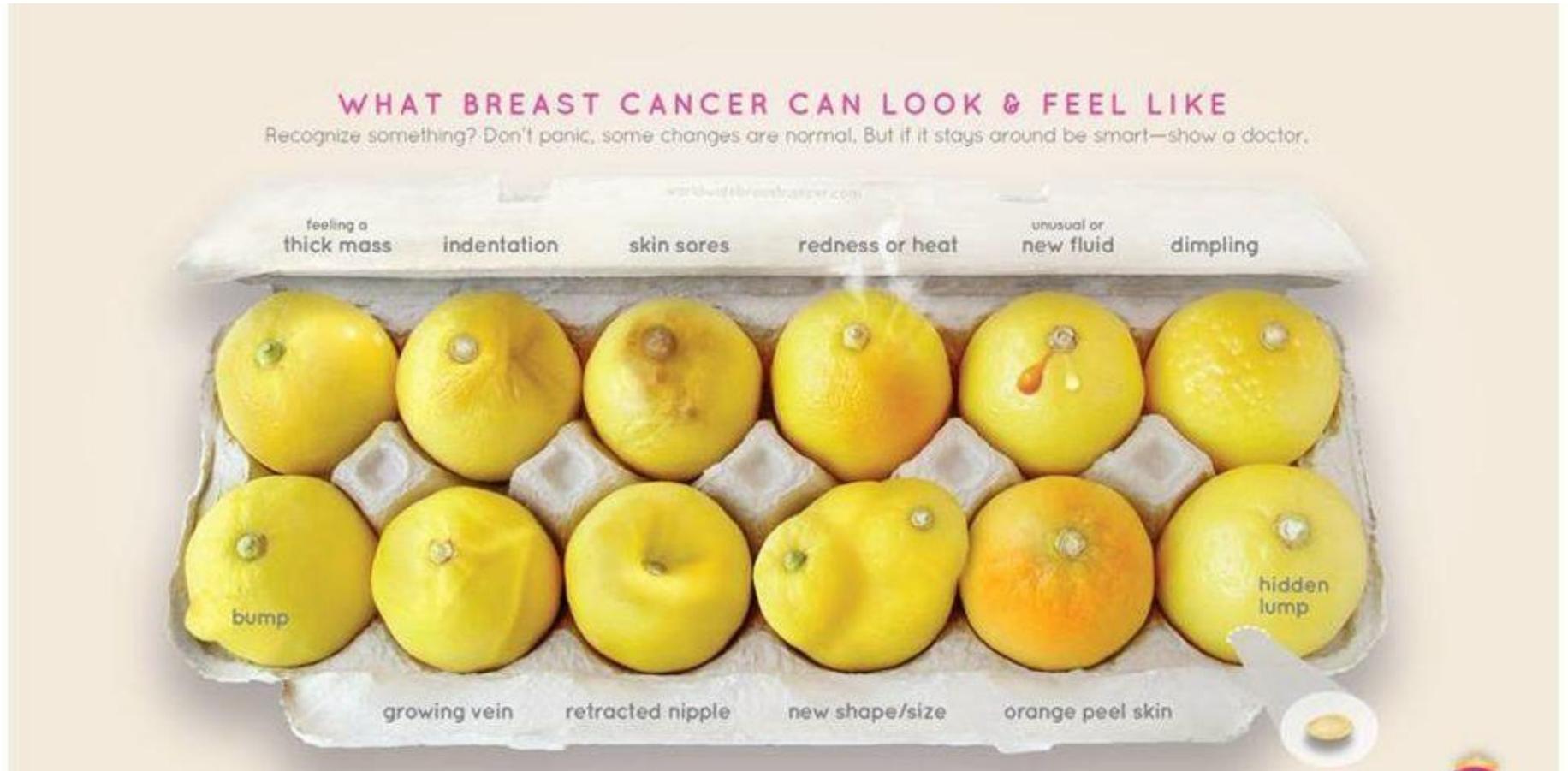
hidden
lump

growing vein

retracted nipple

new shape/size

orange peel skin



I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

Détermination de la composante génétique d'une maladie

- Dorothy Andersen (1901-1963) (ci-contre) est une pédiatre américaine connue pour ses travaux sur la mucoviscidose. Elle réalise entre autre une description détaillée des multiples symptômes de la maladie et participe à l'élaboration d'un test permettant de la diagnostiquer.
- Elle participe également à une étude épidémiologique, menée à New York entre 1938 et 1945 visant à calculer le risque familial relatif dans le cas de la mucoviscidose.
- 31 familles ayant un enfant atteint de mucoviscidose participent à cette étude. Sur les 58 frères et sœurs de ces enfants atteints, 13 sont également malades.
- Or, à cette époque et dans l'état de New York, 1 enfant sur 2500 seulement naît atteint de la maladie.
- On calcule donc le risque relatif de la façon suivante :



$$\text{Risque familial relatif} = \frac{\text{Risque d'être atteint quand on a un frère ou une sœur atteint(e) de la maladie}}{\text{Risque dans la population générale}} = \frac{13/58}{1/2500} = 560$$

b Exemple de calcul du risque familial relatif dans le cas de la mucoviscidose.

Détermination de la composante génétique d'une maladie

Risque
familial
relatif

Risque d'être atteint quand on a un frère
ou une sœur atteint(e) de la maladie

=

Risque dans la population générale

Cancer du sein (1 à 10)
Infarctus du myocarde (2 à 7)

Mucoviscidose (560)
Drepanocytose (plus de 500)

aucune composante
génétique

maladies
plurifactorielles

maladies
génétiques

Risque familial relatif
(plus il est élevé
et plus la maladie
a une composante
génétique forte).



d Interprétation du risque familial relatif en épidémiologie.

Une maladie multifactorielle est une maladie qui a des composantes génétiques et environnementales.

I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

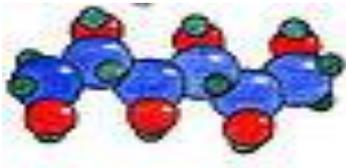
II] Un exemple de maladie génétique : la drépanocytose

Génotype =
ensemble des allèles d'un individu



Phénotype =
ensemble des caractères observables d'un individu

moléculaire

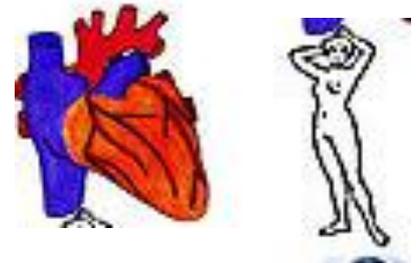


protéine

cellulaire



macroscopique



I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

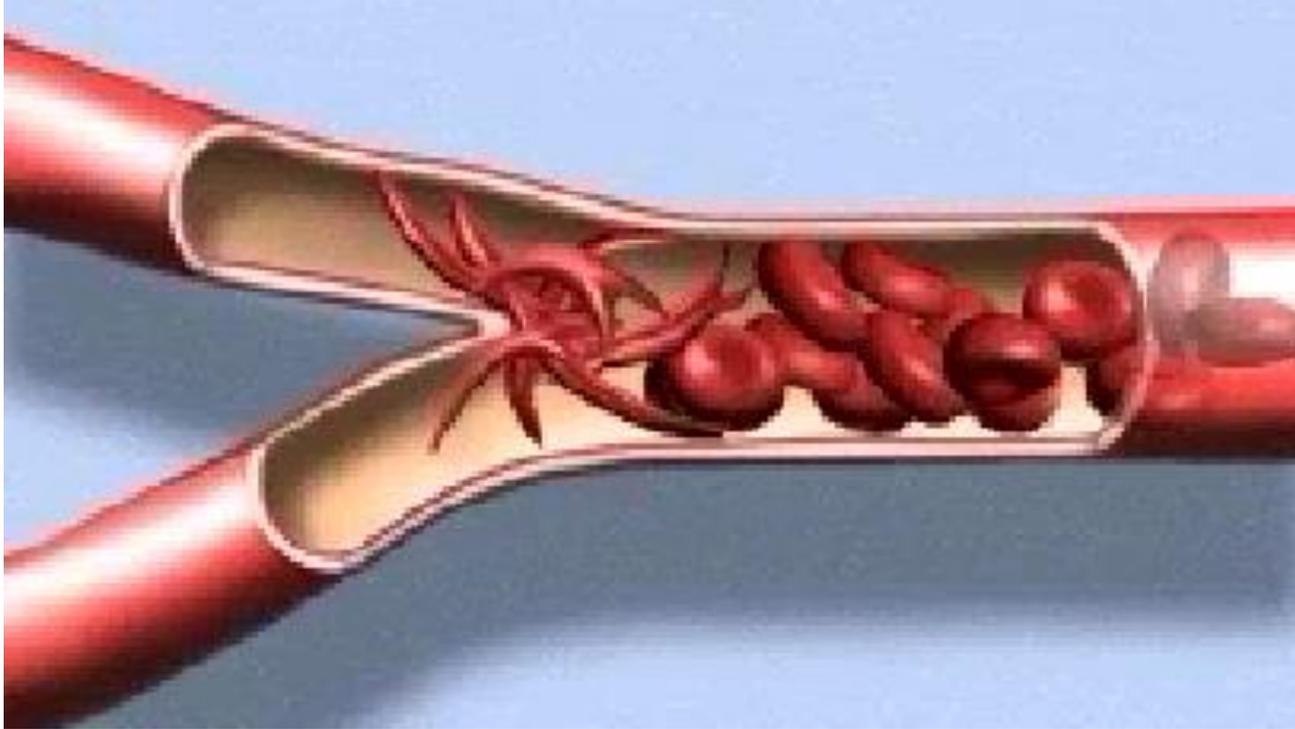
II] Un exemple de maladie génétique : la drépanocytose

A. Le phénotype de la drépanocytose aux différentes échelles

Phénotype macroscopique

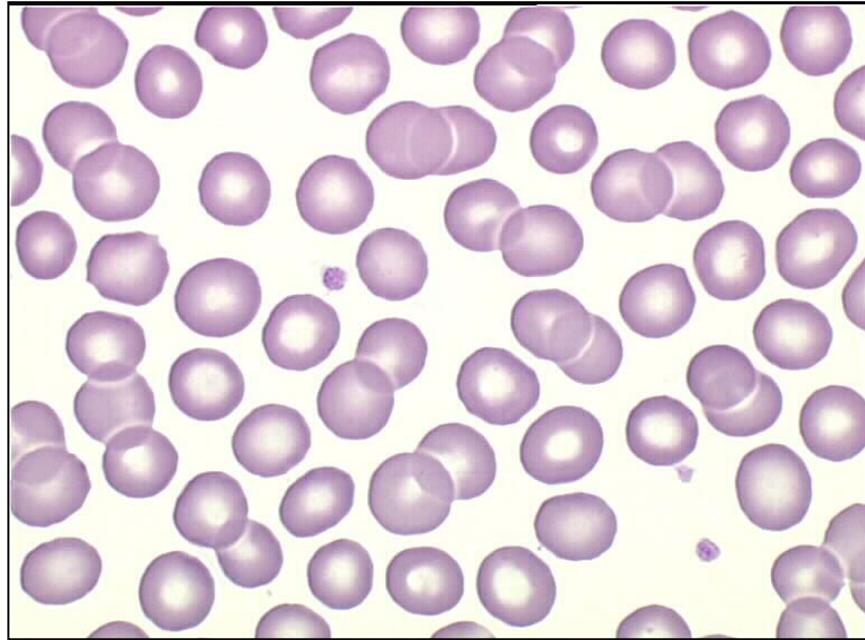
- Anémie
- Articulations douloureuses
- Essoufflement
- Fatigue

Le phénotype macroscopique

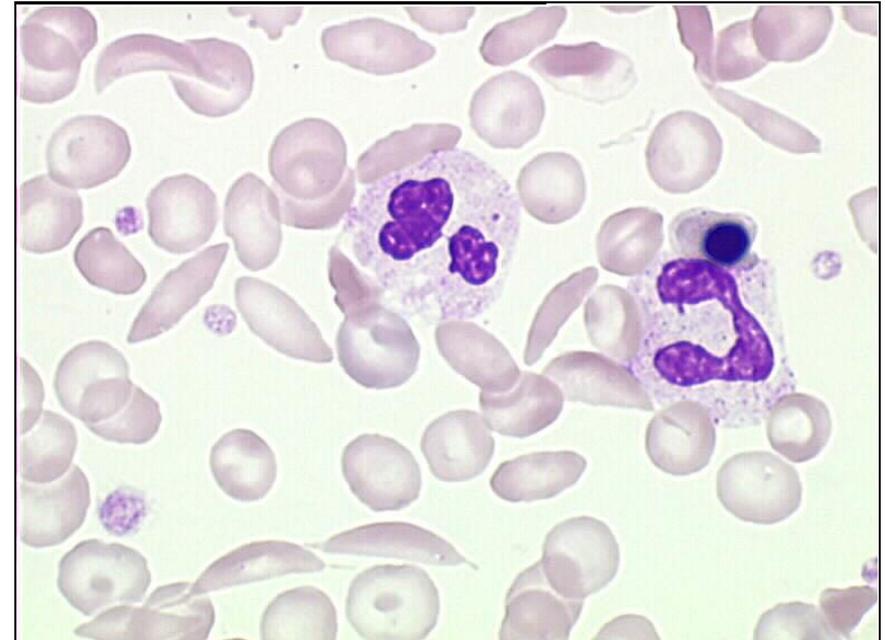


- Problèmes circulatoires

Le phénotype cellulaire



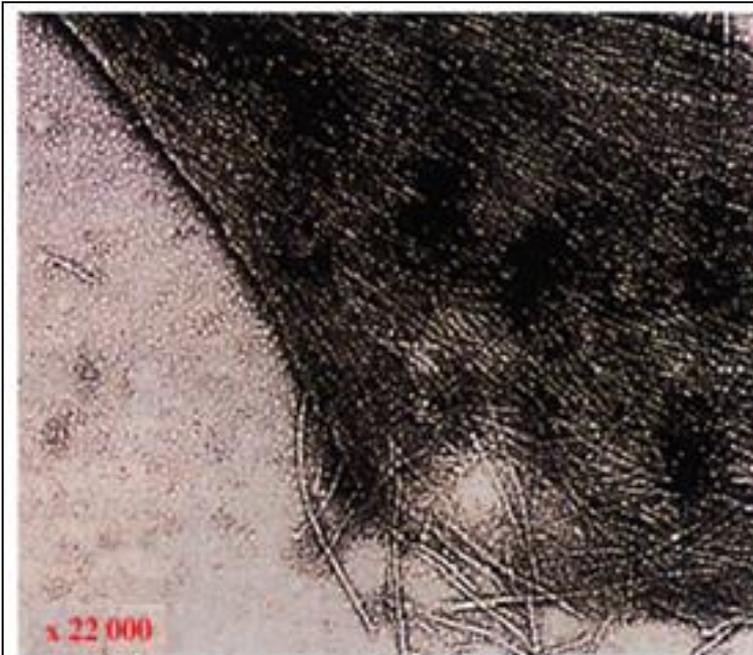
Frottis sanguin d'un individu sain



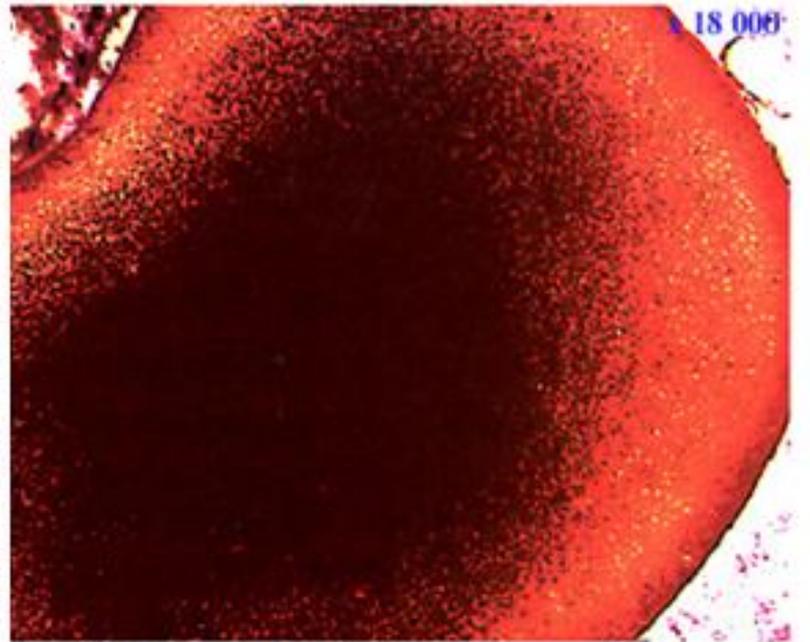
Frottis sanguin d'un individu atteint

- Globules rouges déformés (forme de **faucille**)

Le phénotype moléculaire



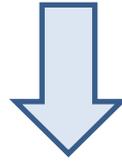
**Hémoglobine de malade
polymérisée**



Hémoglobine normale

- Hémoglobine **polymérisée** sous forme de fibres

Phénotype moléculaire : hémoglobine polymérisée



Phénotype cellulaire : déformation et fragilisation des hématies



Phénotype macroscopique : problèmes circulatoires, difficultés d'oxygénation des organes, crises douloureuses, anémie.

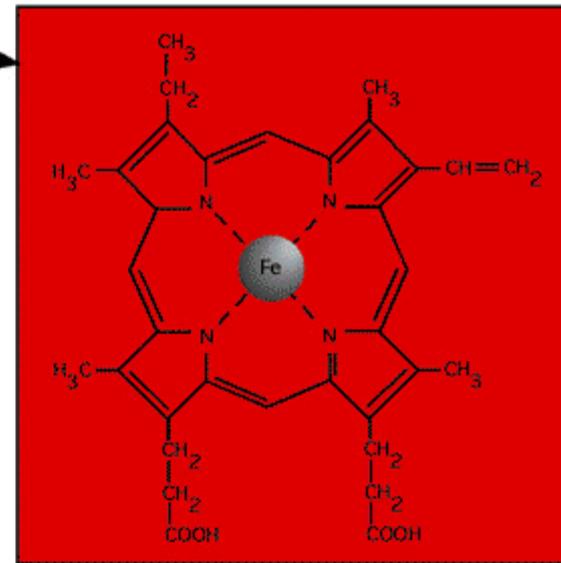
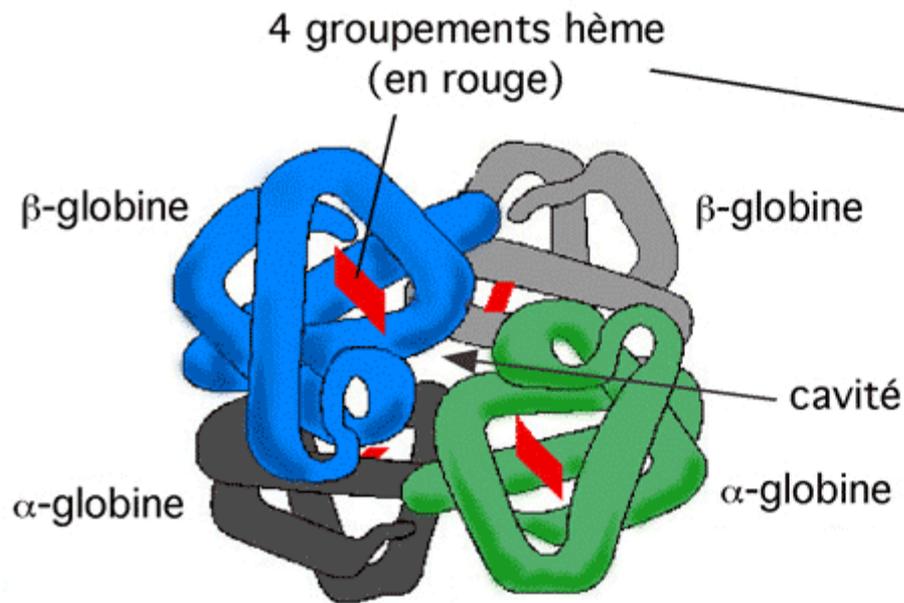
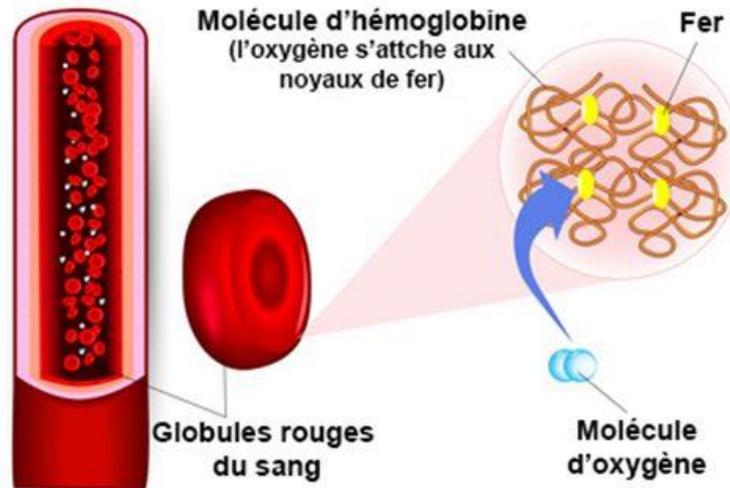
I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

II] Un exemple de maladie génétique : la drépanocytose

A. Le phénotype de la drépanocytose aux différentes échelles

B. Le déterminisme génétique de la drépanocytose

Hémoglobine



DREPANOCYTOSE

Comparaison du gène de la chaîne bêta de l'hémoglobine chez un individu sain et chez un individu drépanocytaire avec Anagène

The screenshot shows a multiple sequence alignment window. The top part of the window displays a progress bar with markers at 1, 10, and 20. Below the progress bar, the text "Alignement multiple d" is visible. The alignment table has four rows: "Traitement", "Identités", "betacod.adn", and "drepcod.adn". The "betacod.adn" row shows the sequence "GTGCACCTGACTCCTGAGGAG". The "drepcod.adn" row shows a dash followed by a "T" at position 17, indicating a point mutation. A red box highlights this "T" mutation.

	1	10	20
Traitement			
Identités			
betacod.adn	G	T	C
drepcod.adn	-	-	T

DREPANOCYTOSE

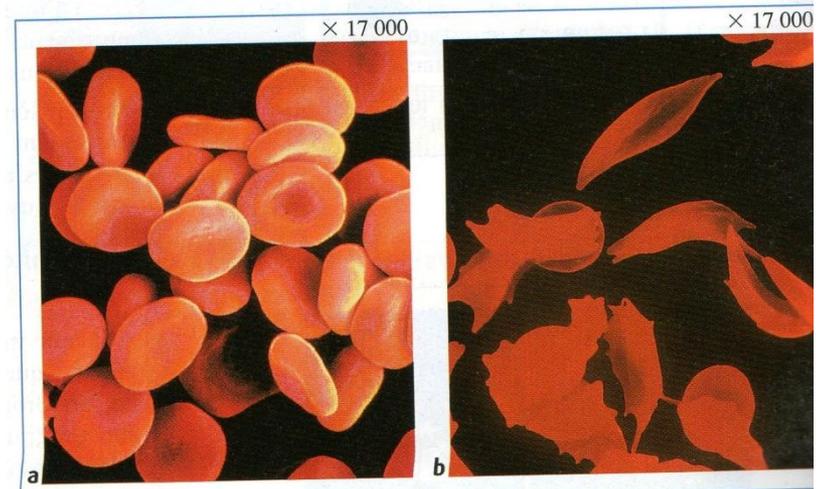
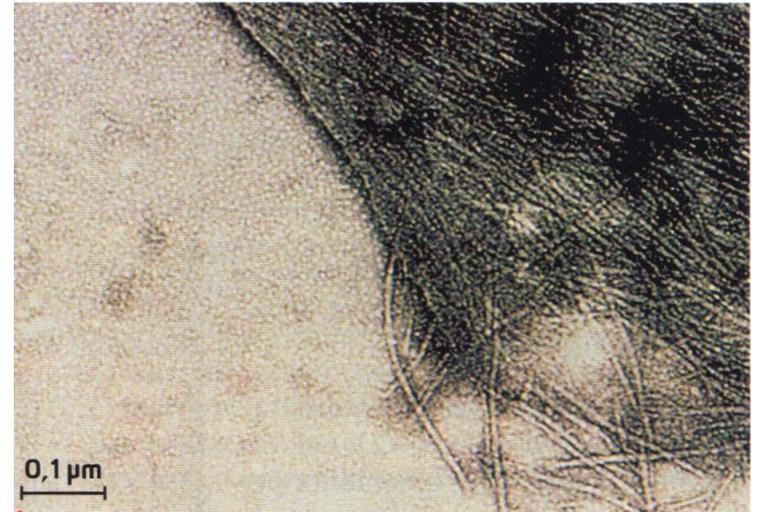
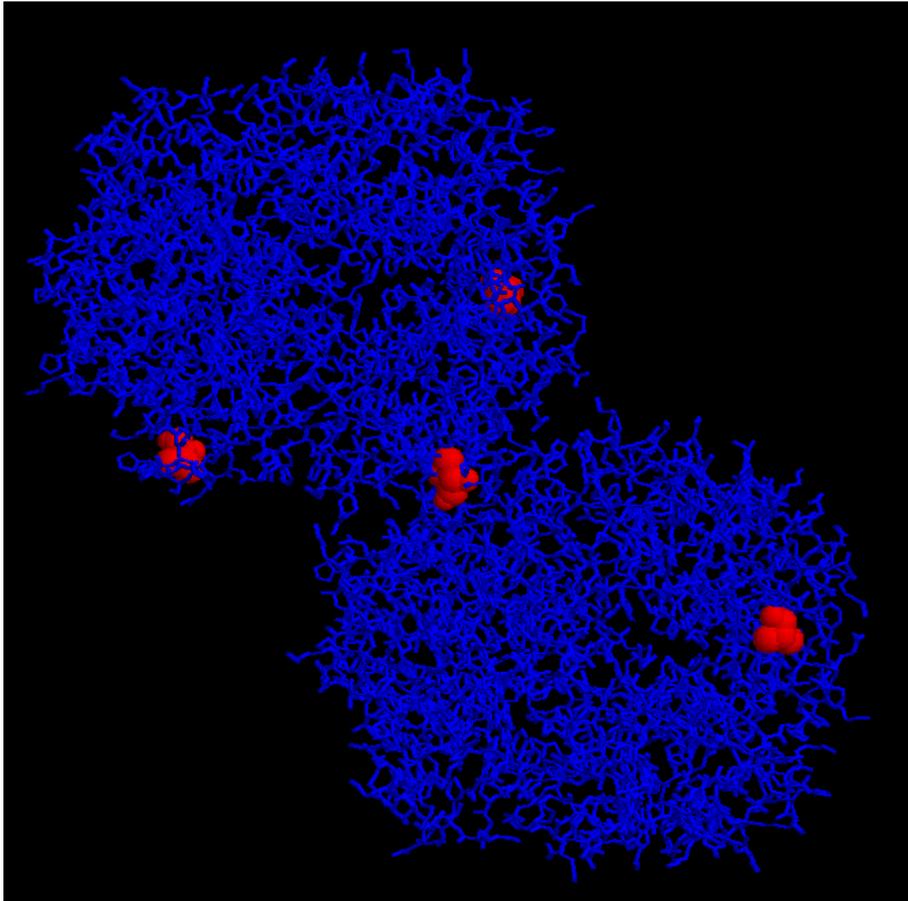
Comparaison la chaine bêta de l'hémoglobine chez un individu sain et chez un individu drépanocytaire avec Anagène

The screenshot displays a multiple sequence alignment interface. On the left, a control panel includes a scroll bar, a 'Traitement' button, and fields for 'Identités', 'betacod.pro', and 'drepcod.pro', each with a left and right arrow and a '0' value. Below these is a 'Sélection : 0/4 lignes' indicator. The main alignment area shows two sequences: 'betacod.pro' (wild-type) and 'drepcod.pro' (sickle cell). The wild-type sequence is ValHisLeuThrProGluGluLysSerAlaVal. The sickle cell sequence is Val- - - - Val- - - -. A red box highlights the gap in the sickle cell sequence at position 6, where the wild-type has a Glu residue. Above the alignment, positions 1, 5, and 10 are marked with exclamation marks and a vertical line. The text 'Alignement multiple de séquences' is displayed in blue.

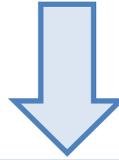
	1	5	10
!	!	!	!
!	!	!	!
Alignement multiple de séquences			
* * * * *			
ValHisLeuThrProGluGluLysSerAlaVal			
- - - - - Val- - - - -			

DREPANOCYTOSE

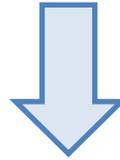
Polymérisation des hémoglobines S chez un individu malade



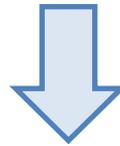
Génotype : Adénine17 ↔ Thymines17



Phénotype moléculaire : Glutamate 6 ↔ Valine 6



Phénotype cellulaire : déformation et fragilisation des hématies

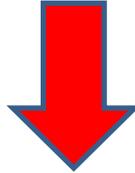


Phénotype macroscopique : problèmes circulatoires, difficultés d'oxygénation des organes, crises douloureuses et anémie.

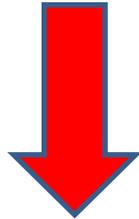
Séquence de nucléotides d'un gène



Séquence d'acides aminés et structure 3D d'une protéine



Phénotype cellulaire



Phénotype macroscopique

génotype =
ensemble des allèles d'un individu



Phénotype =
ensemble des caractères observables d'un individu

I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

II] Un exemple de maladie génétique : la drépanocytose

A. Le phénotype de la drépanocytose aux différentes échelles

B. Le déterminisme génétique de la drépanocytose

C. La transmission héréditaire de la drépanocytose

Génotype et phénotype dans le cas de la drépanocytose

Génotype	Phénotype
(A//A)	sain
(A//S)	sain
(S//S)	malade

A = allèle sain
S = allèle délétère

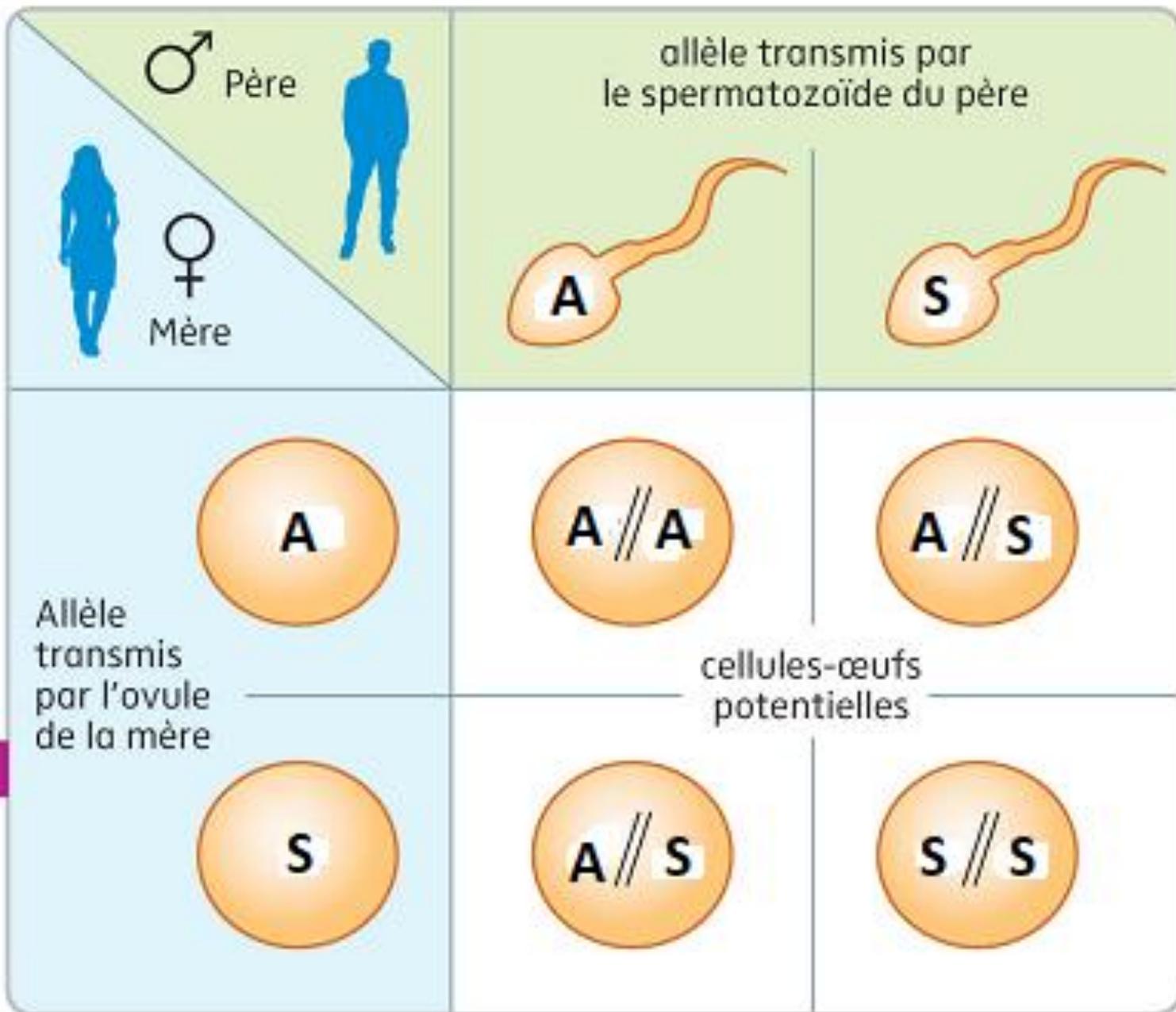
Porteur sain

maladie récessive

maladie monogénique

maladie autosomale

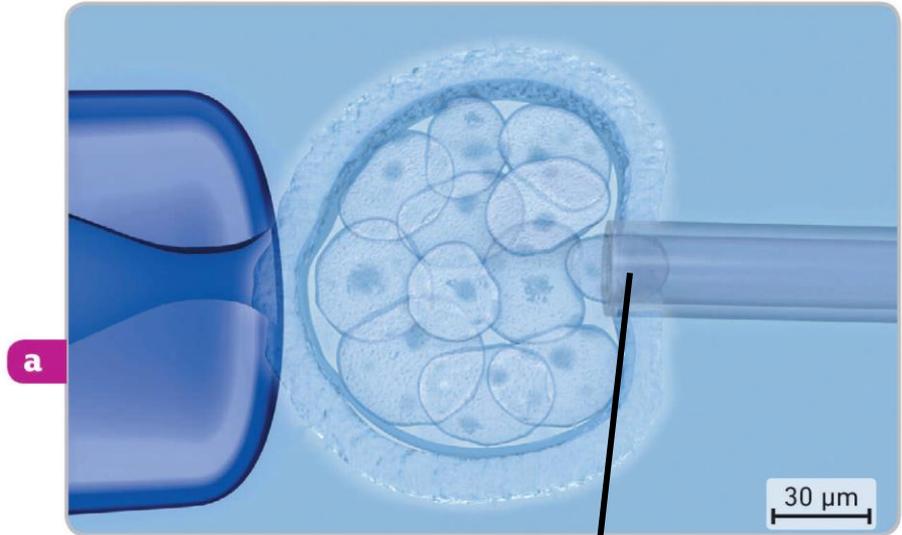
Tableau de fécondation



Le DPI = diagnostique pré-implantatoire

- Le DPI est encadré très strictement par la loi de **bioéthique**. Il est uniquement autorisé si un couple a un risque élevé (environ 25 à 50 %) de transmettre une maladie **grave** et **incurable** à sa descendance.

Photographie du prélèvement d'une cellule d'embryon obtenu par FIV afin de réaliser un dépistage génétique de la mucoviscidose. Seuls les embryons non porteurs des mutations recherchées seront réimplantés.



- Prélèvement d'une cellule de l'embryon
- **Séquençage** du gène afin de déterminer les allèles présents chez l'embryon

I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

II] Un exemple de maladie génétique : la drépanocytose

A. Le phénotype de la drépanocytose aux différentes échelles

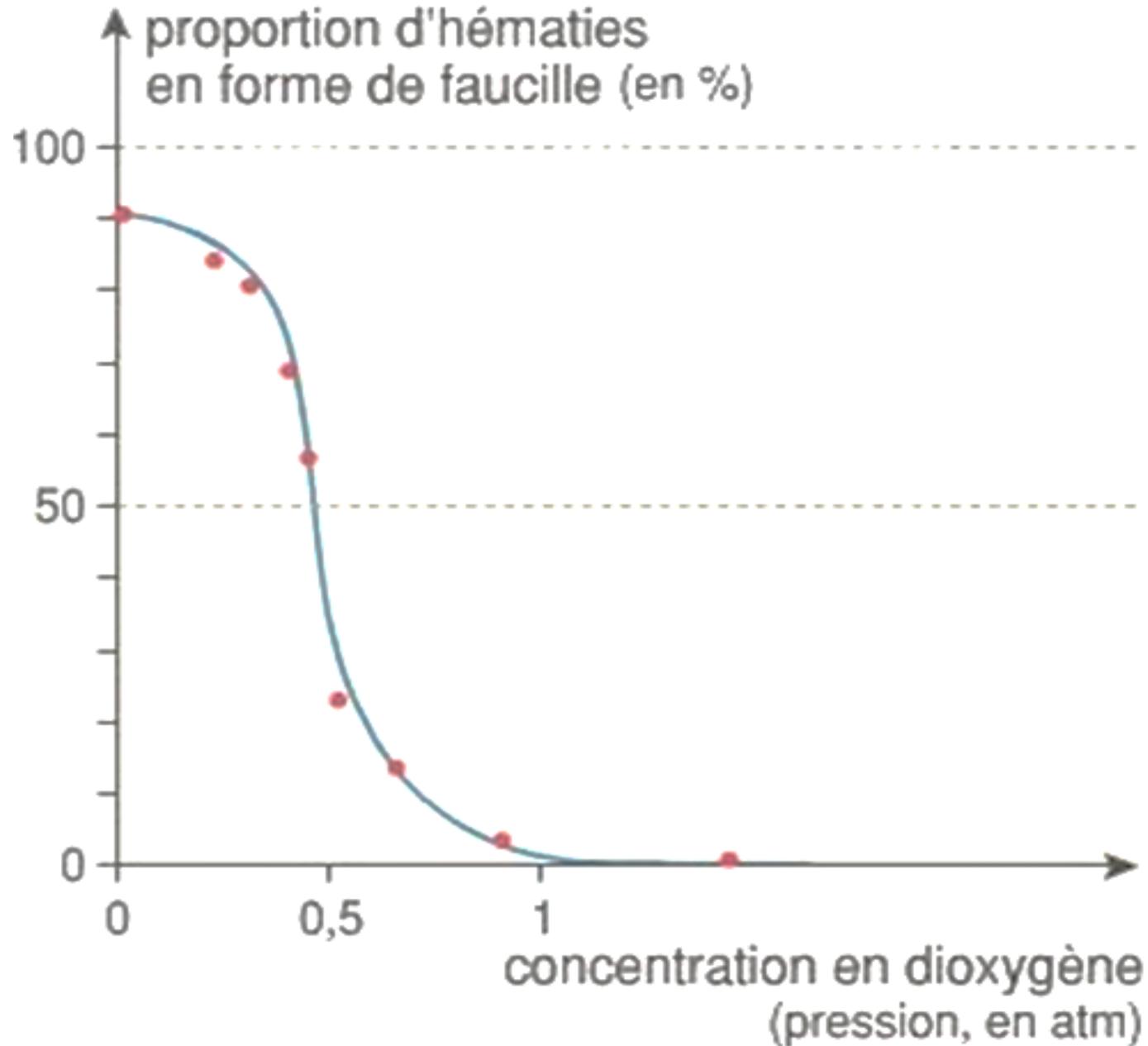
B. Le déterminisme génétique de la drépanocytose

C. La transmission héréditaire de la drépanocytose

D. Traitements actuels et espoir de la thérapie génique

Cas de la drépanocytose

Influence de l'environnement sur le phénotype drépanocytaire



La thérapie génique

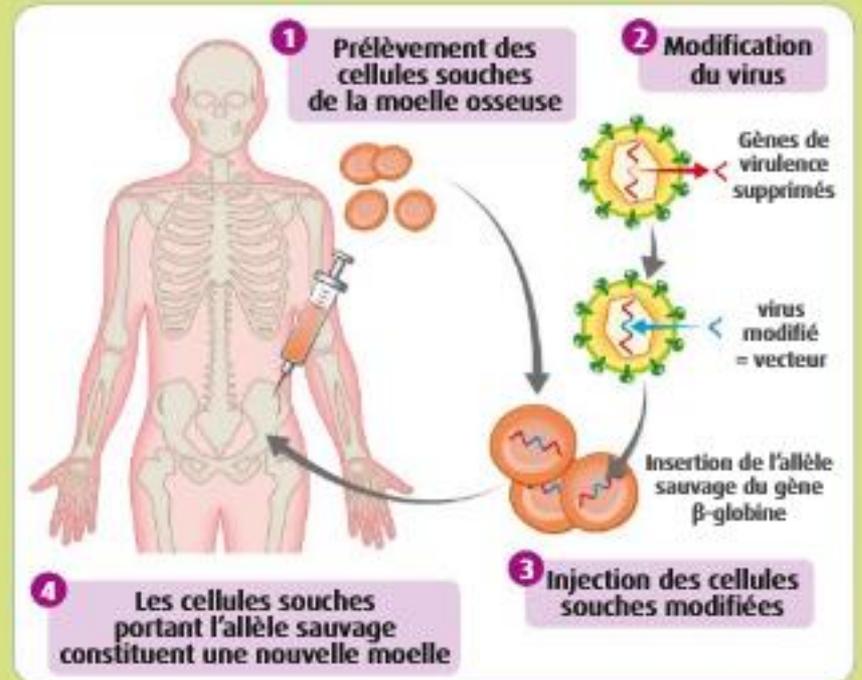


Interview de Marina Cavazzana, pédiatre hématologue à l'hôpital Necker.

.....

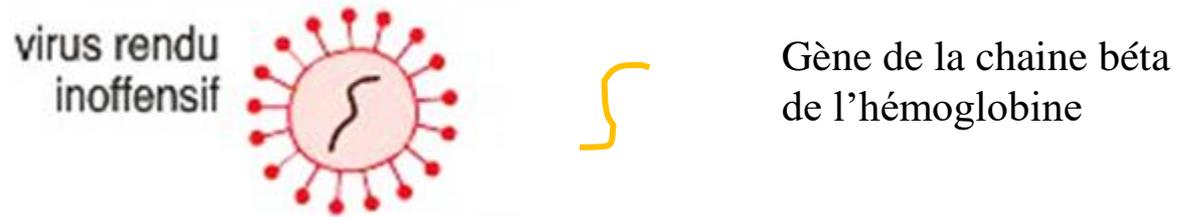
En 2016, pour la première fois, un jeune patient souffrant de drépanocytose est traité à l'aide de ses propres cellules souches prélevées par ponction de la moelle osseuse, puis modifiées à l'aide d'un vecteur rétroviral. Ce vecteur est dérivé du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) inactivé auquel on a inséré un allèle sauvage (ou « normal ») du gène de la β -globine. Après une chimiothérapie destinée à éliminer des cellules souches porteuses du gène muté de la β -globine, les cellules souches modifiées sont injectées afin de constituer une nouvelle moelle. L'hémoglobine HbS continue d'être produite, mais elle entre en compétition avec l'hémoglobine saine nouvellement synthétisée, et, au bout de trois mois, la nouvelle hémoglobine représente 48 % de l'hémoglobine présente dans le sang du patient. Cette thérapie a permis d'améliorer considérablement la prise en charge de cette maladie. À ce jour, les patients

traités avec la thérapie génique ne présentent en effet plus aucun symptôme, mais une surveillance accrue est encore nécessaire dans les années à venir afin de s'assurer que le traitement n'entraîne pas d'effets indésirables imprévus.

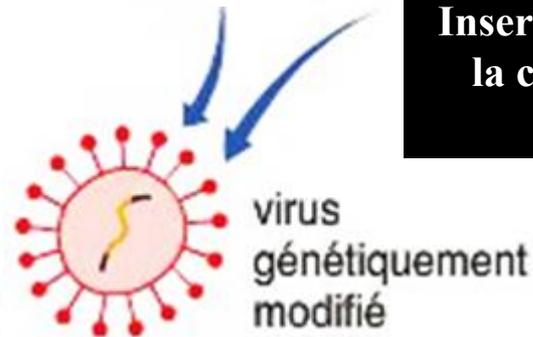


6 La thérapie génique, un espoir de traitement de la drépanocytose.

La thérapie génique : drépanocytose

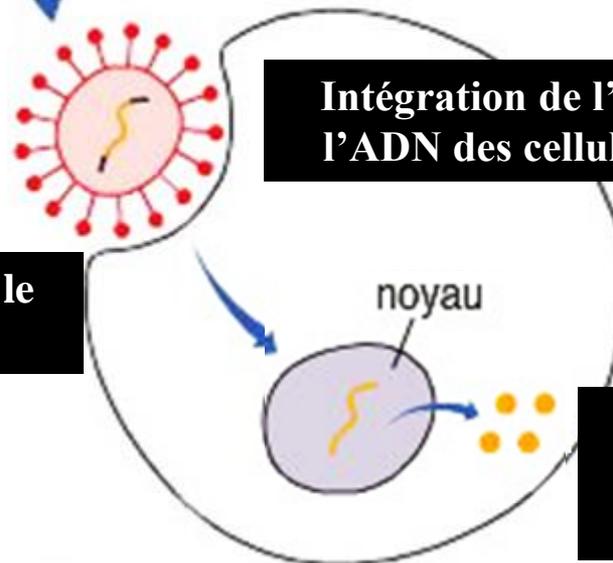


Insertion de l'allèle fonctionnel de la chaîne bêta de l'Hb dans un virus inoffensif



Intégration de l'allèle fonctionnel à l'ADN des cellules souches

Infection des cellules souches par le virus modifié



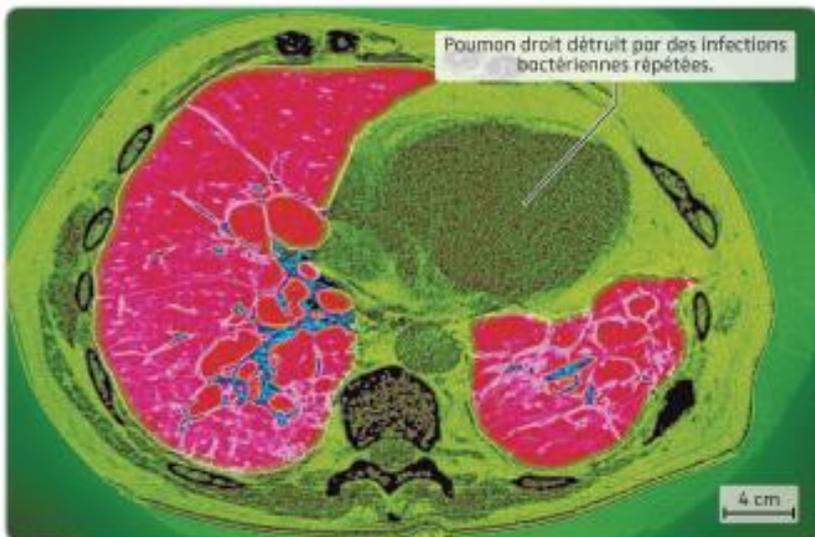
Production de GR qui expriment l'allèle intégré => production de hémoglobine normale

Un autre exemple de maladie génétique : la mucoviscidose

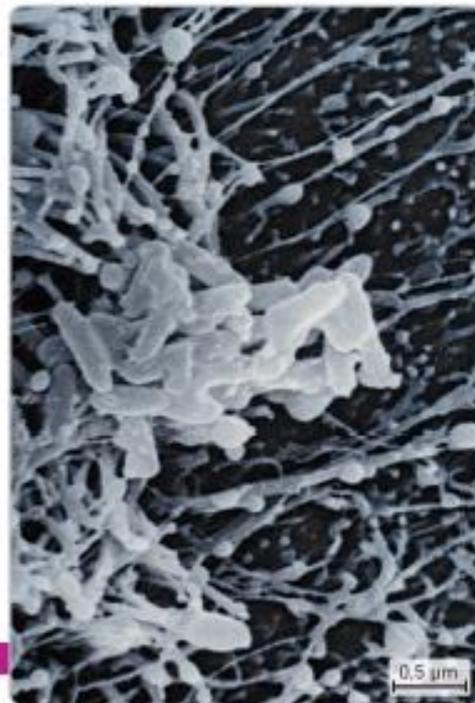
A partir du livre p 316 et 317 :

→ Rechercher les manifestations de la mucoviscidose aux différentes échelles du phénotype (macroscopique, cellulaire et moléculaire) => présenter les résultats dans un tableau

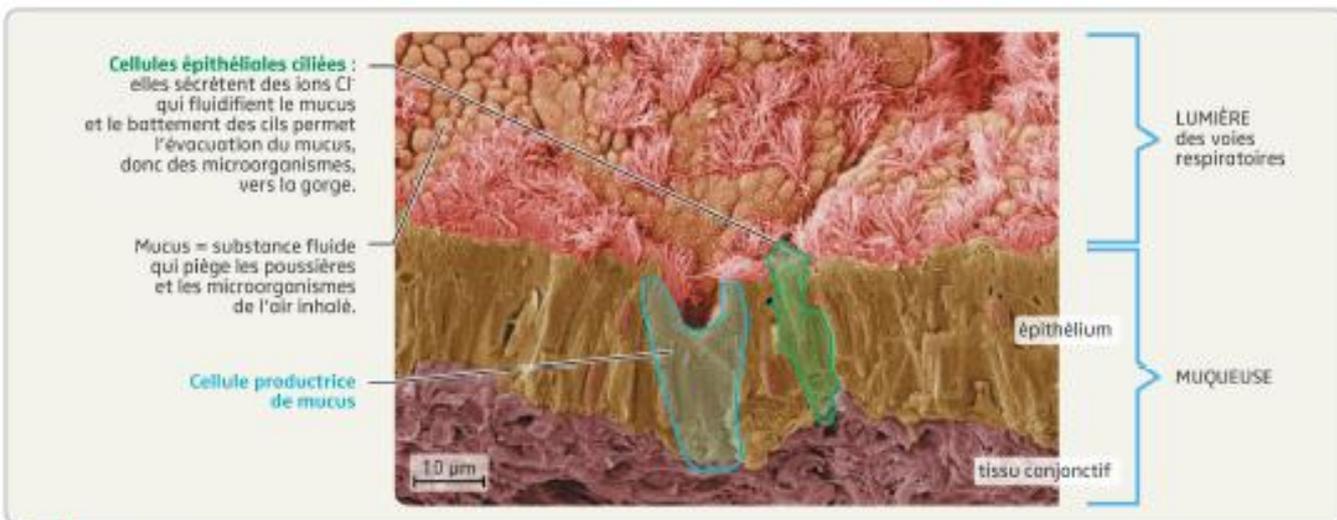
→ Mettre en relation ces différentes échelles du phénotype pour montrer comment la mutation d'un gène peut être responsable des symptômes à l'échelle macroscopique.



a IRM d'un patient atteint de mucoviscidose, coupe radiale. De nombreux organes sont touchés, mais l'importance de l'atteinte respiratoire détermine la gravité de la maladie.

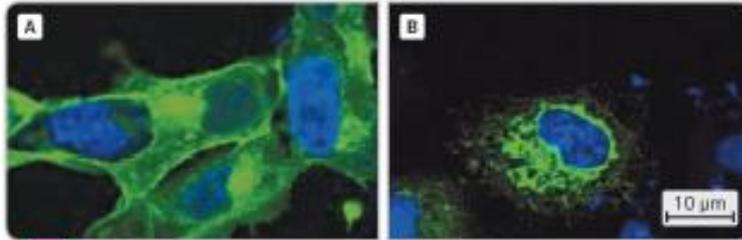


b Observation au MEB de bactéries se développant dans du mucus.



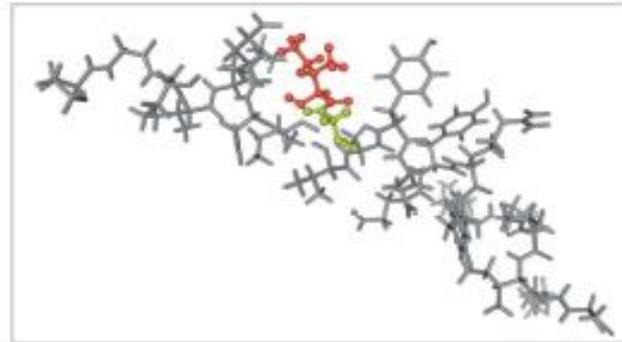
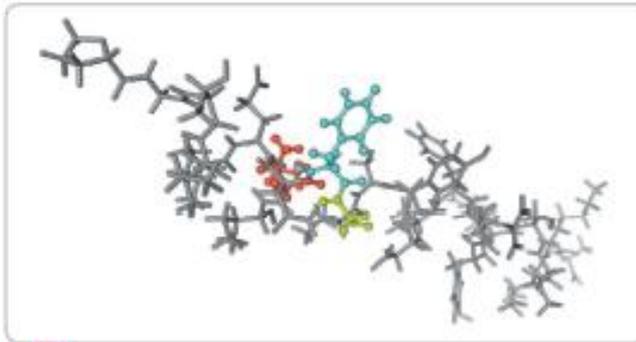
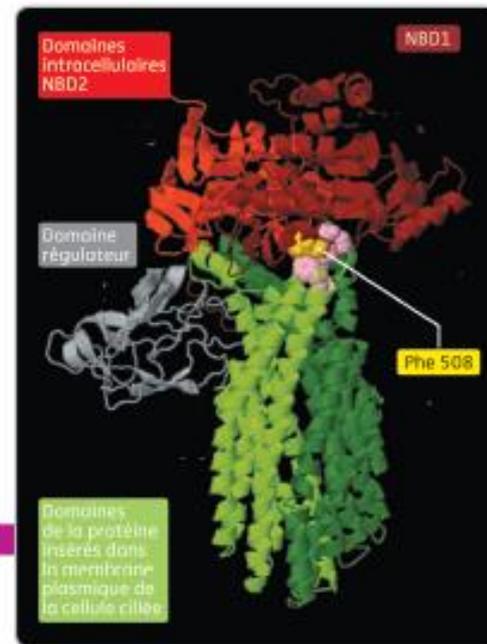
c La sécrétion et le rôle du mucus au niveau d'un épithélium respiratoire sain (observation au MEB). Chez les malades, le mucus est anormalement visqueux.

2 JUSTIFIER l'origine génétique de la maladie



- d** Observation en microscopie à fluorescence de cellules épithéliales ciliées. En bleu, le noyau des cellules. En vert, les protéines CFTR, implantées dans la membrane des cellules saines (image A) et bloquées dans le cytoplasme des cellules des malades (image B). La protéine CFTR est un transporteur d'ions Cl⁻.

e **Modèle moléculaire de la protéine CFTR normale avec localisation de l'acide aminé Phe508.** Il a été montré que l'acide aminé Phe508 est indispensable à une bonne conformation de la protéine.



- f** Modèle moléculaire du domaine NBD1 d'une protéine CFTR d'un individu sain (à gauche) et d'un individu malade (à droite). En bleu, l'acide aminé Phe 508.

g Copie d'écran de la comparaison de la séquence de l'allèle CFTR normal et muté avec le logiciel Anagène. Le gène CFTR, localisé sur la paire de chromosomes 7, permet la synthèse de la protéine CFTR. Le curseur repère le premier des deux seuls codons touchés par la mutation.

Comparaison avec alignement		1470	1480	1490	1500	1510	1520	1530
Traitement	-						
Identité	-						
CFTRnormal.acn	-	TCTGTTCTCAGTTTCTCGGATTTGCCCTGCCGCCATTAAACAAAATATCATCTTTGCTGTTTCC						
CFTRmuté.acn	-						
Sélection: 0/4 lignes								

Le curseur repère le premier des deux seuls codons touchés par la mutation.

Chapitre 1 : Patrimoine génétique et santé

I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

II] Des maladies génétiques

III] Des maladies plurifactorielles : exemple du cancer

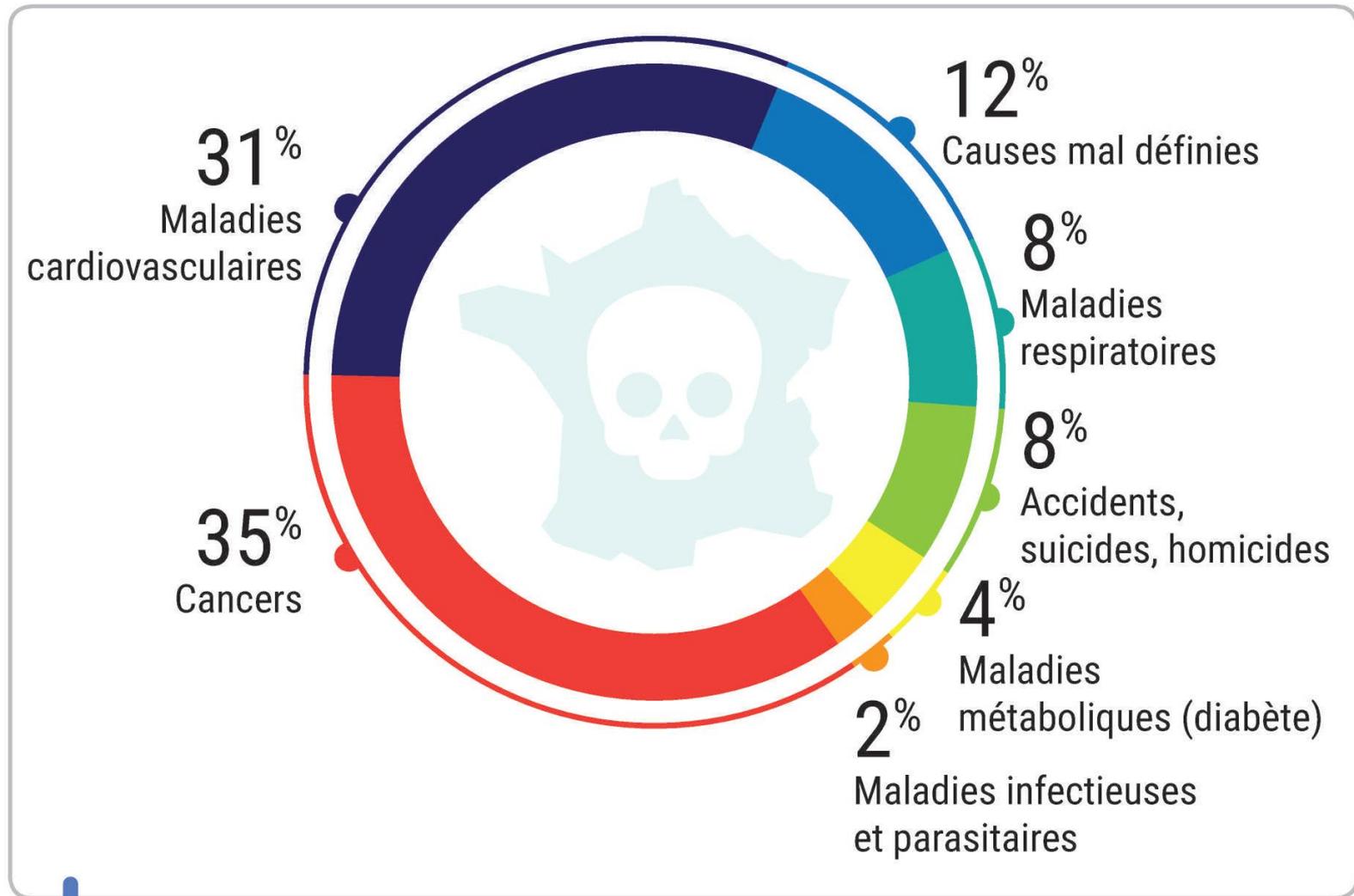
Chapitre 1 : Patrimoine génétique et santé

I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

II] Des maladies génétiques

III] Des maladies plurifactorielles

Cause des décès en France



Causes des décès en France en 2013.

I] Détermination de la composante génétique d'une maladie

II] Des maladies génétiques

III] Des maladies plurifactorielles

A. l'infarctus du myocarde

Infarctus du myocarde

Symptômes de l'infarctus



Douleur dans la poitrine,
le cou, la mâchoire,
le bras gauche



Souffle court



Nausées
ou vomissements



Anxiété



Sueurs



Étourdissement

Chez la femme, les symptômes sont parfois différents :



Épuisement



Essoufflement
récurrent

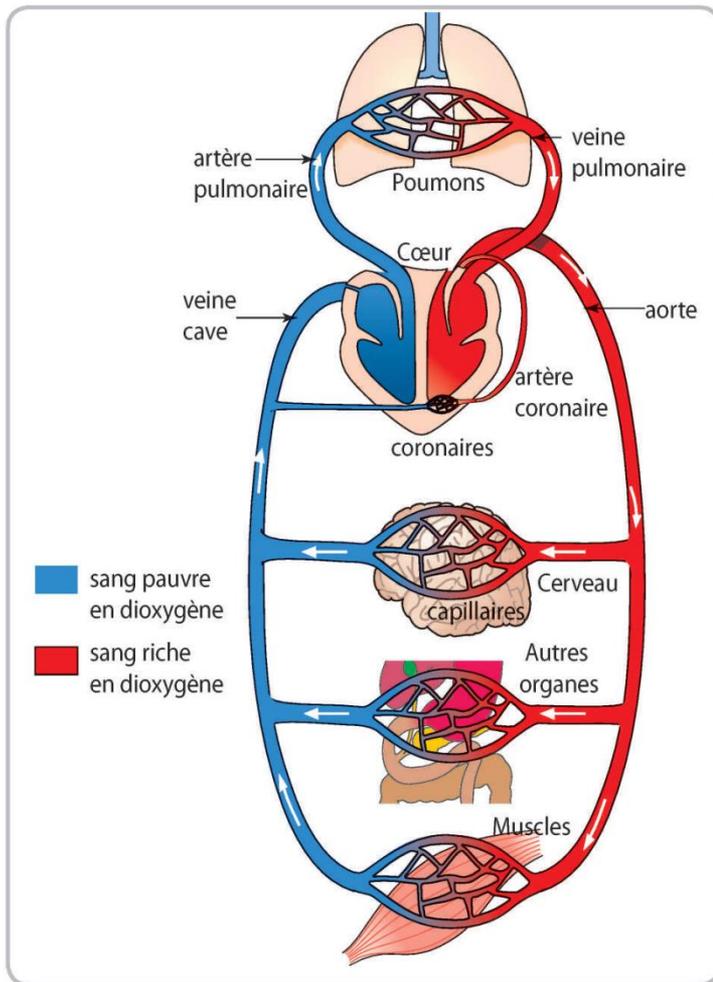


Nausées et perte
d'appétit

a Principaux symptômes de l'infarctus. Il est essentiel de prévenir rapidement les secours dès l'apparition des premiers symptômes car l'infarctus peut rapidement provoquer un arrêt cardiaque.

Origine

Origine biologique de l'infarctus



e Schéma de la circulation sanguine.

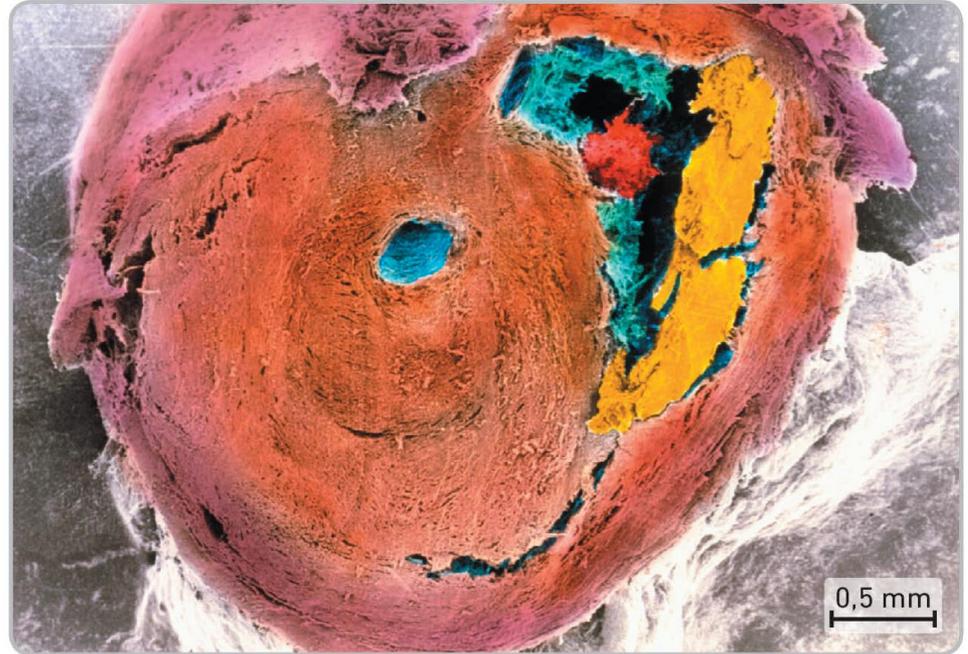


f Coronarographie du cœur montrant le réseau coronarien. Les artères coronaires sont situées directement contre et dans la paroi du muscle cardiaque.

Origine biologique de l'infarctus



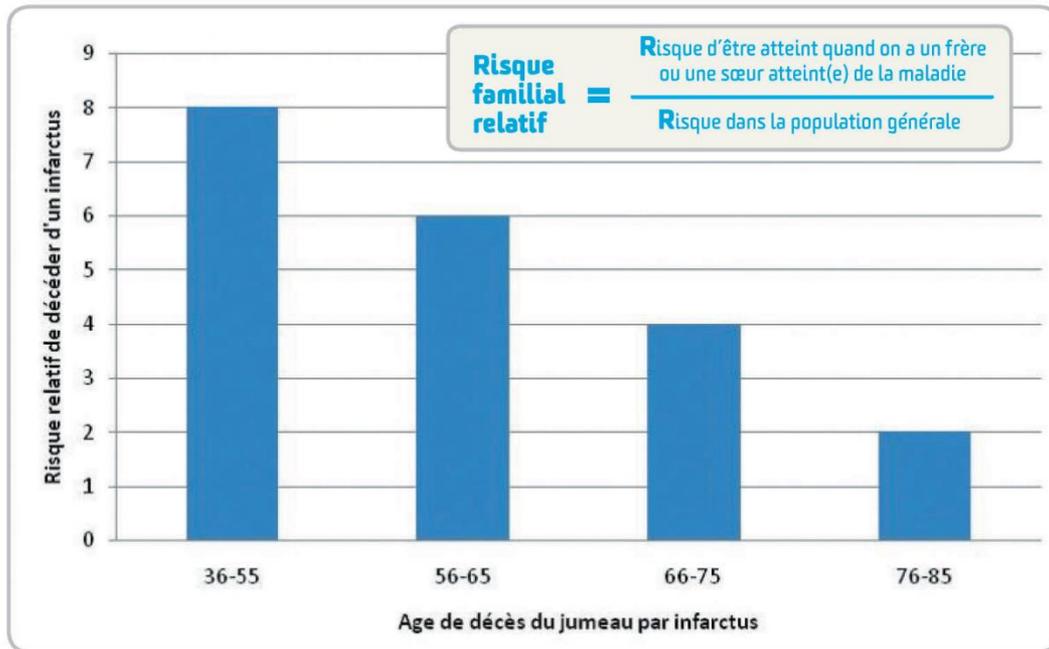
g Artère coronaire saine vue en coupe au microscope électronique à balayage (la paroi élastique de l'artère est en brun, les hématies en rouge).



h Artère coronaire avec athérosclérose vue en coupe au microscope électronique à balayage. Une plaque d'athérome constituée d'un dépôt graisseux (en jaune) se forme dans la paroi de l'artère (en brun) et provoque son épaissement et sa perte d'élasticité. La lumière du vaisseau (en bleu) est ainsi fortement réduite, ce qui entrave la circulation des hématies (en rouge) et facilite la formation de caillots sanguins pouvant obstruer les artères.

Facteurs impliqués

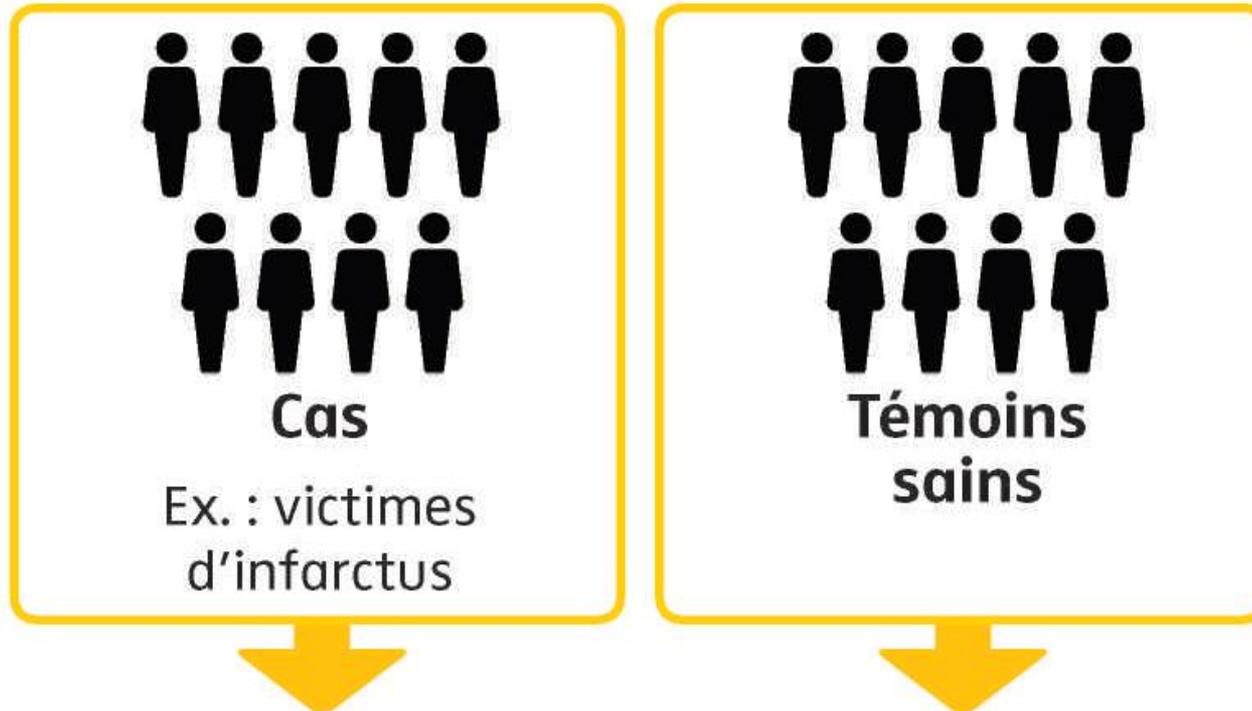
Les facteurs génétiques de risque de l'infarctus



a **Risque relatif de décéder d'un infarctus en fonction de l'âge de décès de son jumeau par infarctus.** Ce risque a été calculé à partir d'une étude épidémiologique portant sur plusieurs dizaines de paires de vrais jumeaux uniquement.

Etude cas-témoin

Étude cas - témoins



Cas

Ex. : victimes
d'infarctus

**Témoins
sains**

On recherche un facteur statistiquement plus fréquent chez les cas que chez les témoins

Les facteurs génétiques de risque de l'infarctus

HYPOTHÈSE : Le gène de l'ECA (Enzyme de Conversion de l'Angiotensine), et plus précisément un de ses deux allèles, l'allèle D (l'autre étant I) est prédisposant à l'infarctus du myocarde.

On met en place une étude épidémiologique CAS / TÉMOINS.

Une telle étude vise à comparer deux groupes d'individus : les CAS, qui ont développé la pathologie étudiée, et les TÉMOINS, qui sont sains.

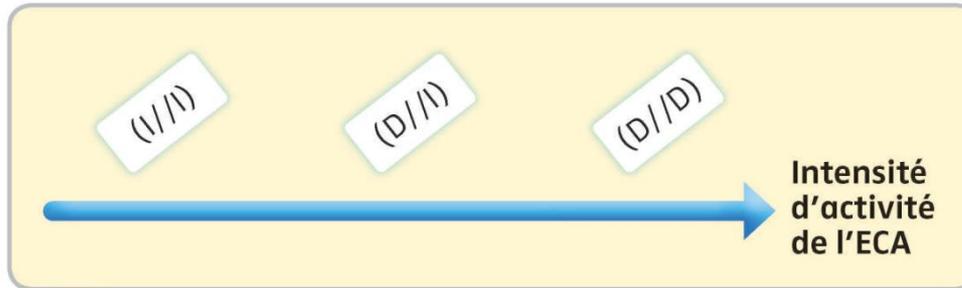


Génotype	Fréquence observée parmi les cas (qui ont eu un infarctus)	Fréquence observée parmi les témoins (sains)
(D//D)	53 %	27 %
(D//I)	36 %	59 %
(I//I)	11 %	13 %

b Un exemple d'étude cas/témoins réalisée en 2015 afin d'identifier un allèle de prédisposition à l'infarctus du myocarde. Un allèle de prédisposition est un allèle qui, lorsqu'on le possède dans son génotype, augmente la probabilité de développer une pathologie. On teste ici 2 allèles : D et I.

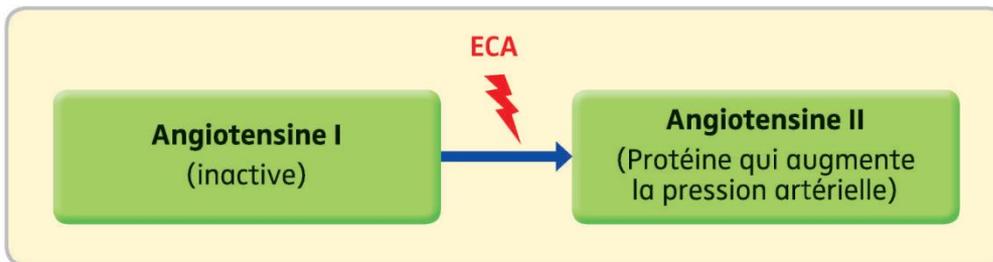
Les facteurs génétiques de risque de l'infarctus

Génotype	Fréquence observée parmi les cas (qui ont eu un infarctus)	Fréquence observée parmi les témoins (sains)
(D//D)	53 %	27 %
(D//I)	36 %	59 %
(I//I)	11 %	13 %



f Corrélation entre le génotype d'un individu (possédant les allèles I ou D) et l'intensité de l'activité enzymatique de l'ECA.

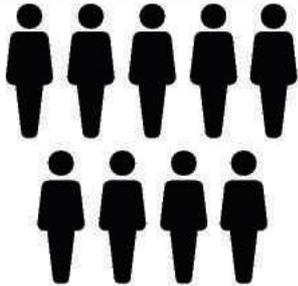
..



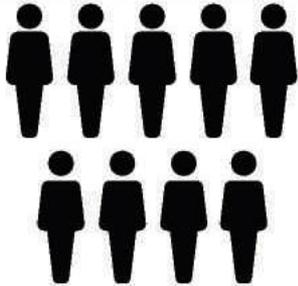
c Le rôle de l'ECA : l'ECA est une enzyme qui catalyse la production d'angiotensine II à partir d'angiotensine I.

Etude de suivi de cohorte

Suivi de cohortes



**Individus sains
sans le facteur testé**
Ex. bonne hygiène de vie



**Individus sains
avec le facteur testé**
Ex. : mauvaise hygiène
de vie

**Suivi de l'incidence
de la pathologie
dans chaque groupe
au cours du temps**



Les facteurs environnementaux de risque de l'infarctus

Groupe	1 (les plus adhérents)	2	3	4 (les moins adhérents)
Score d'adhésion	1 à 7	7,5 à 10	10,5 à 13	13,5 à 24,5
Nombre d'individus	344	339	308	320

c Répartition des individus en 4 groupes selon leur score d'adhésion aux recommandations de la FFC.

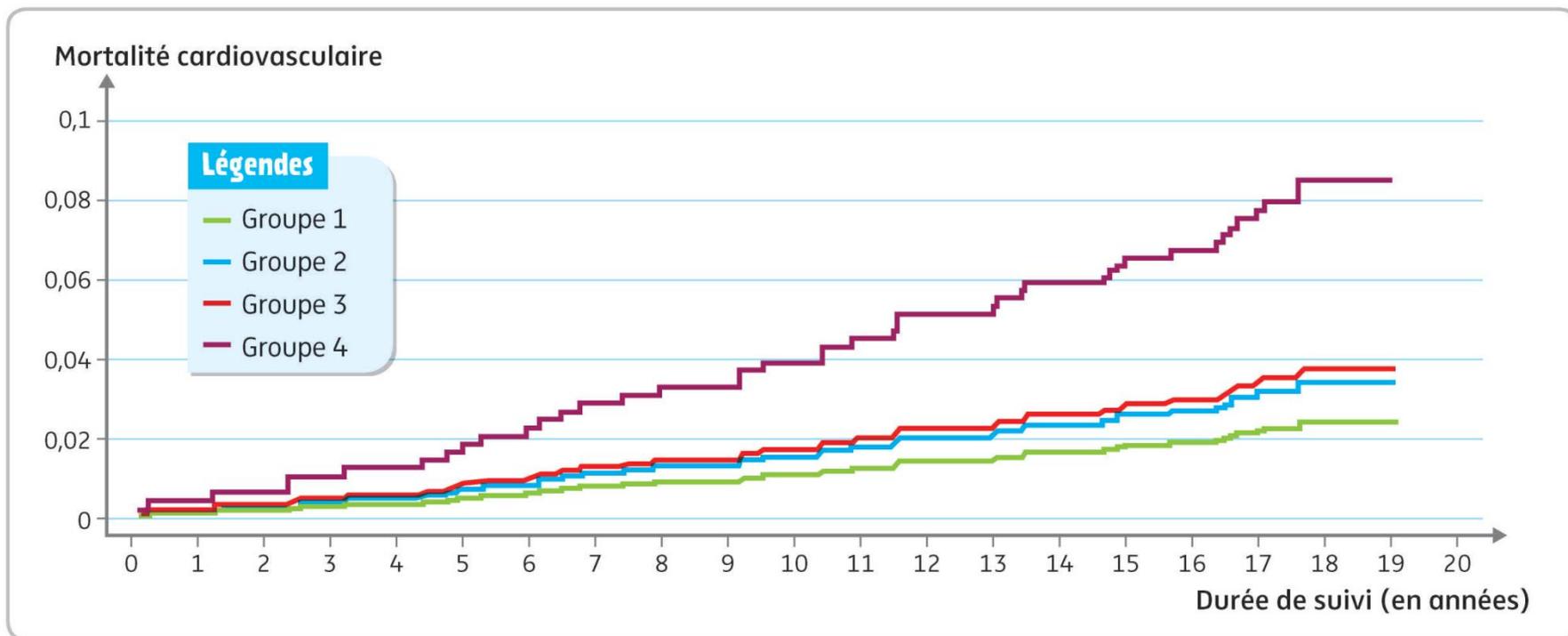
	Score
Tabac	
Non-fumeur	0
Ex-fumeur	1
Fumeur	2
Tabagisme en cigarettes par jour pour les fumeurs réguliers	
Q1 (1-8)	1
Q2 (9-15)	2
Q3 (17-20)	3
Q4 (23-60)	4
Score diététique (points)	
Q1 (12-20) (les plus adhérents)	1
Q2 (21-23)	2
Q3 (24-25)	3
Q4 (26-35) (les moins adhérents)	4

	Score
Activité physique	
Pas d'activité physique régulière	2
Activité physique modérée environ chaque semaine	1
Activité physique intense au moins 20 minutes 1 à 2 fois par semaine	0,5
Activité physique intense au moins 20 minutes et au moins 3 fois par semaine	0
Indice de masse corporelle	
< 25 kg/m ²	0
> 25 et < 30 kg/m ²	0,5
> 30 et < 40 kg/m ²	1
> 40 kg/m ²	2

b Extrait d'un document permettant de calculer un score d'adhésion aux recommandations de la FFC. Plus le score est faible et plus le sujet adhère à ces recommandations. La consommation d'alcool, la pression artérielle, la cholestérolémie, la glycémie à jeun ont été également pris en compte.

Le calcul du score diététique tient compte de différents types d'aliments. Plus la consommation de sucres, acides gras saturés et sel est élevée et celle de fibres, fruits, légumes, poisson et acides gras insaturés est faible, plus le score diététique est élevé.

Les facteurs environnementaux de risque de l'infarctus



d Proportion d'individus décédés d'une maladie cardio-vasculaire dans chaque groupe au cours du temps.

Les facteurs environnementaux de risque de l'infarctus

e Risque relatif (RR) pour la mortalité cardio-vasculaire.

Le risque relatif d'un groupe est calculé en divisant la proportion d'individus décédés dans ce groupe par celle du groupe témoin. Il permet d'estimer le risque pour un individu de décéder d'une maladie cardio-vasculaire, par rapport à un individu témoin. Par exemple, un individu du groupe 4 a 3,4 fois plus de risque de décéder d'une maladie cardio-vasculaire qu'un individu du groupe témoin.

Groupe	Risque relatif
1 (les plus adhérents)	1,00
2	1,11
3	1,33
4 (les moins adhérents)	3,40

I. Détermination de la composante génétique d'une maladie

II. Des maladies génétiques : l'exemple de la drépanocytose

A. La drépanocytose

B. Soigner des maladies génétiques : traitements actuels et espoir de la thérapie génique

III. Des maladies plurifactorielles : l'exemple du cancer

Le processus de cancérisation

Activité à partir du livre :

- Utiliser les documents de la p 338 pour :

- Dire comment une cellule normale peut **devenir cancéreuse**
- trouver des **arguments** en faveur de **2 des trois propriétés** des

cellules cancéreuses : **immortalité, prolifération** (se divisent sans cesse) et **transformation** (n'assurent plus leur fonction initiale),

- En utilisant les docs p 339, indiquer ce qu'est une **métastase** et comment elle peut se former.

- En utilisant le doc a p 340, démontrer que le **tabac** est un **facteur de risque** de certains cancers et, à l'aide des docs b et c p340, expliquer comment le tabac peut déclencher un processus de cancérisation (rappelez-vous du travail réalisé sur les agents mutagènes ...)

- Utiliser le doc d p341 pour démontrer que la possession de **deux allèles mutés du gène de la p53** est un **facteur de risque** pour la mortalité (et le développement de tumeurs) puis, à l'aide du doc e p341, expliquer **comment** la possession de ces 2 allèles mutés favorise le processus de cancérisation.

- A partir des docs des p 342 et 343, expliquer le **lien entre une infection au HPV et le déclenchement d'un cancer** du col de l'utérus, puis présenter l'intérêt du vaccin contre le HPV

Rq : Vous pouvez vous aider des coups de pouce en bas de page et du bilan p344 à 347

- Utiliser les documents de la p 338 pour :
 - Dire comment une cellule normale peut **devenir cancéreuse**
 - trouver des **arguments** en faveur **de 2 des trois propriétés** des cellules cancéreuses : **immortalité**, **prolifération** (se divisent sans cesse) et **transformation** (n'assurent plus leur fonction initiale),

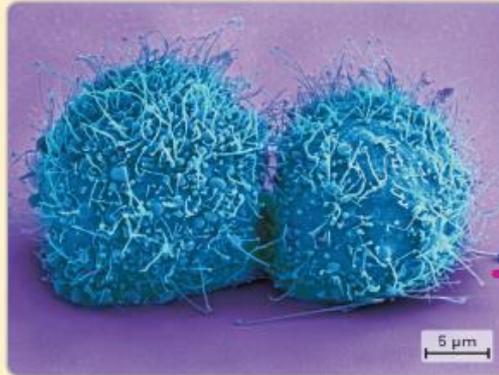
Les cancers représentent, avec les maladies cardio-vasculaires, une des deux premières causes de mortalité en France. Une cellule normale peut devenir cancéreuse en accumulant plusieurs mutations successives.

1 CARACTÉRISER les cellules cancéreuses

Henrietta Larcks (1920-1951) consulte en 1951 à l'hôpital de Baltimore. On lui diagnostique un cancer du col de l'utérus et on prélève certaines de ses cellules cancéreuses. Contrairement aux autres cellules cultivées *in vitro* à l'époque, qui meurent rapidement, les cellules HeLa survivent et prolifèrent à une vitesse incroyable. Ces cellules sont encore, plusieurs décennies après le décès d'Henrietta Larcks, utilisées dans de nombreux laboratoires de recherche du monde entier.

« Non seulement les cellules d'Henrietta survivaient, mais elles se développaient à une vitesse prodigieuse... Le volume des cellules filles doublait toutes les 24 heures ; elles s'empilaient par centaines sur des centaines d'autres, s'accumulaient par millions. Elles poussaient comme du chiendent. Tant qu'elles étaient nourries et maintenues au chaud, les cellules cancéreuses d'Henrietta semblaient impossibles à arrêter. »

Source : extrait de *La vie immortelle* de Henrietta Lacks, R. Skloot.



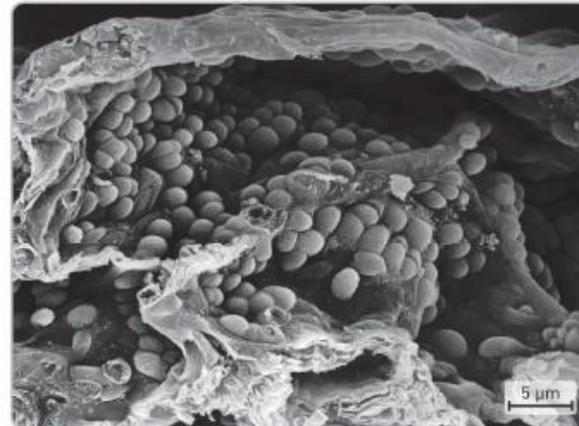
Cellules HeLa qui viennent de se diviser (MEB).



a L'histoire des cellules HeLa.



b Tumeur (en bleu et rose) issue de la prolifération de cellules cancéreuses dans le tissu pulmonaire (en jaune) (MEB).



c Cellules cancéreuses envahissant le tissu pulmonaire (MEB). Les cellules du tissu pulmonaire assurent les échanges gazeux entre l'air et le sang. Les cellules cancéreuses n'assurent plus ces échanges et perturbent la réalisation de cette fonction par les cellules saines.

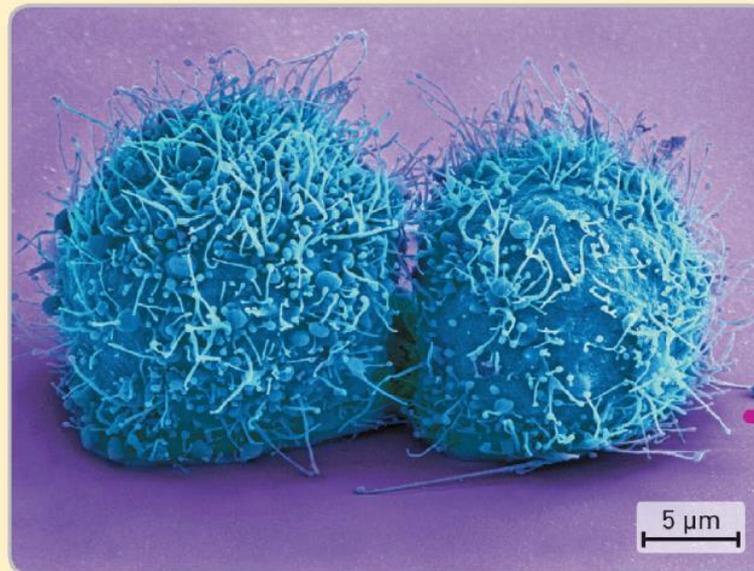
Propriétés des cellules cancéreuses

1 CARACTÉRISER les cellules cancéreuses

Henrietta Larcks (1920-1951) consulte en 1951 à l'hôpital de Baltimore. On lui diagnostique un cancer du col de l'utérus et on prélève certaines de ses cellules cancéreuses. Contrairement aux autres cellules cultivées *in vitro* à l'époque, qui meurent rapidement, les cellules HeLa survivent et prolifèrent à une vitesse incroyable. Ces cellules sont encore, plusieurs décennies après le décès d'Henrietta Larcks, utilisées dans de nombreux laboratoires de recherche du monde entier.

« Non seulement les cellules d'Henrietta survivaient, mais elles se développaient à une vitesse prodigieuse... Le volume des cellules filles doublait toutes les 24 heures ; elles s'empilaient par centaines sur des centaines d'autres, s'accumulaient par millions. Elles poussaient comme du chien-dent. Tant qu'elles étaient nourries et maintenues au chaud, les cellules cancéreuses d'Henrietta semblaient impossibles à arrêter. »

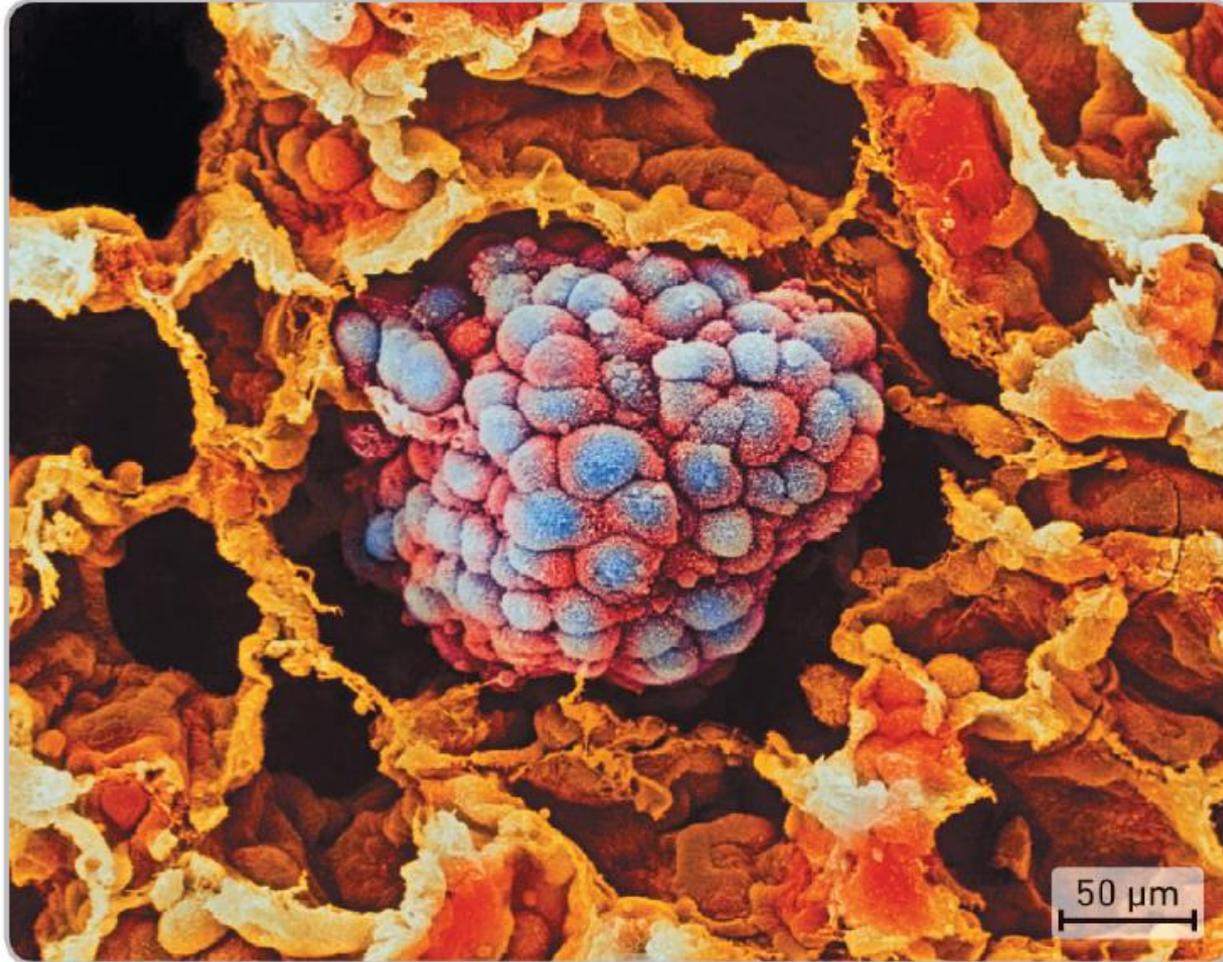
Source : extrait de *La vie immortelle de Henrietta Lacks*, R. Skloot.



Cellules HeLa qui viennent de se diviser (MEB).



La formation d'une tumeur



b Tumeur (en bleu et rose) issue de la prolifération de cellules cancéreuses dans le tissu pulmonaire (en jaune) (MEB).

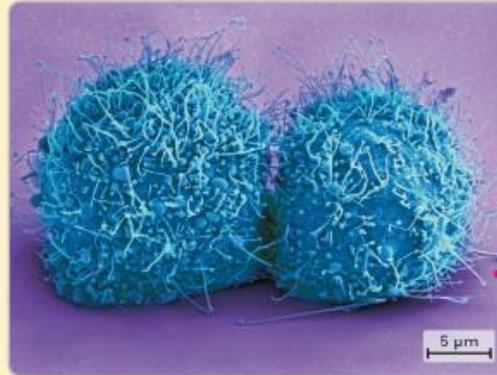
Les cancers représentent, avec les maladies cardio-vasculaires, une des deux premières causes de mortalité en France. Une cellule normale peut devenir cancéreuse en accumulant plusieurs mutations successives.

1 CARACTÉRISER les cellules cancéreuses

Henrietta Larcks (1920-1951) consulte en 1951 à l'hôpital de Baltimore. On lui diagnostique un cancer du col de l'utérus et on prélève certaines de ses cellules cancéreuses. Contrairement aux autres cellules cultivées *in vitro* à l'époque, qui meurent rapidement, les cellules HeLa survivent et prolifèrent à une vitesse incroyable. Ces cellules sont encore, plusieurs décennies après le décès d'Henrietta Larcks, utilisées dans de nombreux laboratoires de recherche du monde entier.

« Non seulement les cellules d'Henrietta survivaient, mais elles se développaient à une vitesse prodigieuse... Le volume des cellules filles doublait toutes les 24 heures ; elles s'empiétaient par centaines sur des centaines d'autres, s'accumulaient par millions. Elles poussaient comme du chien-dent. Tant qu'elles étaient nourries et maintenues au chaud, les cellules cancéreuses d'Henrietta semblaient impossibles à arrêter. »

Source : extrait de *La vie immortelle* de Henrietta Lacks, R. Skloot.



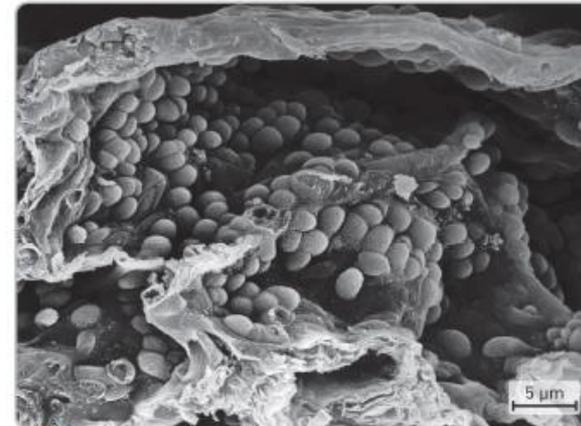
Cellules HeLa qui viennent de se diviser (MEB).



a L'histoire des cellules HeLa.

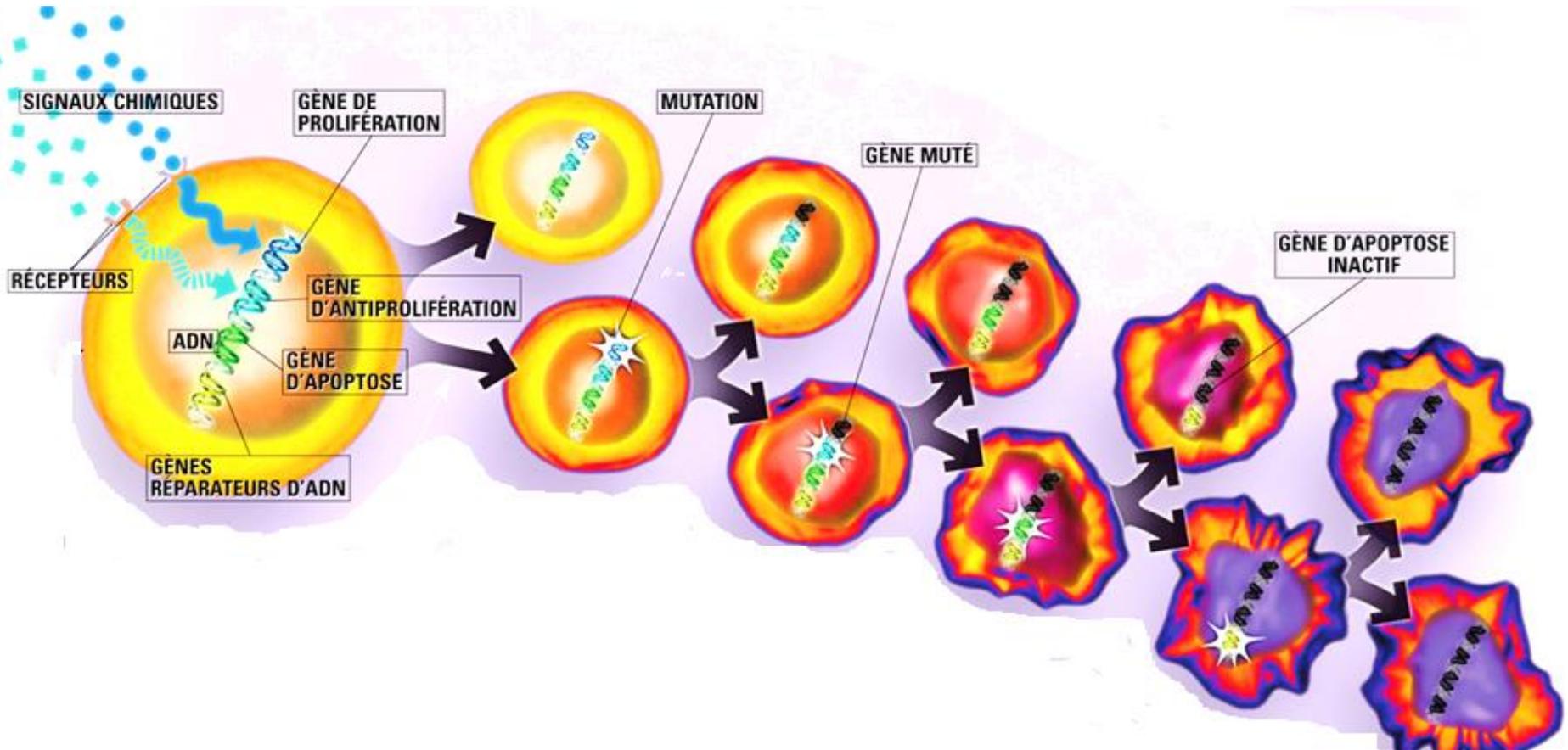


b Tumeur (en bleu et rose) issue de la prolifération de cellules cancéreuses dans le tissu pulmonaire (en jaune) (MEB).



c Cellules cancéreuses envahissant le tissu pulmonaire (MEB). Les cellules du tissu pulmonaire assurent les échanges gazeux entre l'air et le sang. Les cellules cancéreuses n'assurent plus ces échanges et perturbent la réalisation de cette fonction par les cellules saines.

Apparition de cellules cancéreuses

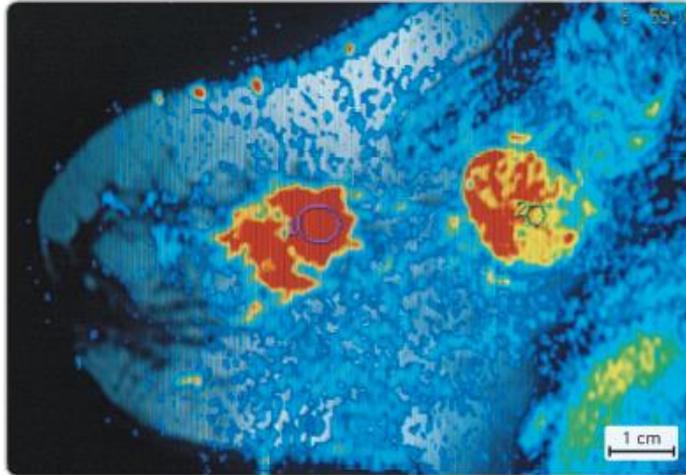


Suite aux mutations successives, les cellules peuvent devenir cancéreuses si :

- deviennent **immortelles**
- Ne réalisent plus leur fonction -> **transformation**
- se multiplient de façon anarchique -> **prolifération**

En utilisant les docs p 339, indiquer ce qu'est une **métastase** et comment elle peut se former

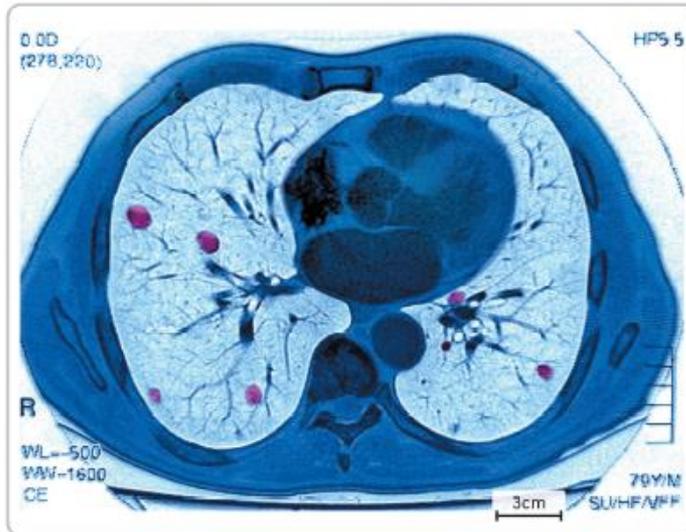
2 EXPLIQUER le mécanisme de cancérisation



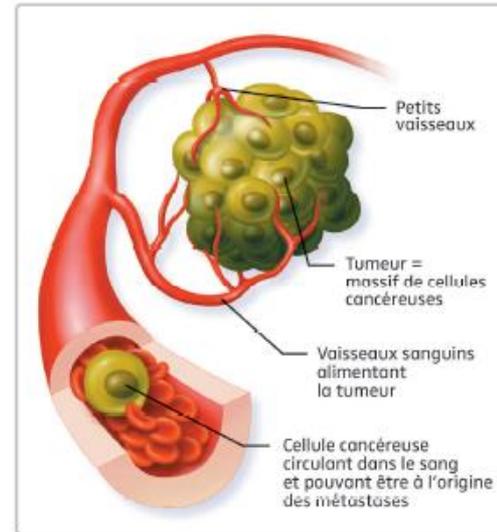
d IRM mettant en évidence des tumeurs au sein (en rouge). L'IRM détecte un afflux sanguin supérieur à la normale. En effet, les cellules cancéreuses sécrètent des molécules qui dirigent vers elles des vaisseaux sanguins : c'est l'angiogenèse.



e Cellule cancéreuse de la peau s'infiltrant de l'épiderme vers le derme sous-jacent (MEB).

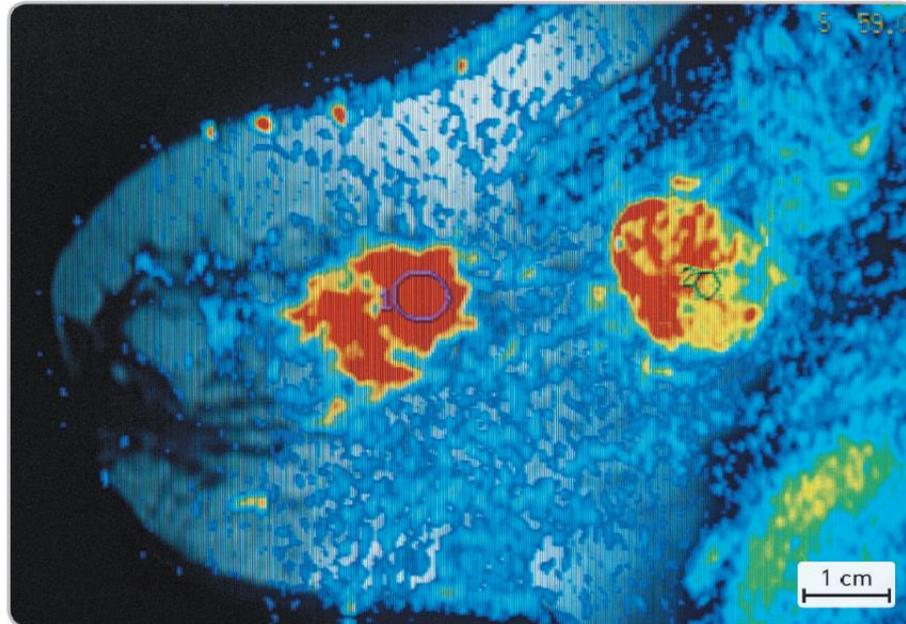
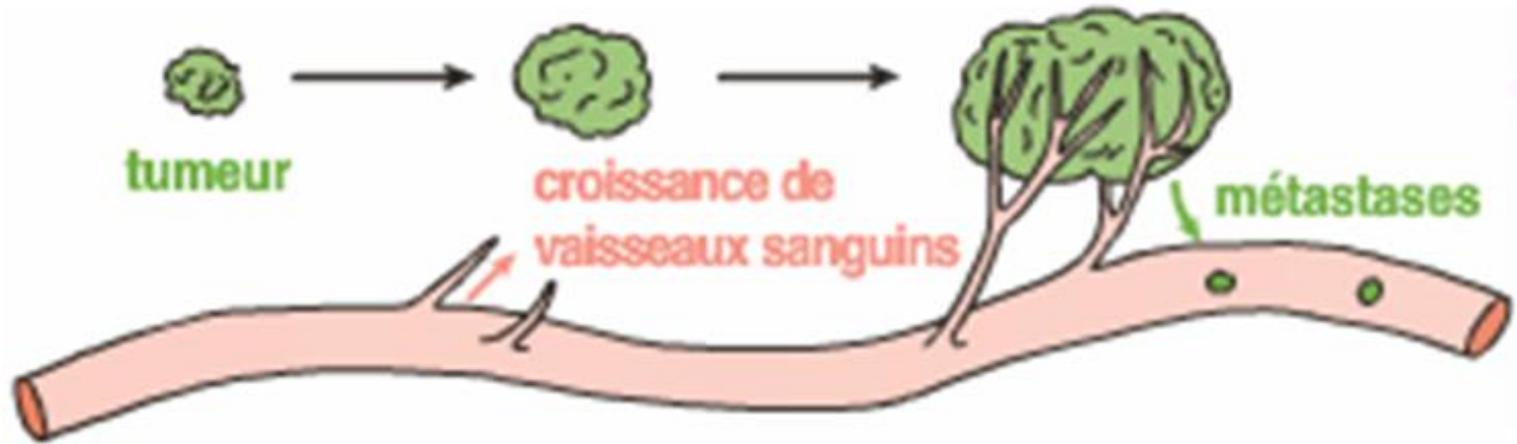


f IRM révélant la présence de tumeurs secondaires, les métastases (en violet), dans les poumons.



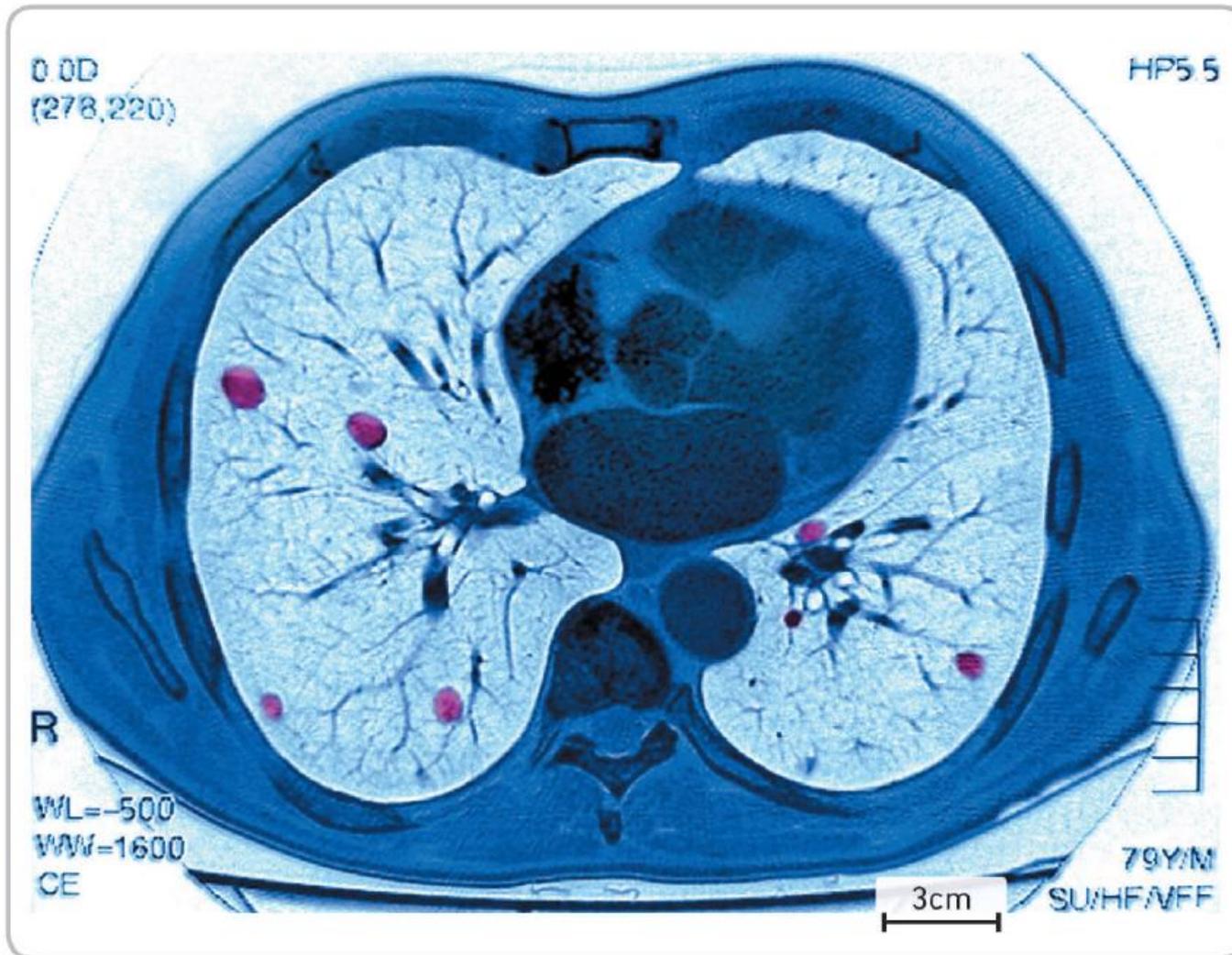
g Schéma d'une tumeur (en vert) alimentée par des vaisseaux sanguins. Une cellule cancéreuse issue de la tumeur passe dans la circulation sanguine et peut aller initier la formation de métastases.

Evolution de la tumeur



d IRM mettant en évidence des tumeurs au sein (en rouge). L'IRM détecte un afflux sanguin supérieur à la normale. En effet, les cellules cancéreuses sécrètent des molécules qui dirigent vers elles des vaisseaux sanguins : c'est l'angiogenèse.

La formation de métastases

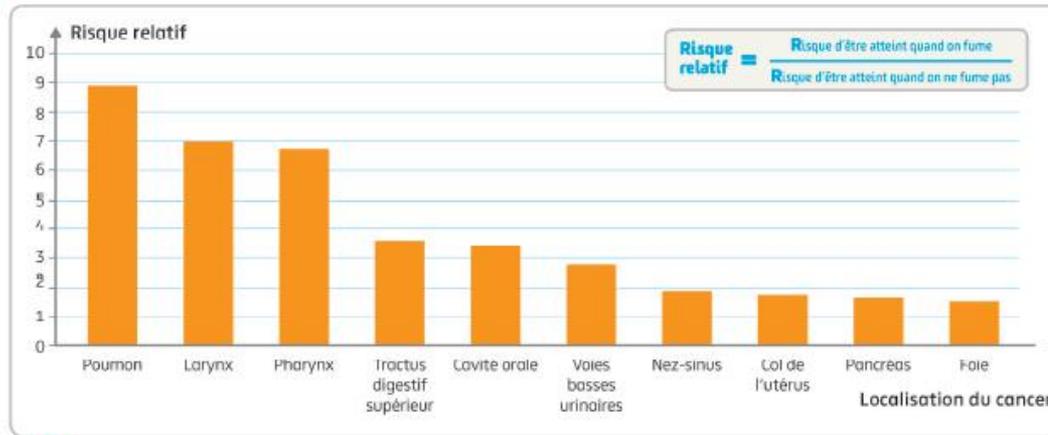


f IRM révélant la présence de tumeurs secondaires, les métastases (en violet), dans les poumons.

En utilisant le doc a p 340, montrer que le **tabac** est un **facteur de risque** de certains cancers et, à l'aide des docs b et c p340, expliquer comment le tabac peut déclencher un processus de cancérisation (rappelez-vous du travail réalisé sur les agents mutagènes ...)

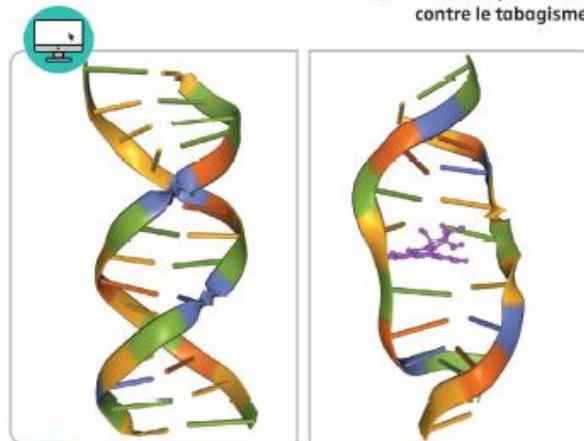
Le tabac est le premier facteur de risque environnemental du cancer du poumon, mais il intervient également dans d'autres cancers. Le gène de la p53 est reconnu pour son implication dans la cancérisation : il est muté dans plus de la moitié des cancers.

1 JUSTIFIER l'action cancérogène du tabac



a Risque relatif de développer un cancer quand on est fumeur, par rapport à un non fumeur, selon la localisation du cancer. Le risque relatif est ici calculé dans une cohorte de fumeurs, sans tenir compte du niveau de tabagisme.

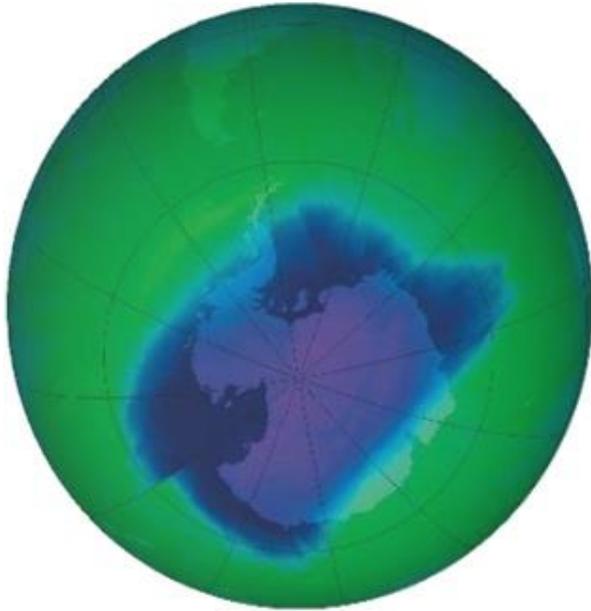
Une affiche de prévention contre le tabagisme.



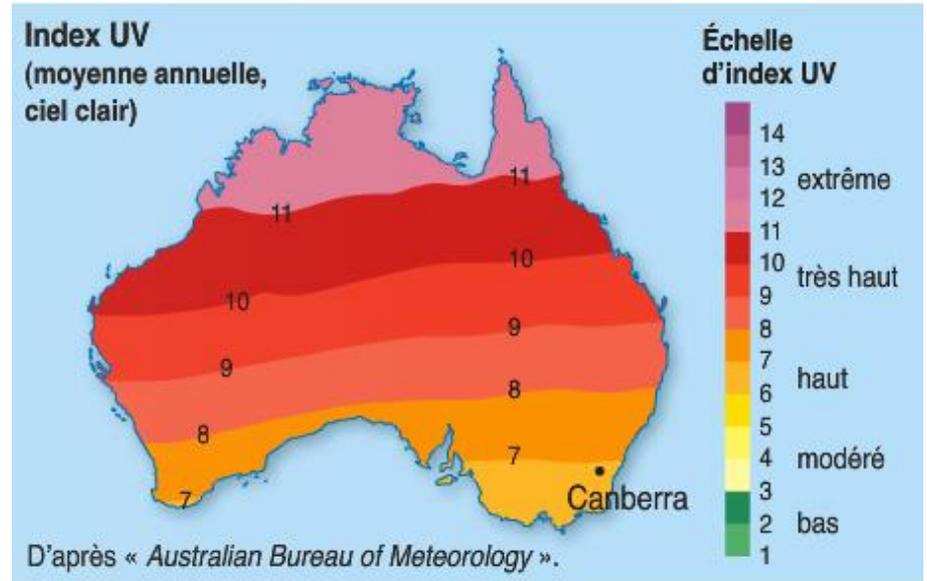
c Modèles de fragment d'ADN normal (à gauche) et en cours de mutation (à droite). En violet, un composé issu de la transformation d'un hydrocarbure provenant de la fumée de tabac. Ce composé se fixe de façon covalente à l'ADN et lui cause des dommages importants.



Effet des facteurs physiques : les UV



« trou » dans la couche d'ozone

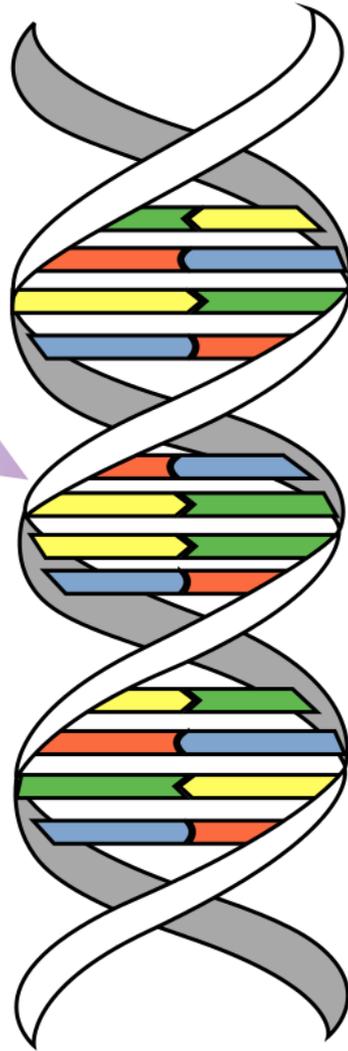


mélanome

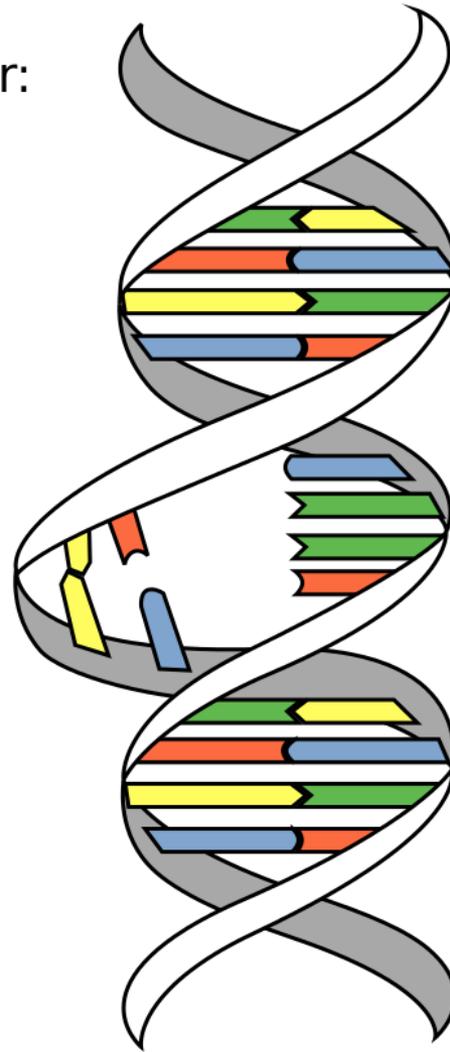


Effet des facteurs physiques : les UV

Before:



After:

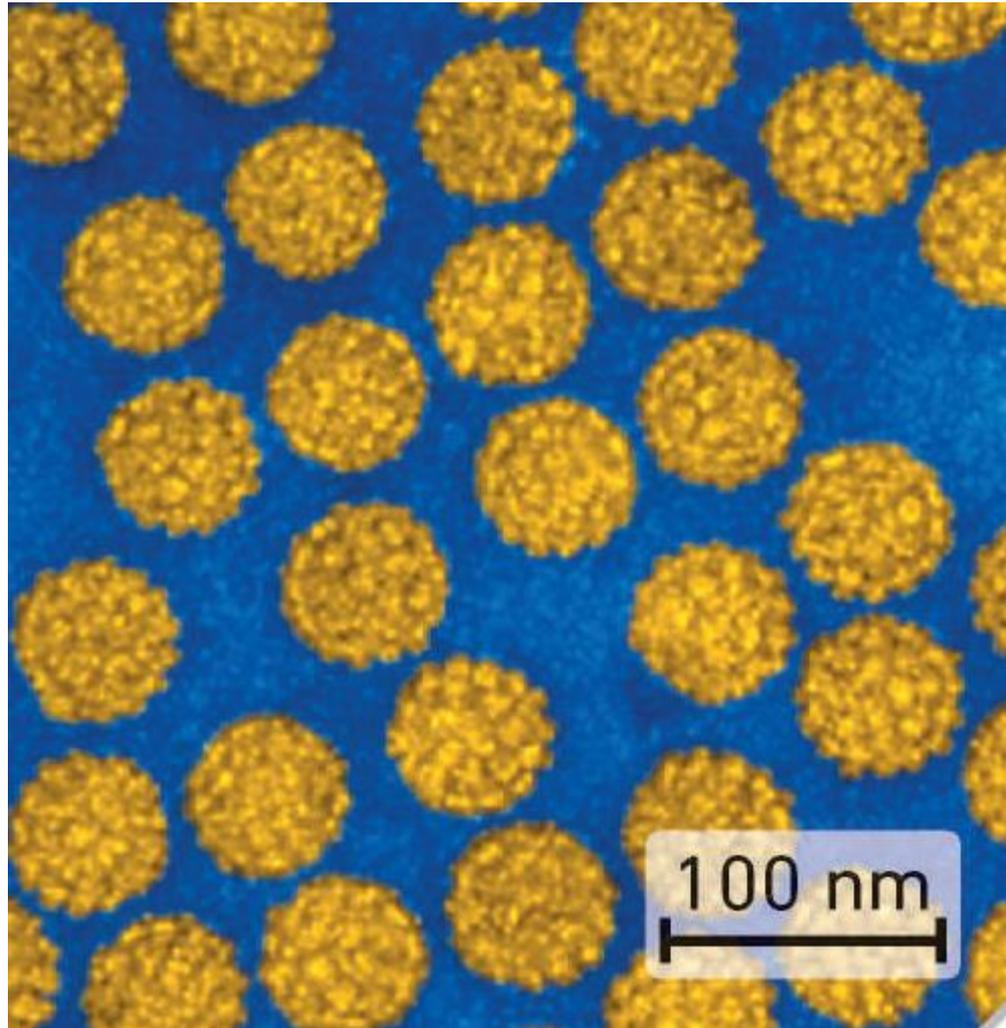


Incoming
UV photon



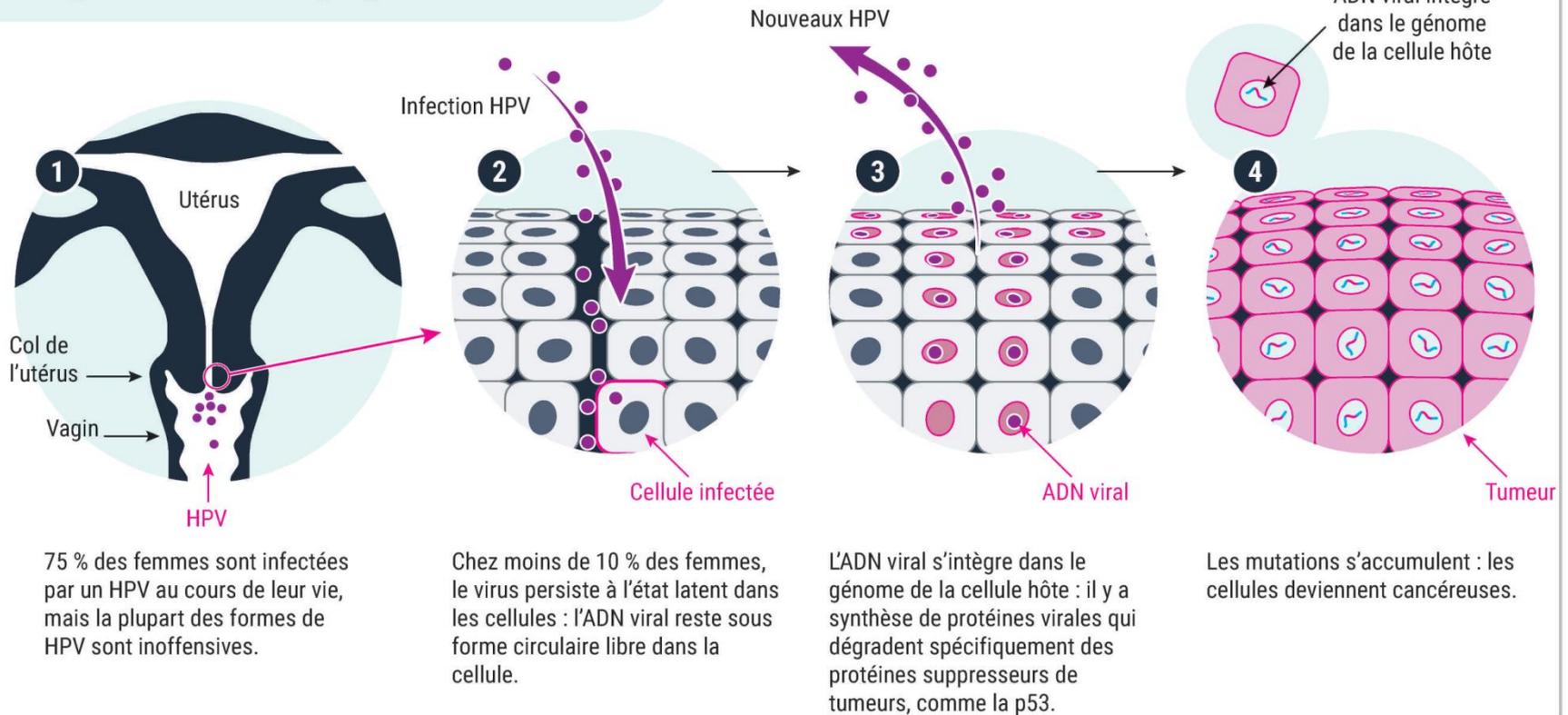
A partir des docs des p 342 et 343, expliquer le **lien entre une infection au HPV et le déclenchement d'un cancer** du col de l'utérus, puis présenter l'intérêt du vaccin contre le HPV

Effet des facteurs biologiques: le HPV



Effet des facteurs biologiques: le HPV

Le parcours du papillomavirus

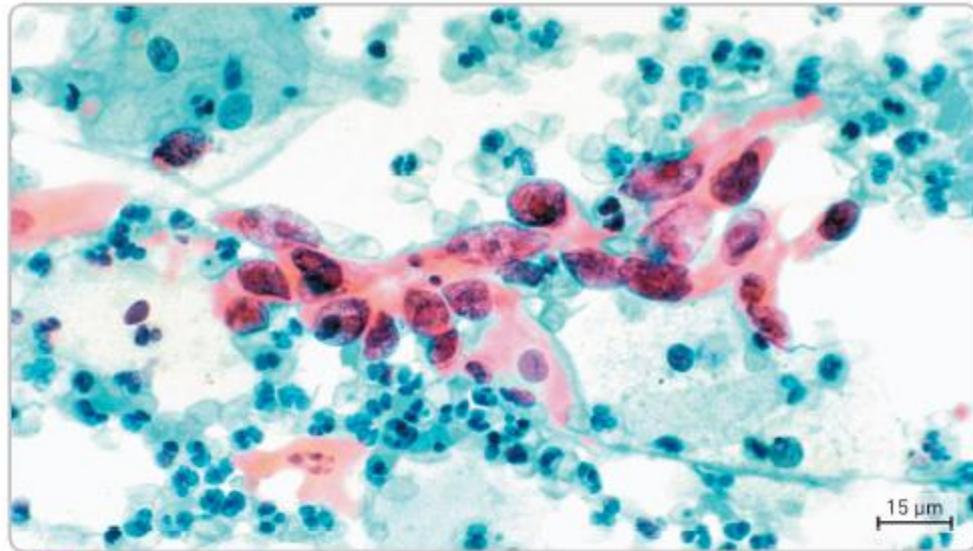


b De l'infection au HPV au cancer du col de l'utérus.

Ces étapes de cancérisation s'étalent généralement sur plus de 10 ans mais cela peut être beaucoup plus rapide.

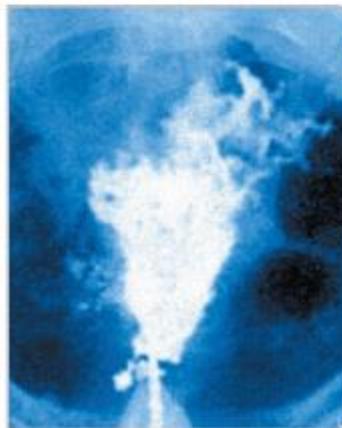
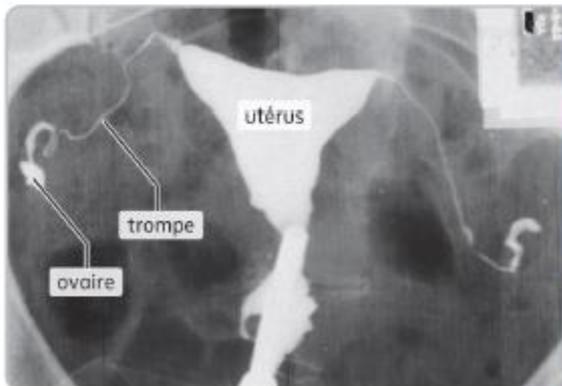


c Jeune fille lisant la notice du vaccin contre le HPV. Effectuée avant le début de la vie sexuelle, cette vaccination est efficace à 100 % contre les lésions précancéreuses provoquées par les formes de HPV à plus haut risque.



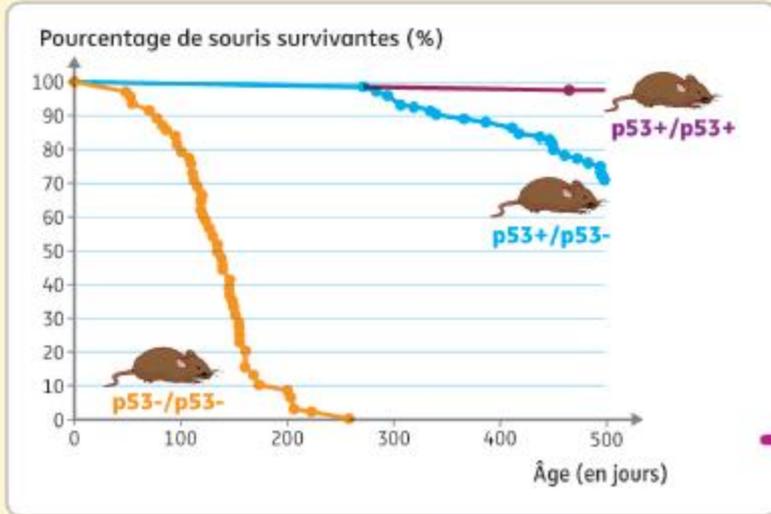
d Frottis cervical montrant des cellules précancéreuses (en rose) parmi des cellules saines (en bleu). Au cours d'un frottis, le gynécologue prélève des cellules cervicales qui seront observées au microscope. D'éventuelles lésions précancéreuses peuvent être détruites au laser ou par ablation d'une petite partie du col de l'utérus. Plus ces gestes sont pratiqués précocement, plus ils sont efficaces. C'est pourquoi le frottis est conseillé tous les 3 ans, chez les sujets vaccinés ou non. Ces gestes peuvent néanmoins avoir des effets secondaires et augmenter le risque de fausse couche en cas de grossesse ultérieure, par exemple.

3 DÉCRIRE les moyens de traitement du cancer du col de l'utérus



e Hystérosalpingographie montrant un appareil génital sain (à gauche) et un cancer de l'utérus (à droite, aspect nuageux caractéristique). Lorsque le cancer de l'utérus est déclaré, on peut pratiquer l'ablation de la tumeur ou de la totalité de l'utérus (hystérectomie). En cas de cancer invasif, la radiothérapie et la chimiothérapie sont utilisées de façon concomitante. Ces traitements ont des effets secondaires importants (nausées, fatigue, perte des cheveux, altération de la fertilité...) et ne parviennent pas forcément à éliminer toutes les cellules cancéreuses.

Utiliser le doc d p341 pour montrer que la possession de **deux allèles mutés du gène de la p53** est un **facteur de risque** pour la mortalité (et le développement de tumeurs) puis, à l'aide du doc e p341, expliquer **comment** la possession de ces 2 allèles mutés favorise le processus de cancérisation



- La durée de vie normale d'une souris est de 2 à 3 ans.
- L'allèle p53+ code une protéine fonctionnelle et l'allèle p53- est un allèle muté codant une protéine non fonctionnelle.
- Des tumeurs ont été observées sur la grande majorité des souris mortes pendant l'expérience.

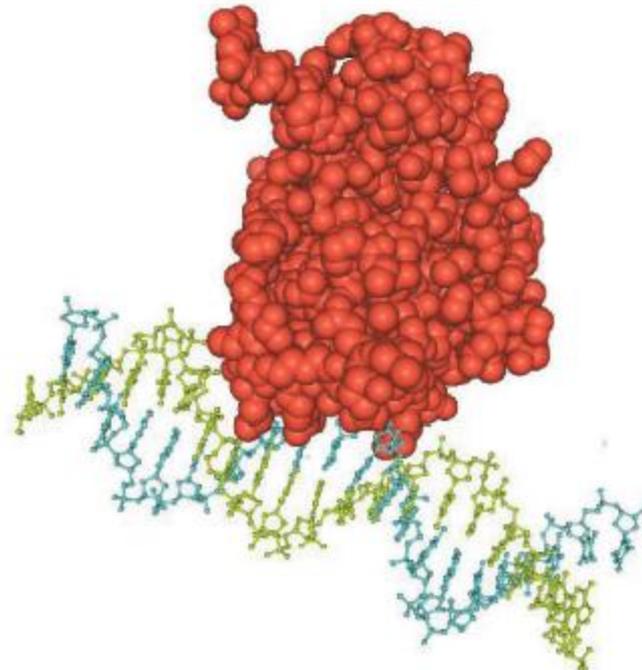
Suivi de la mortalité chez des souris homozygotes et hétérozygotes pour le gène de la p53.

d Expérience réalisée chez des souris de génotype différents. Le gène de la p53 est impliqué dans plus de 50 % des cancers.

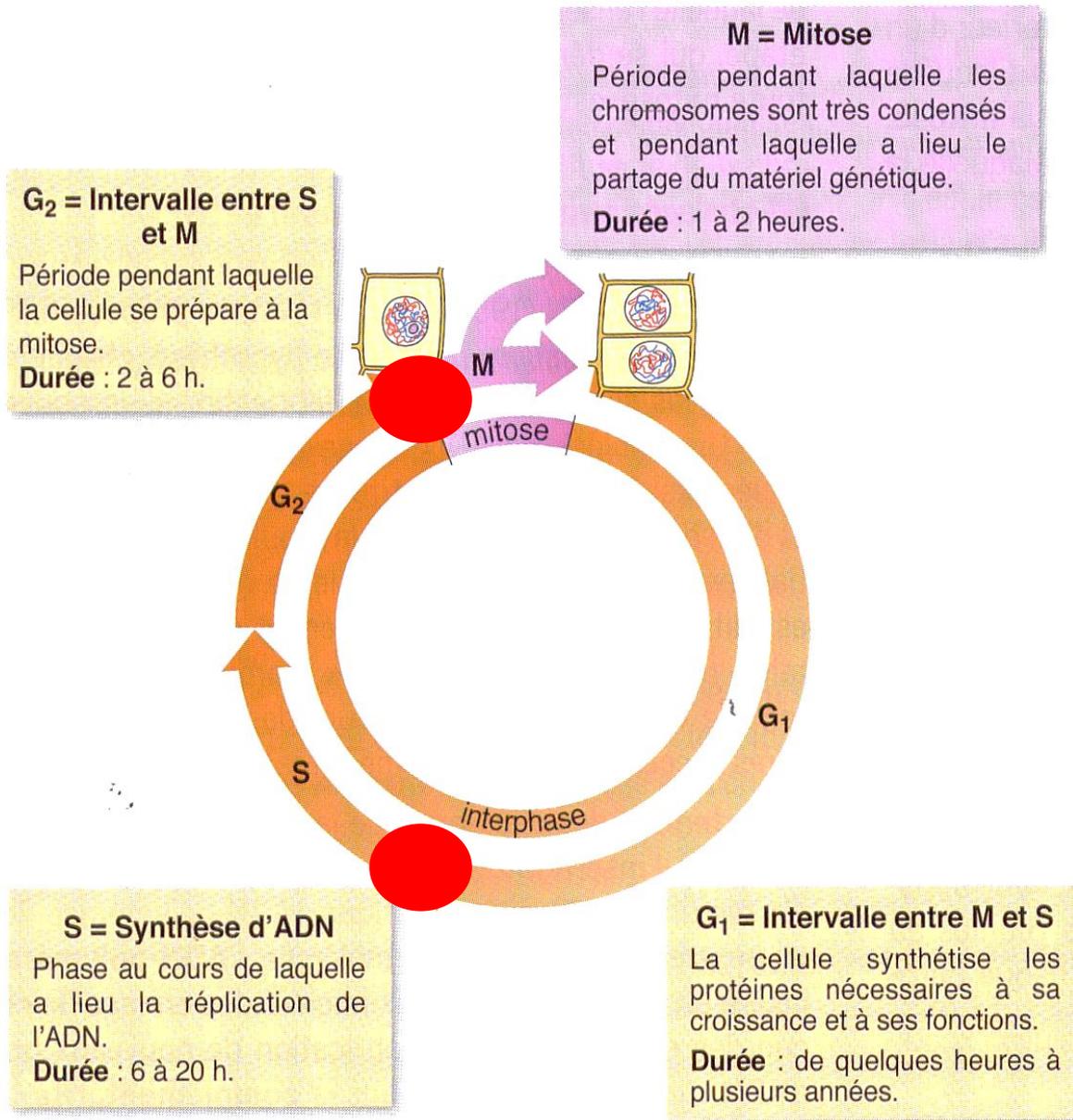
Remarque : en conditions réelles, une mutation du gène de la p53 peut survenir au cours de la vie d'un individu dans une cellule somatique ou bien un allèle muté du gène de la p53 peut être hérité d'un des deux parents.

e **Modèle de protéine p53 fixée sur un fragment d'ADN.**

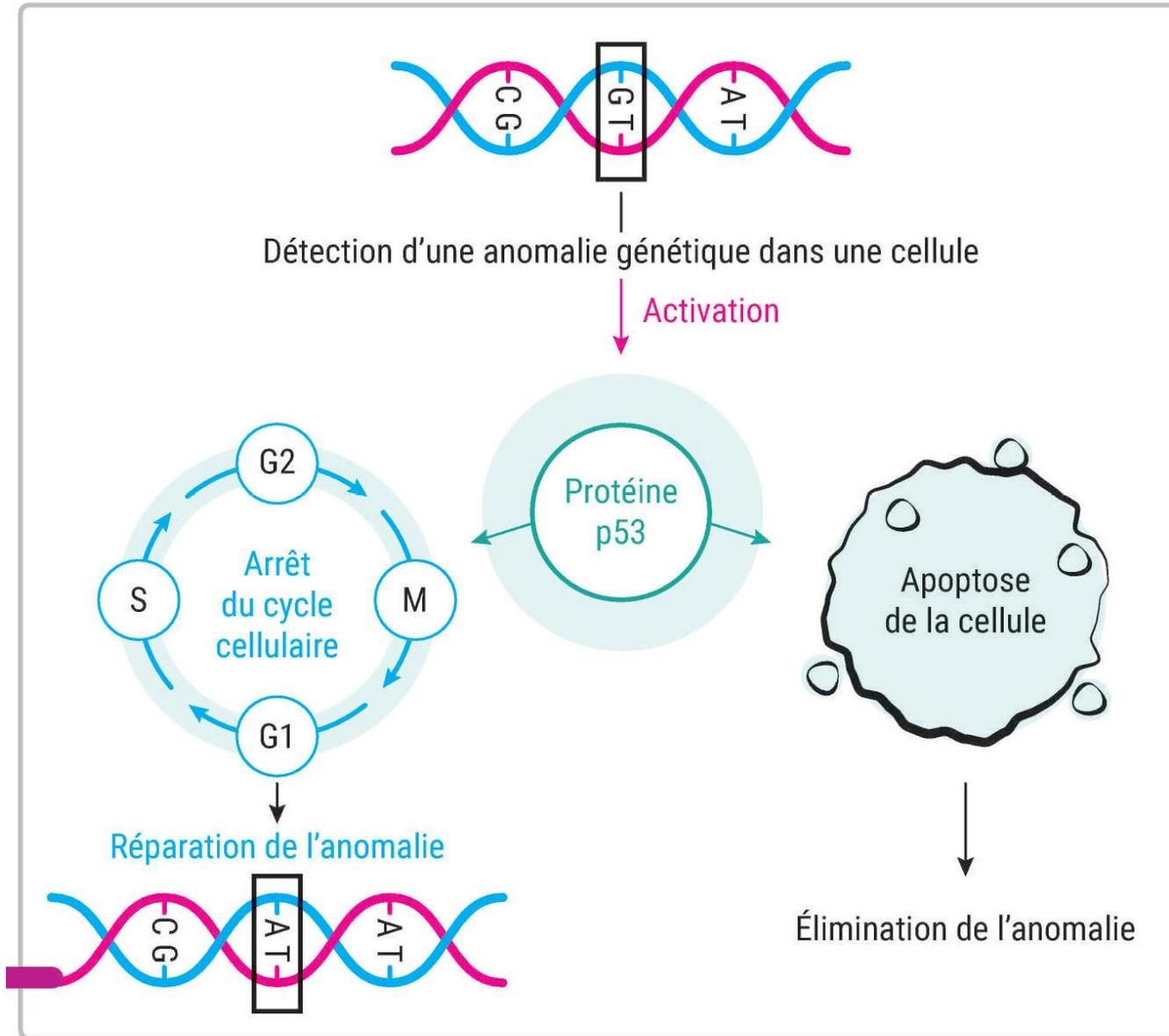
La p53 est un **facteur de transcription**. Si une anomalie de l'ADN est détectée dans une cellule, la p53 se fixe à divers endroits de l'ADN, ce qui active la transcription de plusieurs gènes. Les produits de ces gènes permettent de stopper le cycle cellulaire pour une éventuelle réparation de l'ADN ou déclenchent le suicide de la cellule (apoptose). Ainsi, la p53 est une protéine suppresseur de tumeur.



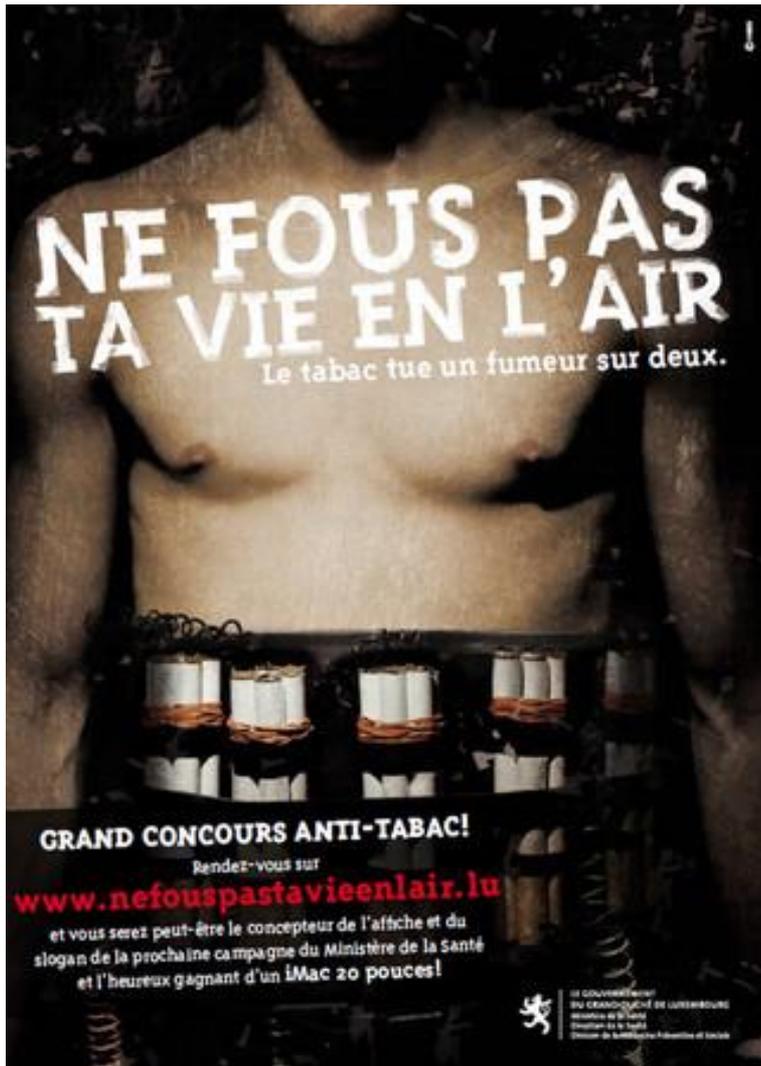
Action de la protéine P53



Action de la protéine P53



La prévention contre le cancer



**NE FOUS PAS
TA VIE EN L'AIR**
Le tabac tue un fumeur sur deux.

GRAND CONCOURS ANTI-TABAC!
Rendez-vous sur
www.nefouspastavieenlair.lu
et vous serez peut-être le concepteur de l'affiche et du
slogan de la prochaine campagne du Ministère de la Santé
et l'heureux gagnant d'un iMac 20 pouces!

Le Gouvernement
du Grand-Duché de Luxembourg
ministère de la Santé
Division de Santé et de Sécurité au Travail



Contre la Toast Attitude
un peu de crème solaire ne suffit pas...

soleil : mode d'emploi

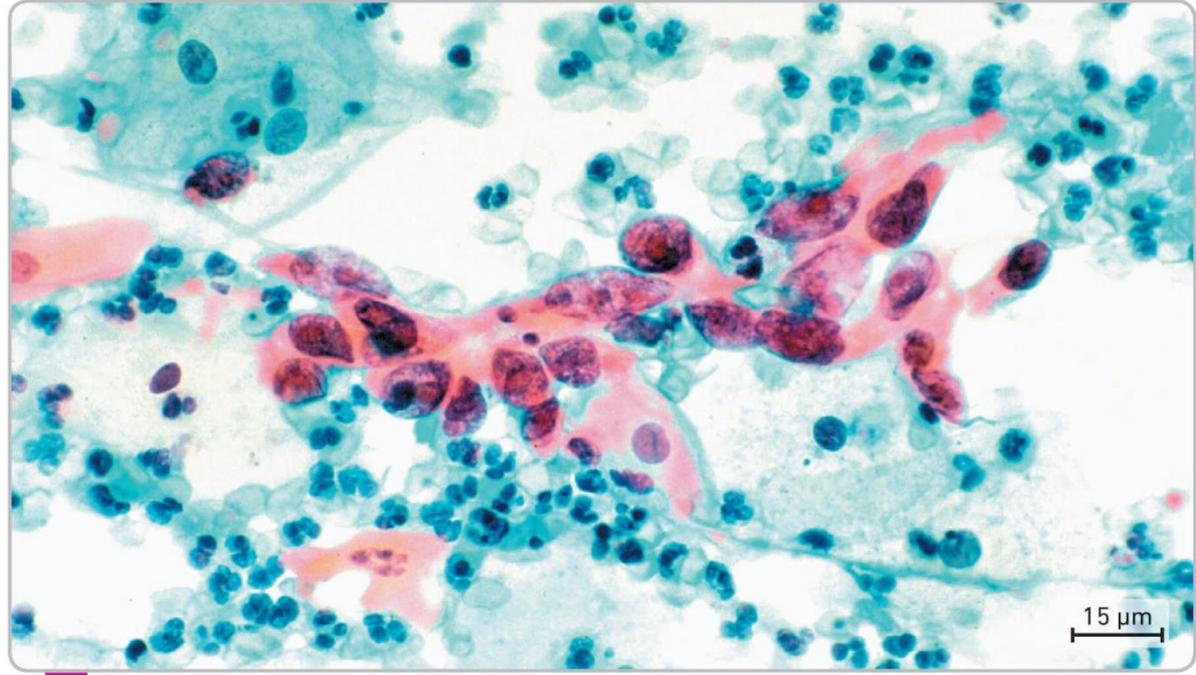
-  Évitez le soleil de 12h à 16h
-  Recherchez l'ombre
-  Couvrez-vous
-  Renouvelez souvent
-  Peaux jeunes -peaux fragiles

INSTITUT NATIONAL DU CANCER
Centre de Recherche

Vaccin et dépistage



c Jeune fille lisant la notice du vaccin contre le HPV. Effectuée avant le début de la vie sexuelle, cette vaccination est efficace à 100 % contre les lésions précancéreuses provoquées par les formes de HPV à plus haut risque.



d Frottis cervical montrant des cellules précancéreuses (en rose) parmi des cellules saines (en bleu). Au cours d'un frottis, le gynécologue prélève des cellules cervicales qui seront observées au microscope. D'éventuelles lésions précancéreuses peuvent être détruites au laser ou par ablation d'une petite partie du col de l'utérus. Plus ces gestes sont pratiqués précocement, plus ils sont efficaces. C'est pourquoi le frottis est conseillé tous les 3 ans, chez les sujets vaccinés ou non. Ces gestes peuvent néanmoins avoir des effets secondaires et augmenter le risque de fausse couche en cas de grossesse ultérieure, par exemple.

Chimiothérapie et radiothérapie

