

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Biochimie, Biologie et Biotechnologies

Mercredi 17 juin 2026

Durée de l'épreuve : **3 heures**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.*

Dès que ce document vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce document comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

COMPÉTENCES ÉVALUÉES

C1	C2	C3	C4	C5	C6
Analyser un document	Effectuer les calculs	Interpréter des données	Argumenter un choix technique	Élaborer une synthèse	Communiquer à l'écrit
3 points	2 points	5 points	4 points	5 points	1 point

LE CANCER DU COL DE L'UTÉRUS : MÉCANISME ET THÉRAPIES

Les cancers sont la deuxième cause de décès dans le monde derrière les maladies cardiovasculaires. Ils sont caractérisés par une multiplication anarchique de cellules conduisant à la formation de tumeurs qui peuvent se développer dans les organes ou les tissus d'un organisme.

Au niveau mondial, le cancer du col de l'utérus représente, chez la femme, le 4^{ème} cancer le plus fréquent et le 4^{ème} cancer le plus mortel. Il est majoritairement causé par une infection par des virus appartenant à la famille des papillomavirus humains (HPV), responsables également de cancers oro-génitaux chez l'homme.

La prévention du cancer du col de l'utérus repose sur :

- la vaccination dirigée contre certains HPV qui réduit de 90 % le risque de développer un cancer ;
- des tests de dépistage réguliers qui permettent de proposer une prise en charge précoce et une amélioration du taux de survie des patientes.

Partie I – Questionnement scientifique et technologique (durée indicative 2 h 30)

Ce sujet s'organise en trois parties :

- l'étude du mécanisme de cancérisation suite à une infection par HPV ;
- l'étude du métabolisme des cellules cancéreuses ;
- l'étude de traitements anti-tumoraux utilisés dans la lutte contre le cancer du col de l'utérus et d'innovations technologiques à visée thérapeutique en cours de développement.

1. MÉCANISME DE CANCÉRISATION PROVOQUÉE SUITE À UNE INFECTION PAR UN VIRUS HPV

Le cycle cellulaire comporte des points d'arrêt et de contrôle de la multiplication des cellules. Ainsi, des protéines comme p21 permettent de bloquer le cycle cellulaire en cas d'altération du génome. Elles sont codées par des gènes appelés « gènes suppresseurs de tumeur » dont fait partie le gène *p21* codant la protéine p21. Une mutation génétique d'un gène suppresseur de tumeur ou l'inactivation d'une protéine codée par un gène suppresseur de tumeur peut entraîner un dérèglement du cycle cellulaire pouvant conduire à l'émergence d'une tumeur.

Le **document 1** présente l'effet d'une infection par un virus de type HPV sur le cycle cellulaire d'une cellule épithéliale du col de l'utérus.

- Q1.** (C1) Identifier les phases du cycle cellulaire contrôlées par la protéine p21.
- Q2.** (C1) Indiquer les conséquences de l'expression et de l'action des protéines virales sur le cycle cellulaire.
- Q3.** (C3) Présenter les étapes intervenant dans la formation d'une tumeur utérine après infection par un virus de type HPV.

2. MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE DES CELLULES CANCÉREUSES

L'ATP est une molécule impliquée dans le métabolisme cellulaire et qui participe à l'équilibre énergétique des cellules. D'une part, la consommation en ATP est en partie liée à la vitesse de multiplication de la cellule. D'autre part, l'ATP est produit dans différentes voies métaboliques dont deux sont présentées dans le **document 2**.

- Q4.** (C2) Calculer, en précisant la démarche utilisée, le nombre de moles d'ATP produites à partir d'une mole de glucose par chacune des deux voies métaboliques présentées.

Afin de caractériser le métabolisme de cellules cancéreuses, des scientifiques ont cultivé *in vitro* une lignée de cellules cancéreuses utérines humaines. Ils ont déterminé la consommation en dioxygène et en glucose, ainsi que la production de lactate de ces cellules cancéreuses. Le même suivi métabolique a été réalisé pour des cellules épithéliales humaines non cancéreuses. Les résultats expérimentaux sont présentés dans le **document 3**.

Q5. (C3) Analyser les résultats afin de montrer les différences d'utilisation des voies fermentaire et oxydative entre les cellules humaines cancéreuses et les cellules non cancéreuses.

Q6. (C4) Émettre une hypothèse permettant d'expliquer la différence de consommation de glucose entre les cellules humaines cancéreuses et les cellules non cancéreuses.

La différence de consommation de glucose entre cellules cancéreuses et cellules non cancéreuses est utilisée pour tenter de repérer les tumeurs *in vivo* grâce à un scanner utilisant la tomographie par émission de positons (TEP scan). Cette technique d'imagerie fonctionnelle utilise un traceur radioactif qui est un analogue structural du glucose, le ^{18}F -FDG (fluorodésoxyglucose). Les organes qui consomment beaucoup de glucose accumulent du ^{18}F -FDG et apparaissent alors en noir sur l'image générée.

Certains tissus, comme le cerveau, ont une consommation en glucose physiologiquement élevée. Par ailleurs, le ^{18}F -FDG non capté par les cellules est éliminé par excrétion via les reins puis la vessie.

Le **document 4** présente le schéma du métabolisme du glucose et du ^{18}F -FDG dans une cellule ainsi qu'un cliché de TEP-scan d'une patiente ayant été traitée pour un cancer du col de l'utérus, et pour laquelle on recherche une éventuelle récurrence dans un autre organe ou tissu.

Q7. (C3) Expliquer pourquoi l'utilisation du ^{18}F -FDG permet de révéler la présence de cellules cancéreuses.

Q8. (C1) Analyser l'image obtenue par TEP-scan afin d'identifier le tissu qui comporte probablement des cellules cancéreuses.

3. TRAITEMENTS ANTITUMORAUX

Selon le stade, l'évolution et la localisation des tumeurs dans l'organisme, les patients peuvent être traités par différentes approches thérapeutiques visant à éliminer les cellules cancéreuses : chirurgie, radiothérapie, chimiothérapie ou immunothérapie. Ces approches thérapeutiques peuvent parfois être combinées.

3.1. Traitement chimiothérapeutique utilisant des inhibiteurs de voies métaboliques

La lactate déshydrogénase (LDH) est une enzyme qui catalyse la réduction du pyruvate en lactate, ce qui la rend indispensable à la production d'ATP par la voie fermentaire. Le **document 5** présente la fiche technique du dosage de l'activité enzymatique de la LDH ainsi que les résultats obtenus lors de ce dosage dans le plasma d'une patiente chez qui les médecins suspectent la présence d'un cancer du col de l'utérus.

Q9. (C3) Expliquer pourquoi l'absorbance mesurée doit diminuer si l'échantillon analysé contient l'enzyme LDH active.

Q10. (C2) Calculer la concentration d'activité catalytique de la LDH plasmatique dosée chez la patiente.

Q11. (C3) Interpréter le résultat de ce dosage.

Dans le cadre d'une étude clinique, deux médicaments anticancéreux ciblant l'activité enzymatique de la LDH sont testés chez des patientes atteintes de cancer du col de l'utérus. L'efficacité de ces traitements chimiothérapeutiques a été évaluée en mesurant la concentration d'activité catalytique de la LDH dans le plasma. Les résultats sont présentés dans le **document 6**.

Q12. (C4) Argumenter le choix du traitement anticancéreux qui semble le plus efficace.

Q13. (C5) Présenter l'ensemble des éléments montrant que des traitements ciblant l'activité LDH pourraient limiter le métabolisme tumoral et ainsi être utilisés comme traitement pour des patientes atteintes d'un cancer du col de l'utérus.

3.2. Immunothérapie, une voie d'avenir dans la lutte contre les cancers

Les avancées de la recherche contre le cancer ont permis de mettre en évidence l'importance du système immunitaire dans l'évolution des cancers. Ceci a conduit à la mise au point d'une approche thérapeutique, l'immunothérapie.

Ce traitement consiste à activer le système immunitaire d'un patient afin d'améliorer la reconnaissance des cellules cancéreuses, leur ciblage et leur destruction spécifique. Le **document 7** illustre l'activation du système immunitaire en réponse à des antigènes tumoraux.

Q14. (C4) Montrer, dans ce modèle, que la coopération cellulaire est indispensable à l'élimination des cellules cancéreuses par le système immunitaire.

En complément de la reconnaissance des antigènes tumoraux par son TCR, le lymphocyte T cytotoxique (LTc) exprime un récepteur membranaire PD-1 capable de se fixer à la protéine PD-L1, spécifiquement exprimée au niveau de la membrane plasmique des cellules tumorales. Cette reconnaissance entraîne l'inactivation du LTc, et bloque en partie la réponse immunitaire.

Pour traiter certains cancers utérins liés à une infection par HPV, il existe un traitement immunothérapeutique constitué d'anticorps thérapeutiques dirigés contre la protéine PD-L1.

Q15. (C3) Schématiser, en s'appuyant sur la représentation des cellules du **document 7**, les interactions moléculaires spécifiques ayant lieu entre une cellule tumorale et un LTc qui reconnaît un antigène tumoral :

- d'une part, en absence d'anticorps thérapeutiques ;
- d'autre part, en présence d'anticorps thérapeutiques.

Partie II – Question de synthèse (durée indicative 30 min)

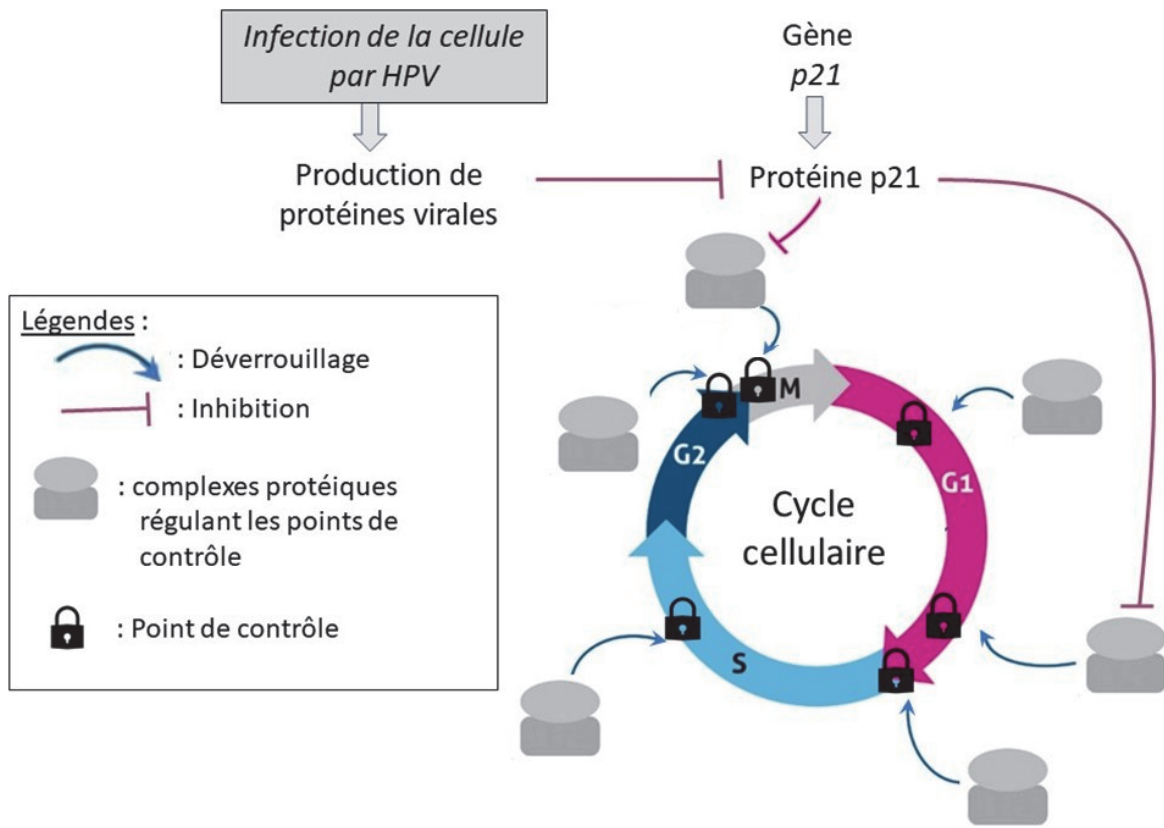
Le développement de vaccins pour lutter contre l'apparition et le développement de cancers est une innovation thérapeutique majeure de ces dernières années. Les premiers vaccins préventifs permettent de prévenir les infections virales responsables de la survenue d'un cancer.

Des vaccins à visée thérapeutique sont maintenant développés pour reconnaître des protéines à la surface de certaines cellules cancéreuses. Ces vaccins peuvent contenir des antigènes caractéristiques des cellules cancéreuses afin d'aider le système immunitaire à reconnaître et attaquer ces cellules cancéreuses.

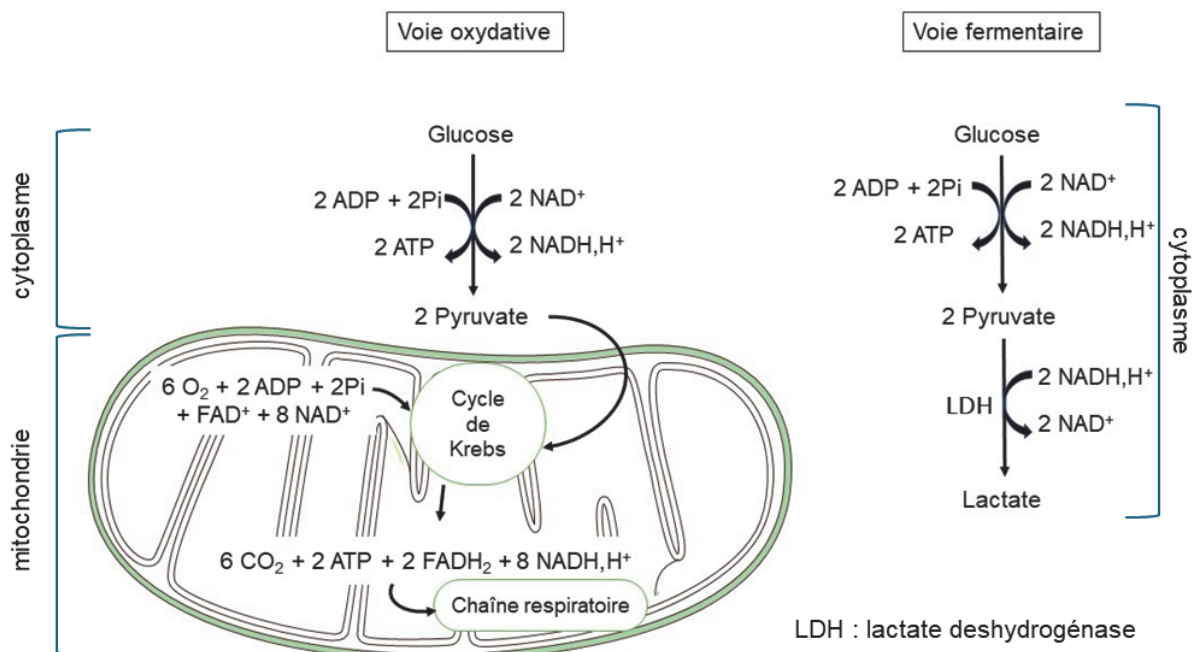
Le **document 8** présente des éléments d'information sur la vaccination contre les virus de type HPV et la vaccination à visée thérapeutique.

Q16. (C5) Rédiger un argumentaire présentant les enjeux et les limites de la vaccination thérapeutique par rapport à la vaccination préventive.

DOCUMENT 1 : Effet de l'infection par HPV sur le cycle cellulaire d'une cellule épithéliale du col de l'utérus



DOCUMENT 2 : Représentation schématique de deux voies métaboliques utilisant le glucose dans une cellule humaine



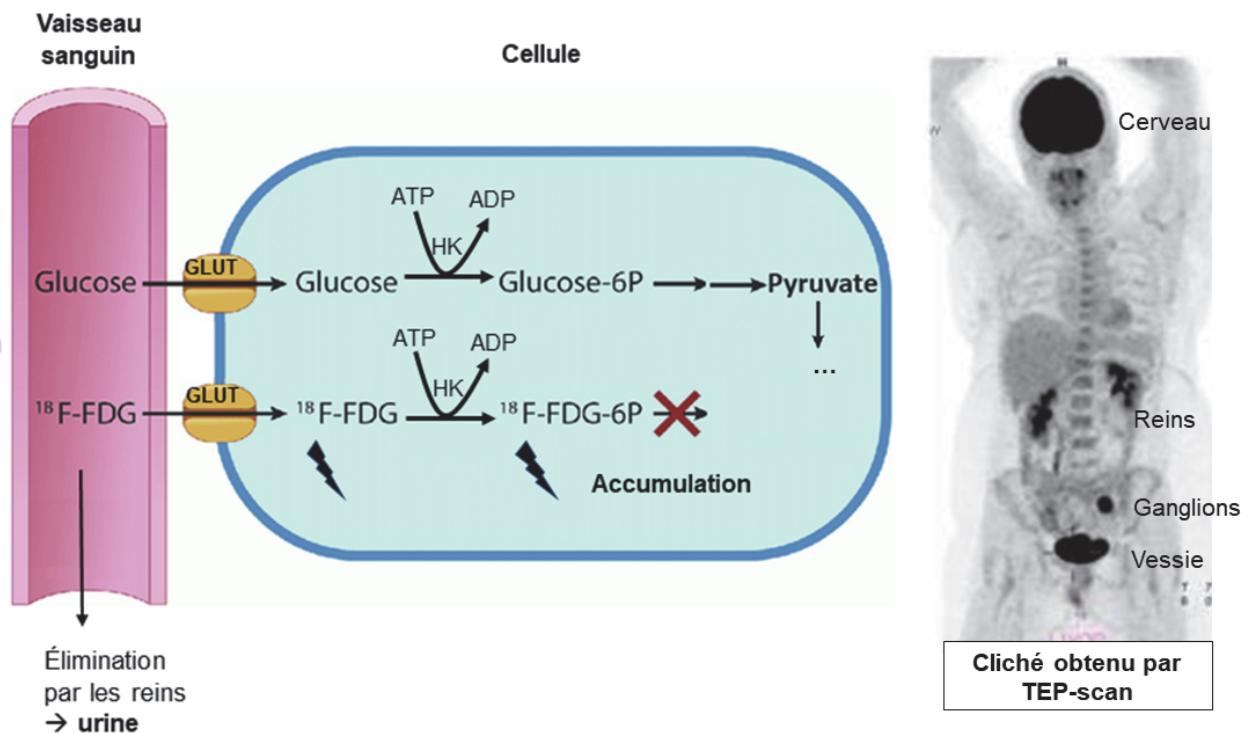
Données : la réoxydation dans la chaîne respiratoire mitochondriale d'une mole de FADH_2 permet la synthèse de 2 moles d'ATP, tandis que la réoxydation d'une mole de NADH, H^+ permet la synthèse de 3 moles d'ATP.

DOCUMENT 3 : Paramètres métaboliques de cellules humaines cancéreuses et non cancéreuses en culture *in vitro*



	Lignée de cellules cancéreuses	Cellules épithéliales non cancéreuses
Consommation de O₂ (mm ³ ·cm ⁻² _{culture} ·h ⁻¹)	9	21
Lactate produit (unités arbitraires)	42	0
Glucose consommé (unités arbitraires)	115	32

DOCUMENT 4 : Métabolisme du glucose et du ¹⁸F-FDG et utilisation en diagnostic clinique par TEP-scan

D'après WT Rhaman *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2019 et www.chpg.mc consulté le 2/12/2025



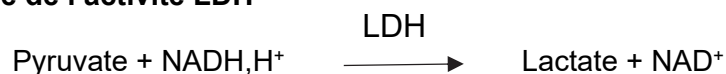
Données :

-  : Émission de positons
-  : Transporteur de glucose
- HK : Hexokinase

DOCUMENT 5 : Fiche technique du dosage de l'activité lactate déshydrogénase (LDH) plasmatique et résultats obtenus chez une patiente

Source : Notice du kit enzymatique de dosage de l'acide L-lactique, méthode SFBC modifiée, www.biolabo.fr, consulté le 01/10/2024 et *Tumour Biol.* 2016 oct; 37(10) : 14083–14088

Principe du dosage de l'activité LDH



L'absorbance est mesurée à 340 nm, longueur d'onde à laquelle le NADH,H⁺ présente un pic d'absorption spécifique.

Procédure du dosage de l'activité LDH

Solution de pyruvate en tampon pH 7,2	0,8 mL
Solution de NADH,H ⁺	0,2 mL
Plasma de la patiente	0,020 mL
Attendre 30 secondes	
Lire l'absorbance initiale A ₁ à 340 nm	
Attendre 1 minute	
Lire l'absorbance finale A ₂ à 340 nm	

Valeurs expérimentales du dosage de l'activité LDH obtenues chez la patiente

A ₁ à 340 nm	0,157
A ₂ à 340 nm	0,061

Calcul de la concentration d'activité catalytique de la LDH plasmatique

$$b_{(LDH; plasma)} = \Delta A \times \frac{V_{MR} \times 1000}{V_E \times 6,3 \times l}$$

Le résultat est obtenu en UI·L⁻¹.

Avec :

$$\Delta A = (A_1 - A_2)$$

V_{MR} : Volume de milieu réactionnel, en mL

V_E : Volume de plasma contenant l'enzyme à doser, en mL

l : largeur de la cuve en cm (l = 1 cm)

Données :

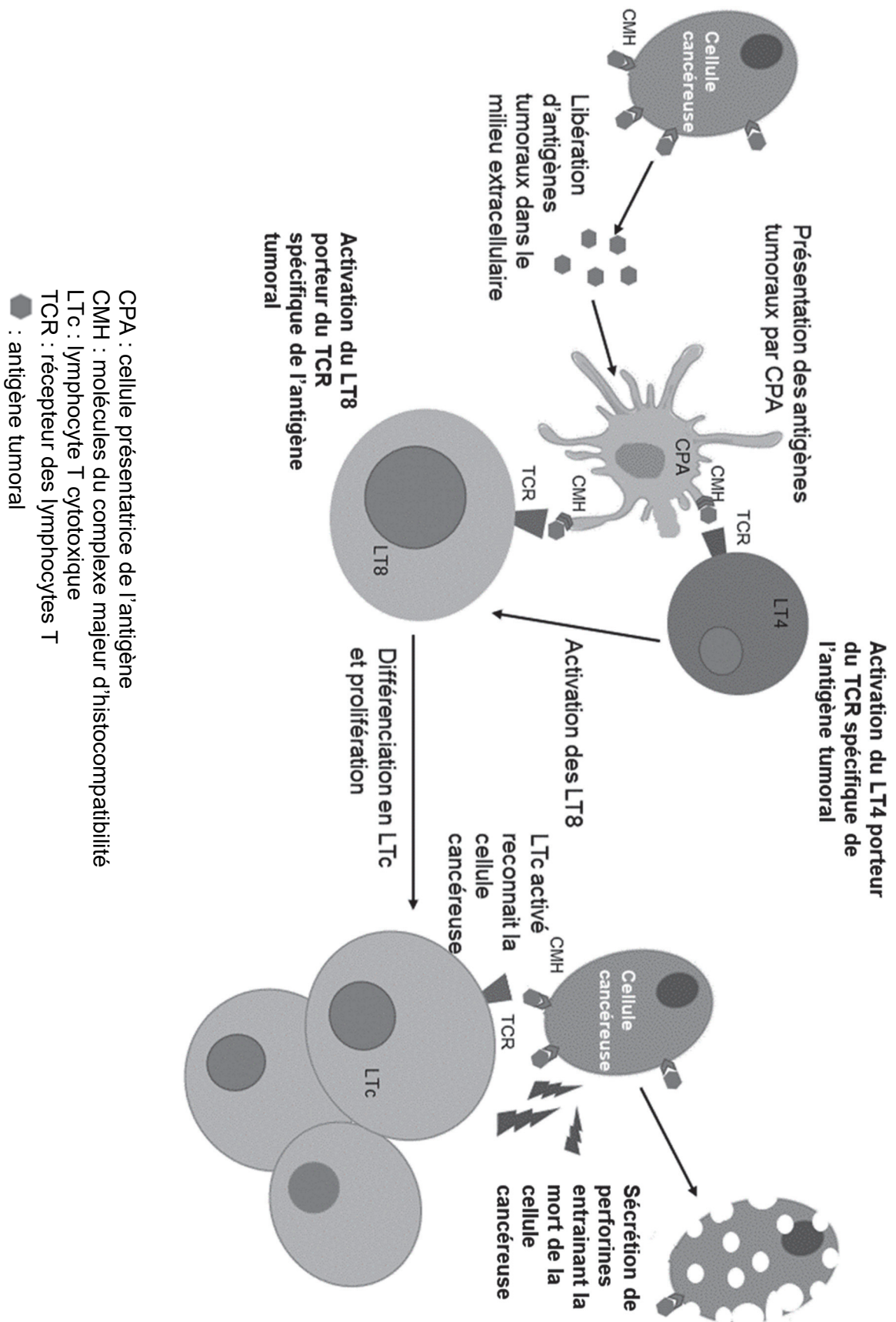
	Concentration d'activité catalytique de la LDH plasmatique en UI·L ⁻¹
Valeurs physiologiques de référence	120 à 250
Patientes atteintes d'un cancer du col de l'utérus	≥ 300

DOCUMENT 6 : Mesure de la concentration d'activité catalytique de la LDH plasmatique chez des patientes traitées contre un cancer du col de l'utérus

D'après Rujiao Liu et al. Tumour Biol. 2016

	Traitement par le médicament A	Traitement par le médicament B
Concentration d'activité catalytique de la LDH plasmatique des patientes avant traitement (UI·L ⁻¹)	>1000	>1000
Concentration d'activité catalytique de la LDH plasmatique des patientes après traitement (UI·L ⁻¹)	331 ± 23	148 ± 15

DOCUMENT 7 : Réponse immunitaire impliquée dans la lyse des cellules cancéreuses



DOCUMENT 8 : Les vaccinations préventives et les vaccinations thérapeutiques

La vaccination contre les virus de type HPV, traitement préventif du cancer du col de l'utérus

D'après : Vaccination contre les cancer HPV, article publié sur e-cancer.fr, consulté le 28/09/2024

Chaque année en France, 6 400 nouveaux cas de cancers sont causés par les papillomavirus humains (ou HPV). Environ 80 % des femmes et des hommes sont exposés à ces virus au cours de leur vie. En général, l'organisme parvient à éliminer ces virus mais il arrive que ceux-ci persistent et provoquent des lésions précancéreuses qui peuvent évoluer vers un cancer, chez la femme et chez l'homme, plusieurs années plus tard.

Chaque année en France, les cancers du col de l'utérus touchent près de 2 900 femmes et causent environ 1 100 décès, tous liés aux HPV. Environ 30 000 lésions précancéreuses du col de l'utérus sont dépistées et traitées chaque année. Elles peuvent nécessiter un traitement ou une surveillance gynécologique particulière avec parfois des retentissements importants sur l'avenir obstétrical chez la femme, dont un risque d'accouchement prématuré.

Aujourd'hui, la vaccination contre les virus de type HPV protège contre 90 % des infections à HPV à l'origine de cancers. À ce jour, plus de 100 millions d'enfants et d'adolescents ont été vaccinés contre les HPV dans près de 80 pays. Ce vaccin très bien toléré protège de façon durable contre plusieurs types de cancers.

Les vaccins thérapeutiques anti-cancers

D'après : Immunothérapie des cancers, article publié sur inserm.fr, consulté le 28/11/2024

Le but de la vaccination thérapeutique est de stimuler et de diriger le système immunitaire spécifiquement contre les cellules cancéreuses, en présentant un antigène tumoral capable de déclencher une réaction immunitaire efficace. La vaccination anti-cancer présente un atout majeur : elle permet de déclencher une réponse immunitaire « mémoire » qui doit théoriquement protéger le patient contre une éventuelle rechute.

Ces vaccins anti-cancers sont personnalisables et adaptés au profil moléculaire de la tumeur du patient. Plusieurs d'entre eux sont à l'essai, mais un seul, le *Sipuleucel-T*, est aujourd'hui commercialisé contre le cancer de la prostate. Pour développer cette approche, il est nécessaire de prélever des cellules dendritiques du patient à partir d'un échantillon sanguin. *In vitro*, les cellules sont mises en présence d'un antigène tumoral (dénommé la phosphatase acide prostatique) retrouvé dans 95 % des cancers de la prostate. Réinjectées dans l'organisme du même patient, ces cellules « activées » présentent l'antigène tumoral aux lymphocytes T qui déclenchent une réponse cytotoxique contre les cellules cancéreuses qui portent ce même antigène.

Part du marché des vaccins thérapeutiques

D'après : Analyse de la taille et de la part du marché des vaccins thérapeutiques – Tendances de croissance et prévisions (2024-2029), article publié sur mordorintelligence.com, consulté le 28/11/2024

Selon une étude publiée par le European Journal of Cancer en janvier 2022, un total de 44 essais cliniques étaient en cours pour étudier les vaccins thérapeutiques contre le cancer du sein. [...]. En raison de l'augmentation des cas de cancer, de l'augmentation des essais cliniques portant sur des vaccins thérapeutiques contre le cancer et des dépenses de recherche des entreprises et du financement gouvernemental, le secteur industriel et économique des vaccins contre le cancer devrait connaître une croissance significative au cours de la période 2024-2029. Ainsi, ces essais cliniques montrent l'engagement des institutions de recherche ainsi que des principaux acteurs pharmaceutiques et biopharmaceutiques dans le développement de vaccins thérapeutiques contre le cancer. Cependant, les exigences et les cadres juridiques stricts ainsi que le prix élevé associé au développement de vaccins thérapeutiques sont susceptibles d'entraver la croissance du marché.