

ANNEE D'ETUDES : P.C.E.M. 1

☒ SESSION DE MAI

EPREUVE : BIOLOGIE CELLULAIRE

Date : Mardi 12 Mai 2009

Heure : de 9h30 à 11h00

Enseignant Responsable : Professeur GILSON Eric

TYPE D'EPREUVE : QCM

Durée de l'épreuve : 1 heure et 30 minutes

Notation sur : /10

Le fascicule « QUESTIONS » comporte 10 pages, numérotées de la page 1 à 10 (+1 feuille rose en fin de fascicule).

Un 2ème fascicule « FIGURES » de 6 pages (+1 feuille verte en fin de fascicule), comportant les figures n°1 à 5.

Nom du candidat :

Prénom :

Numéro de place :

SIGNATURE

INSTRUCTIONS POUR L'EPREUVE

Usage de la calculatrice

☐ oui

☒ non

1. Assurez-vous que votre fascicule est complet : les pages doivent se suivre sans interruption.
2. Ce fascicule devra obligatoirement être rendu avec la grille de réponse à la fin de l'épreuve.
3. Les questions QCM sont à REPONSES MULTIPLES. Chaque question comporte cinq propositions.
4. **Vous devez cocher sur la grille de réponse uniquement les propositions exactes de 0 à 5 possibilités par question.**
5. Toute marque qui apparaît en dehors des emplacements qui vous sont réservés peut motiver un zéro à votre épreuve.
6. Communications : depuis l'instant où vous aurez reçu votre cahier d'épreuves jusqu'à celui où vous aurez rendu la grille de réponse optique, **toute communication est interdite** quel qu'en soit le prétexte ou la nature. En cas de besoin, adressez-vous exclusivement aux surveillants présents dans la salle.
7. Vous pouvez conserver le fascicule « figures ».

Attention !

Vos réponses portées sur la grille de réponse QCM seront lues par un procédé optique qui implique obligatoirement que les cases correspondantes soient franchement et entièrement noircies et non pas seulement très légèrement ou partiellement crayonnées.

Le poliovirus est un virus de la famille des picornaviridae. C'est un virus à ARN simple brin à polarité positive. C'est un virus nu dont la capsid est à une structure icosaédrique. Le virus a une grande affinité pour les cellules nerveuses motrices de la corne antérieure de la moelle épinière. Une multiplication à l'intérieur de ces cellules provoque leur destruction et une paralysie qui caractérise la poliomyélite. Il existe un vaccin constitué d'une suspension virale obtenue par culture sur cellule Vero, purification et inactivation par le formol.

Question 1. Propositions concernant le poliovirus.

- A – C'est un virus résistant dans le milieu extérieur.**
- B - La fixation du virus sur les récepteurs cellulaires se fait par l'intermédiaire des protéines de la capsid.**
- C – Les unités de structure formant l'icosaèdre sont des capsomères.**
- D – La synthèse des protéines virales peut commencer dès la décapsidation.**
- E - L'immunisation obtenue par vaccination perturbe la phase de réplication.**

La pneumonie franche lobaire aiguë de l'adulte jeune est due à une bactérie à Gram positif : *Streptococcus pneumoniae*. C'est une bactérie capsulée. La pénétration dans l'organisme se fait par voie aérienne, par propagation le long de l'arbre bronchique. *Streptococcus pneumoniae* était habituellement sensible à la pénicilline mais, aujourd'hui, de nombreuses souches présentent une sensibilité diminuée ou même une résistance à cet antibiotique.

Question 2. Propositions concernant *Streptococcus pneumoniae*.

- A - La capsule est un facteur de virulence.**
- B - La capsule est de nature protéique.**
- C – Les propriétés antigéniques de la capsule permettent son usage comme agent vaccinant.**
- D – La sensibilité à la pénicilline de cette espèce peut s'expliquer par un mécanisme de fragilisation de la capsule bactérienne.**
- E - La résistance à la pénicilline de cette espèce peut s'expliquer par une mutation sur un gène codant pour une protéine provoquant une baisse de l'affinité de l'antibiotique pour celle-ci.**

Escherichia coli est un bacille à Gram négatif, élément habituel de la flore intestinale, régulièrement reconnu comme agent d'infection urinaire, pathologie principalement féminine. La contamination de l'arbre urinaire se fait le plus souvent par voie ascendante et cette bactérie est fréquemment résistante aux pénicillines A, antibiotiques de la famille des bêta-lactamines.

Question 3. Propositions concernant *Escherichia coli*.

- A – C'est une bactérie visible en microscopie optique car sa taille est de l'ordre de 1 à 2 micromètres.**
- B - Il se distingue des bactéries à Gram positif par la structure de sa paroi qui apparaît homogène en microscopie électronique.**
- C – Il adhère aux cellules uro-épithéliales grâce à des fimbriae .**
- D – Une modification de la flore vaginale constitue un facteur prédisposant à l'infection.**
- E – L'hydrolyse des bêta-lactamines par des enzymes bactériens est un mécanisme susceptible d'expliquer la résistance des bactéries à Gram négatif à ces antibiotiques.**

La grippe est une maladie épidémique qui se développe, en France, sous un mode annuel hivernal. La maladie est due à un virus de la famille des orthomyxoviridae. C'est un virus à ARN monocaténaire segmenté à polarité négative. C'est un virus enveloppé à symétrie hélicoïdale. Il existe un vaccin.

Question 4. Propositions concernant la grippe

- A – L'enveloppe porte des glycoprotéines à sa surface. Celles-ci sont impliquées dans la phase d'attachement du virus à la cellule hôte.**
- B - Le vaccin antigrippal doit sa spécificité aux antigènes constitués par les protéines de la capside du virus.**
- C - La segmentation est un facteur qui explique la variabilité du génome viral.**
- D - La production d'exotoxine est le principal mécanisme responsable de l'expression clinique de la grippe.**
- E - Le mode principal de contamination est un contact rapproché avec des oiseaux ou volailles infectés.**

c-Myc est un régulateur transcriptionnel clef pour le contrôle de la croissance cellulaire. La quantité de c-Myc dans la cellule est très bien régulée, aussi bien au niveau de la transcription et de la traduction de la protéine que de sa stabilité dans la cellule. On a étudié la localisation subcellulaire de c-Myc dans une lignée de cellules : COS-7 (dérivées de cellules de rein de singe vert d'Afrique). Dans un premier temps, la localisation de c-Myc a été étudiée par une double immunofluorescence indirecte en utilisant des anticorps primaires de souris dirigés contre la protéine c-Myc et des anticorps primaires de lapin dirigés contre la protéine histone H2A. Les résultats de l'expérience ont montré que la fluorescence émise par les anticorps primaires anti-c-Myc et celle émise par les anticorps primaires anti-H2A étaient localisées dans le noyau.

Question 5. Propositions concernant l'utilisation d'anticorps secondaires pour visualiser séparément c-Myc et H2A dans les mêmes cellules.

- A- Anticorps de souris anti-immunoglobuline de lapin couplés à la rhodamine et des anticorps de lapin anti-immunoglobuline de souris couplés à la fluorescéine.**
- B- Anticorps de chèvre anti-immunoglobuline de lapin couplés à la fluorescéine et des anticorps de lapin anti-immunoglobuline de souris couplés à la fluorescéine.**
- C- Anticorps de souris anti-immunoglobuline de lapin couplés à la rhodamine et des anticorps de lapin anti-immunoglobuline de chèvre couplés à la fluorescéine.**
- D- Anticorps de cheval anti-immunoglobuline de lapin couplés à la rhodamine et des anticorps de chèvre anti-immunoglobuline de souris couplés à la fluorescéine.**
- E- Anticorps de chèvre anti-immunoglobuline de lapin couplés à la rhodamine et des anticorps de cheval anti-immunoglobuline de souris couplés à la rhodamine.**

Par la suite, on a transfecté transitoirement les cellules COS-7 avec un ADN correspondant à un vecteur d'expression codant pour la protéine c-Myc-GFP. c-Myc-GFP est une protéine de fusion constituée dans sa partie N-terminale de la protéine c-Myc et dans sa partie C-terminale de la protéine GFP. Trois jours après la transfection, la visualisation des cellules par un microscope à fluorescence montre que 10 % des cellules émettent une fluorescence correspondant à l'excitation de la GFP dans le noyau. Les autres cellules n'émettent aucune fluorescence.

Question 6. Propositions concernant cette expérience de transfection transitoire.

- A- Le vecteur d'expression contenait obligatoirement un gène conférant la résistance à un antibiotique.**
- B- Au moins 20 % des cellules ont été transfectées avec l'ADN du vecteur d'expression.**
- C- L'ADN du vecteur d'expression s'est nécessairement intégré dans l'ADN génomique de 10% des cellules.**
- D- La protéine c-Myc-GFP ne peut pas s'exprimer à partir du vecteur d'expression.**
- E- L'addition d'une étiquette GFP à c-Myc n'empêche pas la protéine c-Myc de se localiser dans le noyau.**

L'expérience suivante a consisté à photoblanchir par irradiation une zone de fluorescence dans le nucléoplasme des cellules COS-7 exprimant c-Myc-GFP (après transfection). Après un photoblanchiment d'une seconde, une photo est prise immédiatement puis toutes les secondes. Dans cette expérience, la restauration de la fluorescence au niveau de la zone photoblanchie est tellement rapide qu'il est impossible d'en mesurer la vitesse.

Question 7. Propositions concernant cette expérience de photoblanchiment.

- A- La réaction normale de fluorescence est de réémettre l'énergie absorbée sous forme de photons de longueur d'onde plus petite que celle qui a servi à l'excitation.**
- B- Le photoblanchiment résulte d'un transfert d'énergie non radiatif entre deux protéines fluorescentes.**
- C- L'expérience de photoblanchiment démontre que la vitesse de diffusion de la protéine c-Myc-GFP est très lente.**
- D- La restauration de fluorescence provient nécessairement de molécules c-Myc-GFP traduites après le photoblanchiment.**
- E- L'expérience de photoblanchiment démontre que l'addition d'une étiquette GFP à c-Myc immobilise la protéine c-Myc dans le noyau.**

Dans une autre expérience, dont les résultats sont présentés dans la figure 1, on a cette fois photoblanchi de façon répétée une zone du cytoplasme et suivi en vidéo microscopie l'effet de ce photoblanchiment sur le signal de fluorescence de la cellule concernée.

Question 8. Les résultats de la figure 1 :

- A- suggèrent que c-Myc-GFP est capable d'être transférée d'une cellule à une autre.**
- B- suggèrent que c-Myc-GFP est localisée dans le nucléole ;**
- C- démontrent que c-Myc-GFP sort du noyau en moins de deux minutes.**
- D- suggèrent que la durée de vie de c-Myc-GFP dans le noyau est inférieure à deux minutes ;**
- E- sont compatibles avec l'hypothèse que l'irradiation induit la synthèse d'une ubiquitine ligase qui va modifier c-Myc-GFP et entraîner sa dégradation par le protéasome.**

Question 9. Propositions concernant la microscopie électronique.

- A- La cryofracture a l'avantage d'éviter la fixation chimique et donc de limiter les risques de dénaturation.**
- B- La cryofracture est une technique de choix pour visualiser les reliefs du nucléole.**
- C- Le microscope électronique en transmission permet de séparer deux points distants de 0.2 nm.**
- D- Dans la microscopie en transmission, l'objet est balayé par un faisceau d'électrons qui excitent la surface de l'objet émettant des électrons secondaires recueillis par un détecteur.**
- E- La coloration à l'or permet de visualiser une protéine particulière.**

Une lignée de fibroblastes humains, appelée LF, a été obtenue à partir de la mise en culture primaire de biopsie de peau. Les cellules de cette lignée sont cultivées *in vitro* dans des boîtes de Pétri contenant un milieu nutritif complété avec 10% de sérum de veau fœtal (ou SVF). Les modifications accompagnant la sénescence cellulaire sont recherchées en fonction du nombre de doublement de la population de cellules (appelé DP pour Doublement de la Population). Ces modifications sont l'expression de β -galactosidase acide (appelée β -GalA) et une modification de leur morphologie avec un aplatissement des cellules sur le plastique de la boîte de Pétri.

Dans certaines expériences, à 30 DP ou à 55 DP, les cellules sont transférées dans un milieu dépourvu de SVF pendant 5 jours (appelées cellules LF30-SVF ou LF55-SVF, respectivement) puis remises en présence de 10% de SVF pour 24 heures (appelées cellules LF30-SVF+ et LF55-SVF+, respectivement).

Dans d'autres expériences, à 5 DP, des cellules sont transfectées par des vecteurs qui expriment soit l'ADNc de la sous-unité catalytique de la télomérase (hTERT) soit l'ADNc de l'antigène T du virus oncogène SV40. Les cellules transfectées et exprimant ces transgènes sont appelées LF(hTERT) et LF(AgT) dans le tableau 1. Il est rappelé que l'antigène T de SV40 inhibe les voies de surveillance du génome dépendant de p53 et de Rb.

D'autres cellules LF, après 12 DP, ont été transfectées avec un vecteur exprimant la forme oncogénique de Ras, appelée RasV12. Cette forme de Ras induit une activation constitutive des voies effectrices de Ras. Ces cellules sont appelées LF(RasV12).

Dans une autre série d'expériences, des cellules LF, après 12 DP, ont été transfectées simultanément avec un vecteur exprimant RasV12 et des vecteurs exprimant soit hTERT soit AgT. Ces cellules sont appelées LF(RasV12-hTERT) et LF(RasV12-AgT), respectivement.

Tableau 1

Type de cellules	Nombre de DP	% de cellules exprimant β -GalA	% cellules avec une morphologie aplatie	Taille moyenne des télomères (en kilobase ou kb)	% cellules en G1	% de cellules en S	% de cellules G2/M
LF	9	0	0	8,5	40	45	15
LF	12	0	0	8	nd	nd	nd
LF	30	15	10	7	47	40	13
LF	55	80	80	5,7	89	5	6
LF	60	85	85	5	nd	nd	nd
LF30-SVF	30	5	5	7	90	0,5	9,5
LF55-SVF	55	20	25	5,5	97	0	3
LF30-SVF+	30	18	17	6,8	31	60	9
LF55-SVF+	55	80	70	5,3	88	7	5
LF(hTERT)	30	0	0	8	47	40	13
LF(hTERT)	55	0	0	9	47	40	13
LF(AgT)	30	0	0	7	nd	nd	nd
LF(AgT)	55	0	0	5,5	nd	nd	nd
LF(RasV12)	12	80	85	8	90	4	6
LF(RasV12-hTERT)	12	82	79	8	90	3	7
LF(RasV12-AgT)	12	0	0	8	40	42	18
LF(RasV12-AgT)	55	0	0	5,5	45	45	10

nd = non déterminé

Question 10. Propositions concernant la culture de fibroblastes humains normaux.

- A- Les fibroblastes ne peuvent pas croître sans adhérer à un support.
- B- La présence d'une source de carbone et d'acides aminés n'est pas suffisante pour permettre aux cellules de se diviser.
- C- Les fibroblastes peuvent se diviser sans limite à condition d'ajouter des facteurs de croissance dans le milieu de culture.
- D- La sénescence cellulaire est déclenchée lorsque les cellules sont privées de sérum.
- E- Les cellules sénescents sont métaboliquement actives.

Question 11. On ajoute du SVF dans les cultures de cellules humaines pour :

- A- éviter la contamination des cellules avec des levures;
- B- fournir une source de carbone;
- C- fournir une source d'acide aminé;
- D- stimuler leur croissance;
- E- les immortaliser.

Question 12. Les résultats du tableau 1 démontrent que :

- A- la taille des télomères augmente avec le nombre de divisions des cellules;
- B- la télomérase empêche les cellules de rentrer en mitose;
- C- la télomérase empêche le raccourcissement des télomères;
- D- la télomérase empêche les cellules de rentrer en sénescence;
- E- la sénescence est immédiatement déclenchée lorsque la télomérase s'exprime.

Question 13. Les résultats du tableau 1 démontrent que :

- A- l'expression de RasV12 empêche les cellules de mourir;
- B- la sénescence résulte nécessairement du raccourcissement des télomères;
- C- la télomérase empêche RasV12 d'induire un blocage de l'entrée en phase S;
- D- RasV12 bloque les cellules en phase G1;
- E- la sénescence s'accompagne du blocage des cellules à la transition G1-S.

Question 14. Les résultats du tableau 1 démontrent que :

- A- la sénescence est inhibée en absence de facteur de croissance;
- B- le raccourcissement des télomères des cellules LF30-SVF+ et LF55-SVF+ en réponse à la stimulation mitogénique est la cause de leur entrée en sénescence;
- C- les télomères de cellules dépourvues de télomérase se raccourcissent lorsqu'elles sont privées de sérum;
- D- la stimulation mitogénique coopère avec l'absence de télomérase pour induire la sénescence;
- E- des télomères de taille inférieure à 5 kb n'induisent pas la sénescence si les cellules reçoivent un stimulus mitogénique.

Question 15. Les résultats du tableau 1 suggèrent que :

- A- la sénescence est un mécanisme suppresseur de tumeur;
- B- la présence de SVF induit la prolifération des cellules;
- C- la sénescence est réversible en absence de sérum;
- D- le niveau d'expression des inhibiteurs du cycle cellulaire présents dans les cellules sénescents est suffisant pour contrebalancer la stimulation mitogénique causée par le SVF;
- E- toutes les cellules bloquées en G1/S sont sénescents.

Question 16. Propositions concernant l'organisation de la chromatine et du noyau.

- A- Il y a condensation progressive de la chromatine et ouverture sélective de loci lors de l'engagement dans un programme de différenciation cellulaire.
- B- Le nucléole est une structure nucléaire délimitée par des membranes.
- C- Les granules interchromatiniens et les corps de Cajal ne sont pas des lieux de transcription.
- D- L'hétérochromatine est à la périphérie nucléaire même en regard des pores nucléaires.
- E- Le positionnement spatial des gènes n'est pas une information régulatrice.

Question 17. Propositions concernant l'épigénétique.

- A- La préformation est un concept qui stipule que les organes apparaissent progressivement au cours de la croissance embryonnaire sous l'influence de forces extérieures.**
- B- La théorie de l'épigénèse explique le développement embryonnaire par le déploiement de structures préexistantes dans l'œuf.**
- C- Pour Conrad Waddington, l'épigénétique étudie les interactions entre gènes et environnement qui donnent naissance au phénotype d'un individu.**
- D- Actuellement, on considère qu'un phénomène épigénétique résulte d'une modification du phénotype qui n'est pas héritable.**
- E- La méthylation de l'ADN peut être responsable d'épimutations.**

La région globine du génome de poulet contient trois systèmes de gènes régulés de manière indépendante. Elle comprend les gènes globines (ρ , β et ϵ), entourés d'un côté par un gène déterminant la synthèse du récepteur au folate (appelé *RF*) et de l'autre côté par un gène codant pour un récepteur olfactif (appelé *RO*). Le profil d'expression de ces gènes a été déterminé dans des cellules représentant différents stades de la différenciation en érythrocytes et dans différents tissus (Figure 2). Les cellules HD24 et 6C2 sont arrêtées à des étapes différentes de la différenciation érythrocytaire : les cellules 6C2 correspondent à un stade de différenciation légèrement plus tardif qu'HD24. Il est rappelé que le récepteur au folate joue un rôle dans la prolifération des cellules. Par exemple, la présence d'anticorps dirigés contre ce récepteur augmente la prolifération en culture de certains progéniteurs de la lignée érythrocytaire et le récepteur est surexprimé dans plusieurs types de tumeurs malignes humaines. DT40 est une lignée contrôle non-érythrocytaire. Les récepteurs olfactifs s'expriment dans les cellules neuro-sensorielles de l'épithélium olfactif. Les sites hypersensibles à la DNaseI (HS) et les régions sensibles à la DNaseI de la région globine ont été cartographiés (Figure 1). Trois sites hypersensibles majeurs ont été identifiés, appelés HSA, HS4 et 3'HS. Des régions sensibles à la DNaseI ont également été caractérisées. Il est rappelé que la sensibilité à la DNaseI caractérise des régions de chromatine "ouverte".

La méthylation des CpG a été déterminée pour la région globine, ce qui a permis de révéler une zone hyperméthylée présente dans toutes les cellules étudiées (Figure 2, HM). La séquence de l'ADN de cette région a été déterminée. Elle apparaît dépourvue de gène et contient de nombreux ADN répétitifs non codant.

Question 18. Les résultats de la figure 2 :

- A- démontrent que les régions sensibles à la DNase I contiennent des gènes qui sont nécessairement transcrits ;**
- B- suggèrent que le site HSA agit comme un insulateur ;**
- C- démontrent que le gène RF est exprimé dans les cellules neuronales ;**
- D- suggèrent que le gène RO nécessite le site HS4 pour s'exprimer ;**
- E- suggèrent que l'expression des gènes globines nécessite la présence du site 3'HS.**

La protéine HP1 est un constituant non-histone des chromatines hyper-condensées et en particulier de l'hétérochromatine péricentromérique. Dans le dessein de déterminer si la protéine HP1 est associée à la région hyperméthylée, des expériences d'immunoprécipitation de chromatine ont été effectuées avec des anticorps dirigés contre HP1. Brièvement, après traitement des cellules au formaldéhyde pour ponter de manière covalente protéines et acides nucléiques, la chromatine est purifiée et immunoprécipitée avec des anticorps anti-HP1. Les liaisons covalentes entre l'ADN et les protéines de la chromatine sont ensuite rompues par un traitement à la chaleur, ce qui permet de purifier l'ADN après traitement à la protéinase K. La quantité d'ADN d'un segment donné de la région globine a été déterminée par PCR quantitative. Les résultats sont exprimés comme le rapport de la quantité d'ADN d'un segment donné avant et après immunoprécipitation. Ce rapport représente le facteur d'enrichissement en HP1 pour un segment donné de la région globine. La mesure de l'enrichissement en HP1 a été répétée pour une série de segments d'ADN couvrant la région globine. Le profil de l'enrichissement en HP1 le long de la région globine est présenté dans la Figure 3.

Question 19. Les résultats des figures 2 et 3 :

- A- démontrent que la protéine HP1 est enrichie dans la zone HM des cellules de l'épithélium olfactif adulte;**
- B- démontrent que la disparition d'HP1 des gènes globines au cours de la différenciation induit leur transcription ;**
- C- suggèrent que la protéine HP1 est un facteur de transcription n nécessaire à l'expression des gènes globines;**
- D- suggèrent le modèle suivant : la zone HM sert de site d'initiation pour la formation de chromatine hyper-condensée;**
- E- suggèrent que le site HS4 est un insulateur qui limite la propagation de la chromatine hyper-condensée.**

Dans le dessein de mesurer les modifications post-traductionnelles des histones H3 de la région globine, des anticorps dirigés contre l'extrémité N-terminale acétylée aux lysines 9 et 14 (appelés anti-H3Ac) et contre l'extrémité N-terminale avec une lysine méthylée en position 9 (appelés anti-H3Me) ont été générés. Les résultats des expériences d'immunoprécipitation de la chromatine de la région globine sont présentés dans la figure 4 (anti-H3Ac) et dans la figure 5 (anti-H3Me).

Question 20. Les résultats des figures 2, 3, 4 et 5 :

- A- suggèrent que l'acétylation d'histone H3 joue un rôle dans l'insulation ;**
- B- suggèrent que l'acétylation de l'histone H3 joue un rôle dans l'élongation de la transcription;**
- C- suggèrent que la protéine HP1 se fixe sur l'histone H3 méthylée à la lysine en position 4;**
- D- suggèrent que l'acétylation de l'histone H3 est nécessaire pour sa méthylation;**
- E- prédisent que l'expression des gènes globines dans les érythrocytes embryonnaires est sensible aux désacétylases d'histone.**

Question 21. Propositions concernant l'endocytose.

- A- Il existe trois voies d'endocytose : la pinocytose, l'endocytose par récepteur interposé et la phagocytose.
- B- L'exocytose permet l'élimination de cellules sénescents ou apoptotiques.
- C- L'endocytose par récepteur interposé est un mode d'endocytose non spécifique.
- D- Le manteau de clathrine est constitué d'une association de triskèles.
- E- Le rôle principal de la phagocytose est le renouvellement de la membrane cellulaire.

Question 22. Propositions concernant l'endocytose

- A- Lors de la pinocytose, les macrophages émettent des pseudopodes.
- B- Le contenu des vésicules d'endocytose est toujours dégradé.
- C- Lors de la transcytose, le contenu des vésicules d'endocytose est dégradé à pH acide puis éliminé au pôle cellulaire opposé par autophagie.
- D- Les vésicules de stockage sont alimentées par le processus d'exocytose.
- E- Les anticorps du lait maternel sont transmis au nouveau-né grâce au processus d'endocytose par récepteur interposé puis par pinocytose.

Question 23. Propositions concernant le système membranaire.

- A- Les peroxysomes sont des organelles à pH acide contenant de nombreuses hydrolases.
- B- Le pH des endosomes augmente au cours de la maturation des endosomes précoces vers les endosomes tardifs.
- C- La V-ATPase permet de coupler l'hydrolyse de l'ATP en ADP + Pi à l'import de protons dans les lysosomes.
- D- Les protéases lysosomales sont actives à un pH optimal de 7.
- E- Les autophagosomes résultent de la phagocytose des auto-anticorps.