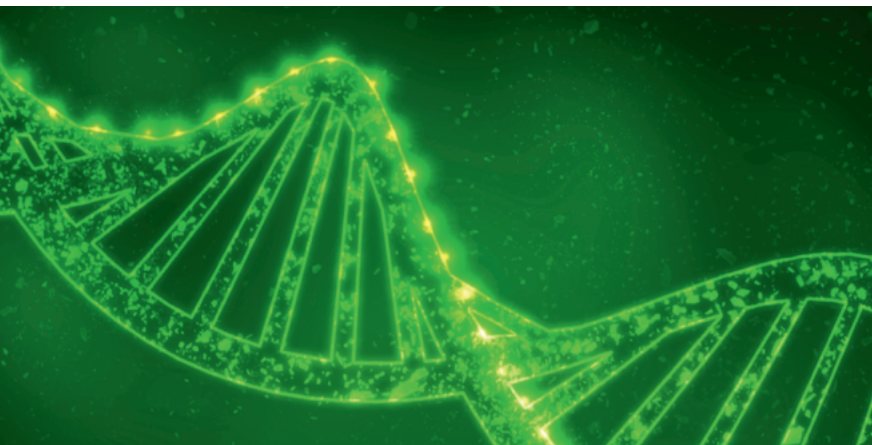


Valérie BOUTIN
Audrey PROUST
Jean-François BONELLO

Prépas
Capes
Agrégation

Réussir à l'écrit et à l'oral en SVT



50 SUJETS

- Méthode
- Plans corrigés en biologie et en biogéosciences
- Exemples concrets et expériences historiques

+ EN LIGNE

6 fiches complémentaires



deboeck **B**
SUPÉRIEUR

Valérie Boutin, Audrey Proust,
Jean-François Bonello

RÉUSSIR À L'ÉCRIT ET À L'ORAL EN SVT

Capes, agrégation, prépas

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web : **www.deboecksuperieur.com**

© De Boeck Supérieur s.a., 2024
Rue du Bosquet, 7 - B-1348 Louvain-la-Neuve

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Dépôt légal :
Bibliothèque nationale, Paris : mai 2024
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles : 2024/13647/048

ISBN : 978-2-8073-6153-9

Sommaire

Les erreurs à éviter.....	5
Guide de lecture des plans.....	8

SUJETS D'ÉCRIT

Diversité des protéines membranaires.....	10
Cytosquelette et vie cellulaire	18
La différenciation cellulaire : des mécanismes moléculaires à l'organisation tissulaire	24
L'eau et les angiospermes	31
Vivre dans un hôte	36
Reproduction sexuée et pérennité des espèces.....	43
Lumière et êtres vivants.....	49
La coopération.....	54
La forêt.....	60
La vie dans l'océan	66

SUJETS D'ORAL

Les molécules séquencées.....	76
La forme des protéines.....	80
L'importance biologique des liaisons non covalentes.....	85
Membranes et communications cellulaires.....	89
Les variations de l'activité enzymatique.....	95
Enzymes et énergie.....	100
La production d'ATP dans les cellules	104
Comparaison chloroplaste-mitochondrie.....	109
La pluricellularité.....	115
Les tissus conjonctifs.....	120
Les interactions ADN-protéines.....	124
Le contenu informatif des génomes	129
Qu'est-ce qu'un gène ?	132
Comparaison mitose - méiose.....	136
Les gènes du développement.....	141
Unité et diversité des modes de fécondation.....	146

La reproduction, un phénomène cyclique.....	152
La distribution du sang dans les organismes animaux.....	156
Le cœur : relation structure-fonction.....	161
Respirer dans l'air.....	167
La racine, relation structure-fonction.....	172
La vie d'une feuille.....	177
La fleur des Angiospermes.....	183
Les plantes et le sol.....	188
Vie des végétaux et variabilité du milieu aérien à différentes échelles de temps.....	194
Le glucose au sein d'un écosystème terrestre.....	199
Les transformations de la matière organique chez les hétérotrophes.....	204
D'un aliment à l'ATP.....	209
Les relations interspécifiques au sein d'un écosystème.....	215
Structure et variations des niches écologiques.....	219
Le polymorphisme intraspécifique.....	224
Les convergences évolutives.....	229
Comment peut-on classer le vivant ?.....	233
Unité et diversité des champignons.....	238
Les indices de la variabilité climatique.....	242

RETROUVEZ EN LIGNE LES CHAPITRES SUIVANTS :



- L'état macromoléculaire
- Se nourrir dans un écosystème
- Haploïdie, diploïdie
- Les transferts d'information génétique
- Les mécanismes de l'évolution
- Le cycle cellulaire

Sur www.deboecksuperieur.com/site/61539

Les erreurs à éviter

Erreur : faire le plan avant le brainstorming

Ne commencez surtout pas par écrire sur votre brouillon ou au tableau « 1, 1-1, 1-2)... » dans l'espoir de les compléter au fur et à mesure ! Après avoir bien lu le sujet, dressez une liste des idées et exemples qui vous viennent à l'esprit. Pour être sûr de ne rien oublier, il est utile de mémoriser la liste des chapitres du programme et d'être capable de les faire défiler mentalement en quelques minutes. Pour chaque chapitre, demandez-vous s'il est judicieux de le traiter dans le cadre du sujet qui vous est proposé. Ainsi, vous éviterez d'oublier un grand pan du sujet. Une fois seulement que la liste des idées a été faite, organisez-les en un plan cohérent et équilibré (ou en une carte mentale si cela s'y prête).

Erreur : une synthèse exhaustive, un oxymore ?

La synthèse, qu'elle soit écrite ou orale, ne vise pas l'exhaustivité : par exemple, si vous êtes en BCPST, vous ne pouvez évidemment pas traiter toutes les protéines que vous connaissez pour le sujet « Les formes des protéines ». Il s'agit plutôt de produire un bilan argumenté et illustré, chaque notion devant être étayée par un petit nombre d'exemples judicieusement choisis. Si 15 molécules que vous connaissez permettent d'illustrer votre notion (ex : l'allostérie), n'essayez surtout pas de toutes les présenter. Deux exemples bien choisis et illustrés accompagnés d'une seule phrase qui « élargit à la diversité » vous permettent déjà d'avoir le maximum des points dédiés à cette notion. Au-delà, vous perdez votre temps !

Erreur : trop écrire et pas assez illustrer, ou l'inverse

« Le bon élève, c'est celui qui écrit beaucoup... » Non ! Un beau schéma vaut mieux qu'un long discours, à condition qu'il présente des légendes fonctionnelles permettant de le comprendre tout seul. À l'inverse, votre synthèse ne peut pas se limiter à un placage de schémas les uns après les autres, sans notion ni transition. Chaque schéma doit être amené par un court paragraphe introductif et terminé par une phrase-bilan fonctionnelle. Les notions expliquées par le schéma n'ont pas besoin d'être réexpliquées sous forme de phrases, ce serait redondant.

Erreur : oublier le sujet

Cela fait toute une page que vous n'avez pas écrit une seule fois les termes du sujet ? Les termes du sujet n'apparaissent qu'une ou deux fois dans votre tableau de colle ? C'est mauvais signe. À tout instant, demandez-vous si vous êtes bien dans le sujet : si on efface le titre de votre tableau, est-il possible de le retrouver d'après votre production ? À l'écrit, vous pouvez éventuellement souligner les termes clés pour être sûr de rester bien focalisé dessus.

Erreur : la réponse « presse-bouton »

Évitez de vous précipiter de manière réflexe sur la première association d'idées qui vous vient à l'esprit. Par exemple, tous les sujets portant sur les acides nucléiques ne vont pas forcément inclure la transcription et la traduction !

Erreur : se fier au fait qu'on a déjà traité le sujet

D'ailleurs, était-ce le même sujet exactement ? Des sujets d'apparence proche peuvent ne pas recouvrir exactement les mêmes notions. Par exemple, « La mitose, une division conforme » insistera sur la conformité alors que « La mitose, une division conforme ? » portera davantage l'accent sur les limites à la conformité, comme les erreurs de réplication. De plus, même s'il s'agit du même sujet, vous n'allez pas le traiter de la même manière en début ou en fin d'année. N'essayez donc pas de « retrouver le plan » que vous pensez avoir déjà fait.

Erreur : oublier les démonstrations expérimentales

Votre argumentation doit être soutenue par quelques aspects expérimentaux (au moins deux), judicieusement choisis. Ne vous contentez pas de citer un nom de scientifique, cela ne suffit pas. Exemple : « La forme des protéines est essentielle à leur fonction, comme le montre l'expérience d'Anfinsen » = insuffisant ! Vous devez expliquer l'objectif de l'expérience, un résumé du protocole, les résultats et la conclusion, le tout en une dizaine de lignes. Outre les expériences historiques, vous pouvez aussi choisir de présenter des techniques récentes (ex. PCR, puces à ADN...).

Erreur : intégrer du hors-sujet parce que l'exemple est « sympa » ... !

Vous connaissez bien votre cours sur les niveaux structuraux des protéines, ce serait dommage de ne pas en parler... Après tout, le sujet porte sur les protéines... Le jury verra que vous avez fourni des efforts pour apprendre... Mais le sujet était « les variations de l'activité enzymatique », votre paragraphe est hors-sujet et ne vous rapporte pas de point !

Sujets Types	Commentaires
Comparaison A et B (ex : comparaison mitochondrie / chloroplaste)	Surtout, ne les séparez pas dans deux parties différentes. Si on veut vous comparer à un camarade, on ne va pas vous mettre dans deux pièces différentes! Au contraire, il faut que votre plan fasse ressortir les points communs et les différences entre les deux objets . Au tableau, une solution est de dessiner les deux objets côte à côte et de mettre les légendes communes au centre et les différences sur les côtés. Le plan est construit en fonction de thèmes de comparaison (ex. fonctions biologiques, échelles d'étude...).
X, relation structure-fonction (ex : le cœur, relation structure/fonction)	L'un des objectifs majeurs des sciences de la vie, c'est de lier la structure et la fonction . En d'autres termes, il faut expliquer en quoi l'organisation structurale (d'une molécule, d'une cellule, d'un organe...) permet l'apparition de certaines propriétés biologiques, à l'origine de rôles précis. Évitez à tout prix le plan «I- Structure, II- Rôles» : votre I n'a vraiment aucun intérêt (vous décrivez les choses sans expliquer comment elles marchent) et pour votre II, vous allez avoir besoin de reprendre des éléments du I (redondance).
Les relations interspécifiques (= un sujet où l'on doit lister différentes notions) <i>Autres sujets similaires : les mouvements de la gastrulation, les polysaccharides, etc.</i>	Un plan catalogue, descriptif est absolument à proscrire : certes, il faut décrire les différentes relations interspécifiques, par exemple. Mais il faut ensuite montrer en quoi elles structurent les écosystèmes.
La photosynthèse (= un sujet qui peut se concevoir à l'échelle moléculaire) <i>Autres sujets similaires : les mutations, la notion de gène, etc.</i>	Parce que vous avez passé beaucoup de temps à l'apprendre, l'échelle moléculaire vous paraît d'une importance primordiale... Mais attention à ne pas oublier les échelles d'ordre supérieur : cellule, organisme, écosystème. La plupart des sujets sont très vastes et nécessitent de balayer les différentes échelles du vivant et de montrer leur interdépendance. Ne passez pas 4 pages sur l'organisation moléculaire de l'hémoglobine ou sur les transporteurs d'électrons dans les membranes internes des mitochondries!

Guide de lecture des plans

Plusieurs pictogrammes sont utilisés pour faciliter la lecture des plans proposés :



Pour aller plus loin... il indique des connaissances et/ou des expériences à réaliser pour le niveau CAPES ou Agrégation.



Attention ! il signale des points de vigilance particuliers.



Dessin : il indique quels schémas vous pouvez réaliser au tableau ou sur votre copie.



Argumentation : il indique des faits, des expériences historiques, des modèles à expliciter plus en détail.

SUJETS D'ÉCRIT

Diversité des protéines membranaires

(Définition des termes du sujet) Les membranes cellulaires sont des bicouches lipidiques avec de nombreuses protéines associées (transmembranaires ou périphériques) et présentant souvent des chaînes oligosaccharidiques en surface. On trouve différents types de membranes dans les cellules eucaryotes : la membrane plasmique, qui délimite le cytoplasme, les membranes des organites et les membranes internes de certains organites (membrane interne de la mitochondrie, thylakoïdes du chloroplaste). Les protéines membranaires, très diversifiées, jouent des rôles clés dans les échanges, les ancrages ou encore les communications cellulaires.

(Problématique) Quels sont les rôles des protéines membranaires, en lien avec leur diversité structurale ?

(Annonce du plan) Nous commencerons par donner un aperçu de la diversité de forme des protéines membranaires et des techniques permettant d'y accéder. Nous verrons ensuite les protéines membranaires spécialisées dans les échanges, puis celles impliquées dans les communications et enfin celles intervenant dans l'adhérence cellulaire. Nous terminerons par un aperçu des autres rôles que peuvent avoir les protéines membranaires.

1. Les protéines membranaires occupent diverses positions par rapport à la membrane

A. Les protéines membranaires ont des formes variées

Les protéines membranaires peuvent être intrinsèques (= transmembranaires, comme les perméases) ou extrinsèques (ex. protéines G), c'est-à-dire liées faiblement à une autre protéine ou à un lipide de la membrane.

Les protéines transmembranaires présentent un nombre variable de segments transmembranaires, qui sont souvent des hélices α hydrophobes (ex. récepteurs couplés aux protéines G, qui ont 7 hélices transmembranaires), plus rarement un tonneau β à base de feuillets β (cas des porines).

La plupart de ces protéines membranaires sont asymétriques (exemple d'un récepteur hormonal : le domaine de fixation de l'hormone est côté extracellulaire et le domaine engendrant la voie de transduction est côté cytosolique).



N'oubliez pas de donner des exemples de protéines appartenant à des membranes autres que la membrane plasmique : ex. SNAREv portées par les membranes des vésicules.



Cellule eucaryote avec zoom sur morceau de membrane plasmique avec des protéines transmembranaires et extrinsèques présentant différentes formes ainsi qu'un zoom sur une membrane d'organite

B. Diverses techniques expérimentales permettent de mettre en évidence leur diversité



Présentez la mise en évidence et l'étude expérimentale des protéines membranaires à l'aide de deux exemples parmi les suivants :

- cryodécapage + MET,
- profils d'hydropathie,
- traitement par des protéases,
- utilisation d'anticorps détectant spécifiquement l'extrémité C ou N,
- électrophorèse dénaturante (SDS-Page) pour mettre en évidence les structures IV, etc.

C. Les protéines membranaires sont plus ou moins mobiles

Les protéines membranaires sont soumises à la fluidité membranaire et en particulier à des déplacements latéraux. Cette capacité de déplacement peut jouer un rôle clé dans certains cas comme le déplacement des récepteurs avant une endocytose ou encore la rencontre des différents éléments d'une voie de transduction.



Technique de FRAP ou de FLIP pour quantifier la vitesse de déplacement latéral des composants membranaires

À l'inverse, d'autres protéines membranaires sont fixes ou peu mobiles car elles sont liées au cytosquelette côté intracellulaire (voire aussi à la MEC côté extracellulaire) : ex. des cadhérines, des intégrines, des récepteurs aux neurotransmetteurs qui sont ancrés au niveau des synapses...



Protéine membranaire diffusant latéralement et protéine membranaire immobile car fixée aux filaments du cytosquelette

(Bilan partiel et transition) Les protéines membranaires présentent donc une grande diversité d'agencements par rapport aux membranes. Cela leur permet de réaliser différentes fonctions : nous allons voir les protéines responsables des échanges. Ces derniers peuvent avoir des rôles trophiques ou informationnels.

2. Certaines protéines membranaires sont spécialisées dans les échanges entre cellules ou entre compartiments cellulaires

La simple bicouche lipidique a une perméabilité très restreinte : elle n'est perméable qu'aux gaz et aux toutes petites molécules polaires non chargées comme l'eau ou l'urée (on parle de diffusion simple). Ce sont les protéines de la membrane plasmique qui sont responsables des échanges entre la cellule et son milieu. D'autres protéines gèrent les échanges entre compartiments au sein de la cellule eucaryote.

Ces échanges peuvent se faire de manière transmembranaire ou alors par le biais de vésicules. D'un point de vue thermodynamique, le passage d'un soluté dépend de son gradient de concentration (s'il n'est pas chargé) ou bien de son gradient électrochimique (s'il s'agit d'une molécule chargée ou d'un ion). Le passage de l'eau est régi par le potentiel hydrique. Vous

devez présenter la loi de Nernst qui établit le potentiel électrochimique d'un ion ainsi que l'expression du potentiel hydrique avec ses différentes composantes.



Les gradients (ou le potentiel hydrique s'il s'agit de l'eau) ainsi que l'orientation des membranes doivent figurer sur tous vos schémas d'échanges, afin qu'on connaisse le sens spontané de transfert.

A. Les protéines membranaires responsables des échanges transmembranaires passifs

Les échanges transmembranaires passifs correspondent à la diffusion. Ils se font dans le sens du gradient, chimique ou électrochimique. Lorsque la diffusion implique des protéines membranaires, on parle de diffusion facilitée.

D'un point de vue physique, les protéines membranaires responsables de la diffusion facilitée peuvent être soit des canaux soit des transporteurs.

Un canal est une protéine transmembranaire présentant un large pore central, qui n'établit pas de complexe stéréospécifique avec le ligand. Sa cinétique est donc linéaire dans les conditions physiologiques habituelles (comportement non saturable).



Présentez la sélectivité du canal de fuite au K^+ (dépend à la fois des charges du filtre de sélectivité et du diamètre du pore central).

Un transporteur, comme par exemple une perméase au glucose GLUT, présente au contraire une complémentarité de forme avec le ligand. La cinétique est donc hyperbolique, ce qui traduit le comportement saturable du transporteur. Les paramètres cinétiques d'intérêt sont V_{max} et $K_{0.5}$. Ce dernier correspond à la quantité de ligand nécessaire pour saturer la moitié des sites des transporteurs et est inversement proportionnel à l'affinité.



Le fonctionnement ping-pong d'une perméase GLUT (changement conformationnel) + la cinétique (vitesse de transport initiale en fonction de la concentration en ligand) avec les paramètres V_{max} et $K_{0.5}$



Notion d'isoformes avec différentes variétés de GLUT selon les tissus, en lien avec leurs fonctions physiologiques

B. Les protéines membranaires responsables des échanges transmembranaires actifs

Les échanges actifs se font à l'encontre des gradients (chimiques ou électrochimiques) et demandent donc de l'énergie. On distingue les transports actifs primaires, qui utilisent l'énergie d'hydrolyse de l'ATP (ce sont des couplages chimio-osmotiques), et les transports actifs secondaires, qui utilisent l'énergie d'une autre molécule allant dans le sens de son gradient (ce sont des couplages osmo-osmotiques). Dans les deux cas, les protéines membranaires sont donc des agents de couplage.

Comme exemples de transport actif primaire, on a les pompes à protons (dans les membranes des lysosomes ou dans les membranes plasmiques des cellules végétales) et les pompes

Na⁺K⁺ATPase (dans les membranes plasmiques des cellules animales). Pour cette dernière, son fonctionnement est séquentiel et allostérique.



Les différentes configurations de la pompe Na⁺K⁺ATPase

Les transports actifs secondaires peuvent être de type symport ou antiport. Soulignez le fait que la différence de concentration de la molécule qui diffuse dans le sens de son gradient (et qui est donc le moteur du transport) doit être maintenue grâce à un transport actif primaire. Les transports actifs secondaires dépendent donc des transports actifs primaires pour leur maintien sur le long terme.



Schéma de l'entérocyte avec à la fois la perméase GLUT, la pompe Na⁺K⁺ATPase et le symport Na⁺/glucose

C. Les protéines membranaires responsables des bourgeonnements et fusions de vésicules

Différents compartiments cellulaires échangent des molécules via des vésicules. Par exemple, le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi et les lysosomes/endosomes/phagosomes échangent des protéines via des vésicules, qui circulent d'un compartiment à l'autre : c'est le trafic vésiculaire. Ces vésicules sont guidées par des filaments du cytosquelette, notamment des microtubules, et sont tractées par des moteurs moléculaires qui hydrolysent de l'ATP. Les fusions de membranes font intervenir des protéines SNARE : SNAREv côté vésicule et SNAREt (= target) du côté de la membrane cible. L'enroulement des hélices α des SNAREv et t permet le rapprochement des membranes, suffisant pour qu'elles fusionnent spontanément.



Fusion d'une vésicule avec une membrane impliquant les SNARE

Le terme de cytose est réservé aux échanges impliquant la membrane plasmique. Les bourgeonnements de vésicules côté cytosolique qui impliquent la membrane plasmique sont des endocytoses ; les fusions de vésicules permettant leur libération dans le milieu extracellulaire sont des exocytoses.

Par exemple, une endocytose par récepteur interposé fait intervenir des récepteurs spécialisés (protéines transmembranaires) qui peuvent interagir côté cytosolique avec des protéines responsables de la formation d'une cage de clathrine. Une fois l'endocytose réalisée, les protéines membranaires peuvent être recyclées.



Endocytose d'un LDL / ou encore de la transferrine

(Bilan partiel et transition) Les protéines membranaires sont donc responsables d'une grande partie des échanges réalisés par les cellules, ou par les compartiments au sein d'une cellule eucaryote. Nous allons maintenant développer les rôles informationnels des protéines membranaires. Nous verrons que certains de ces rôles font intervenir des protéines déjà introduites dans cette partie.

3. Certaines protéines membranaires sont spécialisées dans les communications cellulaires

A. Les cellules possèdent un potentiel de membrane dû à la présence de protéines membranaires spécialisées et qui peut varier en réponse à différents stimuli

Le potentiel de membrane est dû au fait que la membrane plasmique est très perméable au K^+ (beaucoup plus de canaux de fuite au K^+ qu'au Na^+) et que celui-ci est inégalement réparti (beaucoup plus concentré dans le cytosol que dans le milieu extracellulaire). Le potentiel de membrane observé vers -60 à -70 mV est ainsi proche du potentiel d'équilibre électrochimique du K^+ qui est vers -90 mV. Le fonctionnement de la pompe $Na^+K^+ATPase$ contribue également à maintenir les concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane. Le potentiel de membrane est ainsi dû à des protéines membranaires spécialisées.

De même, la perception sensorielle fait intervenir le plus souvent des protéines membranaires spécialisées. Dans les artères élastiques, on trouve également des barorécepteurs aortiques et carotidiens sensibles à la pression et à l'étirement.



Les cellules des cônes et bâtonnets de la rétine présentent des protéines membranaires qui sont des canaux sensibles à la lumière, les récepteurs de la muqueuse nasale ou buccale fixent des molécules grâce à des canaux chimio-dépendants, etc.



Un exemple de récepteur sensoriel et ses protéines membranaires qui changent de forme en réponse au stimulus, ce qui induit un flux d'ions dans la cellule sensorielle

B. Les canaux voltage-dépendants sont des protéines spécialisées dans le message électrique, présents chez les cellules excitables

Les cellules excitables sont les cellules nerveuses (neurones), les récepteurs sensoriels et les cellules musculaires. Les neurones sont les cellules différenciées qui constituent le système nerveux central (cerveau, moelle épinière) et périphérique (les nerfs).



Détail d'un neurone (dendrites, corps cellulaire, axone, bouton synaptique)

Le message nerveux électrique est codé en fréquence de potentiels d'action.



Présentation du déroulement d'un potentiel d'action : brève dépolarisation de la membrane plasmique, durant environ 1 ms. Loi du tout ou rien. Circulation unidirectionnelle des trains de PA dans l'axone, depuis le corps cellulaire vers le bouton synaptique. Ajoutez également la conductance au Na^+ et au K^+ (utile pour la suite)

Le message nerveux se propage à des vitesses de l'ordre de 1 à 100 m.s⁻¹. Cette vitesse dépend du diamètre de la fibre et de la présence ou non d'une gaine de myéline. Il est dû à l'ouverture séquentielle de canaux voltage-dépendants. Ceux-ci s'ouvrent en réponse à un stimulus qui dépasse un certain seuil (vers -50 mV, chez la plupart des neurones). L'ouverture des canaux Na^+ voltage-dépendants a lieu en premier et provoque la phase

de dépolarisation du PA. Ces canaux s'auto-inactivent au bout d'1ms, l'existence de cette période réfractaire fait que la propagation du train de PA est forcément unidirectionnelle. Les canaux K^+ voltage-dépendants sont responsables de la phase de repolarisation et de l'hyperpolarisation du PA.



Présentez la technique de patch-clamp permettant d'accéder au comportement d'un canal unique ou d'un petit nombre de canaux.



Sur votre schéma précédent de neurone, ajoutez l'état des canaux à plusieurs stades différents du PA, le long de l'axone.

C. Les récepteurs membranaires sont des protéines spécialisées intervenant dans le message chimique et pouvant fonctionner avec une voie de transduction

Le message nerveux électrique ne peut pas passer aisément d'une cellule excitable à une autre, il y a nécessité d'un relai synaptique. Par exemple, pour les neurones, on distingue les synapses neuro-neuronique ou neuro-musculaire (aussi appelée jonction neuro-musculaire).



Jonction neuro-musculaire, indiquant : l'arrivée d'un train de PA, l'ouverture de canaux calciques voltage-dépendants (protéines membranaires), l'exocytose des vésicules de neurotransmetteurs, la fixation des neurotransmetteurs sur des récepteurs de l'élément post-synaptique avec l'exemple des récepteurs nicotiniques à acétylcholine (protéines membranaires), l'ouverture de ces récepteurs-canaux et la genèse d'un nouveau message électrique à l'origine de la contraction de la cellule musculaire

Une hormone est sécrétée par un groupe de cellules endocrines, circule dans le sang et se fixe sur les récepteurs des cellules compétentes. Les hormones agissent à des concentrations de l'ordre du nanogramme par litre. La fixation d'une hormone sur une protéine réceptrice, le plus souvent membranaire, entraîne une voie de transduction, à l'origine d'un effet biologique (comme la modification de l'expression génétique de la cellule). La voie hormonale participe au maintien à la valeur de consigne de nombreux paramètres clés de l'organisme (ex. glycémie, calcémie etc.).



Voie de transduction de l'adrénaline ou du glucagon, montrant l'intervention de protéines G et de seconds messagers (ex. adénylate cyclase = protéine membranaire)

Soulignez le fait que les voies de transduction concernent aussi parfois les neurotransmetteurs (ex. du contrôle de l'activité cardiaque).

D. Les protéines membranaires sont impliquées dans l'immunité



Les leucocytes peuvent communiquer et se coordonner par des interactions moléculaires impliquant des protéines membranaires de surface (communication juxtacrine). La réponse immunitaire implique également de nombreuses interactions médiées par des protéines membranaires, comme par exemple la cytotoxicité, les Toll-like récepteurs etc. Développez deux exemples de manière suffisamment détaillée.

(Bilan partiel et transition) Les protéines membranaires sont ainsi responsables de la plupart des communications chimiques et électriques des cellules, que ce soit au sein d'un même organisme pluricellulaire ou entre plusieurs organismes (ex. un hôte et ses symbiontes). Les protéines membranaires interviennent aussi dans le maintien de l'intégrité des tissus, en permettant aux cellules de se lier physiquement entre elles et d'adhérer à leur MEC.

4. Certaines protéines membranaires sont spécialisées dans l'ancrage des cellules entre elles et à la MEC (chez les eucaryotes)

A. Les protéines membranaires responsables des adhérences non jonctionnelles

Présentation de glycoprotéines de surface (famille des CAM = cell adhesion molecules) interagissant entre elles. Les adhérences locales sont de force limitée comparée aux jonctions. Elles peuvent par exemple retenir localement un leucocyte dans la paroi d'un vaisseau sanguin, avant qu'il ne s'infilte par diapédèse vers le lieu de l'infection.

De même, les jonctions étanches (= serrées) font intervenir des protéines membranaires de type claudines ou occludines : en rapprochant les membranes des cellules épithéliales, elles empêchent les flux paracellulaires et maintiennent la polarité fonctionnelle des cellules.

B. Les protéines membranaires impliquées dans des jonctions cellule-cellule

Présentation des desmosomes et ceinture d'adhérence, lien au cytosquelette. Les cadhérines sont une famille de protéines transmembranaires réalisant des interactions homophiles.



Deux entérocytes liés par un desmosome ou une ceinture d'adhérence

C. Les protéines membranaires impliquées dans des jonctions cellule-MEC

Présentation des hémidesmosomes et points focaux, lien au cytosquelette. Les intégrines sont une famille de protéines transmembranaires se liant aux fibronectines ou aux laminines des MEC.



Une cellule liée à sa MEC par un hémidesmosome ou un point focal

D. Les protéines membranaires impliquées dans la synthèse de la MEC

Fonctionnement de la cellulose-synthase, une enzyme transmembranaire qui est guidée par des microtubules corticaux et polymérise les microfibrilles de cellulose directement dans la paroi pectocellulosique végétale.

(Bilan partiel) Les protéines transmembranaires sont ainsi responsables de l'intégrité des tissus. Des mutations affectant ces protéines peuvent engendrer de graves pathologies, comme l'épidermolyse bulleuse.

5. Les protéines membranaires à rôle métabolique

A. Les protéines membranaires impliquées dans les chaînes de transport d'électrons

Les chaînes de transports d'électrons sont impliquées dans des voies métaboliques essentielles : chaîne respiratoire mitochondriale, chaîne photosynthétique dans les membranes des thylakoïdes, chaînes de natures variées chez les procaryotes... Elles impliquent à la fois des lipides et des protéines membranaires aux propriétés redox. La fluidité membranaire permet la rencontre des différents transporteurs d'électrons et donc le transfert d'électrons de l'un à l'autre.



Pour avoir un exemple procaryote dans cette synthèse, schématisez la chaîne de transport d'électrons de la membrane plasmique de Nitrobacter (chimolithotrophe). Notez clairement le donneur d'électrons, les accepteurs d'électrons, la mise en place du gradient de H^+ .

B. Les ATP synthases, des protéines membranaires essentielles

Les ATP synthases utilisent comme source d'énergie le gradient de H^+ et synthétisent l'ATP à partir d'ADP et de P_i : ce sont des agents de couplages osmo-chimiques.



Ajoutez l'ATP synthase sur votre schéma précédent.

Conclusion (Résumé des idées clés) Les protéines membranaires possèdent une grande diversité de formes et de fonctions, qui les rendent capables d'intervenir dans de nombreux aspects de la vie cellulaire : nutrition, communication, ancrage, immunité... Elles orchestrent la coopération cellulaire au sein d'un organisme pluricellulaire, mais aussi la coopération entre compartiments d'une cellule eucaryote.

(Ouverture) Lorsque les cellules sont infectées par un virus, elles produisent des protéines virales, dont des protéines membranaires. Par exemple, les virions de virus à enveloppes (ex VIH, SARS-CoV-2) sont entourés d'une bicouche lipidique avec des protéines membranaires virales associées, qu'ils ont arrachées à la cellule hôte. Ces protéines sont responsables de la reconnaissance et de l'infection de nouvelles cellules hôtes.

Cytosquelette et vie cellulaire

(Définition des termes du sujet) Le cytosquelette comprend l'ensemble des protéines fibreuses cytoplasmiques participant à la forme de la cellule et au dynamisme de ses constituants. Le cytosquelette constitue donc un véritable réseau protéique à l'intérieur du cytosol. La vie cellulaire représente l'ensemble des fonctions réalisées par une cellule.

(Problématique servant de fil conducteur) De quoi est constitué le cytosquelette ? Quels sont ses rôles dans les différentes tâches de la vie cellulaire ?

(Annonce du plan) Nous répondrons à ces questions en nous intéressant à la nature des filaments du cytosquelette et à leur participation à la structure de la cellule. Puis, nous verrons comment il intervient dans les mouvements à l'intérieur de la cellule ou dans les mouvements de la cellule elle-même.

1. Le cytosquelette comprend trois types de fibres

Les trois types de fibres sont les microfilaments, les microtubules et les filaments intermédiaires. Ils se différencient par la nature de leurs constituants, le diamètre des fibres réalisées et leur stabilité.



Observation de ces différentes fibres en immunofluorescence

A. Des fibres dynamiques : microfilaments et microtubules

Ces deux fibres se caractérisent par des états dynamiques avec des polymérisations / dépolymérisations permanentes.

- Les microfilaments sont de longues fibres, de 7 nm de diamètre, constituées d'une double hélice d'actine F (F pour filamenteuse). Le monomère de base est l'actine G (G pour globulaire). Les microfilaments sont polarisés avec une extrémité + et une extrémité - ayant une vitesse de polymérisation différente. La polymérisation est ATP-dépendante et fait intervenir des liaisons faibles.



Microfilament en double hélice d'actine

- Les microtubules forment des tubes creux de 25 nm de diamètre. Chaque tube est constitué de 13 protofilaments disposés en couronne. Chaque protofilament est une succession de tubuline α et de tubuline β . Les microtubules sont eux aussi polarisés avec une extrémité + et une extrémité -. La polymérisation est GTP-dépendante et fait intervenir des liaisons faibles. Dans une cellule animale, la demi-vie moyenne d'un microtubule varie entre 20 secondes et 10 minutes en fonction de l'activité de la cellule.



Microtubule avec disposition des 13 protofilaments en tube creux

Ces deux fibres forment des assemblages stabilisés ou labiles en fonction des besoins cellulaires :



- La polymérisation de l'actine est contrôlée par de nombreuses protéines *in vivo* : on peut citer la gelsoline (provoquant la dislocation du microfilament) ou CapZ (stabilisant le microfilament).
- Les microfilaments peuvent être réarrangés en superstructures relativement stables : des faisceaux parallèles (dans les microvillosités), des réseaux formant des mailles (dans les lamellipodes) et des faisceaux contractiles (dans les sarcomères des cellules musculaires).



Entérocyte avec la disposition des éléments du cytosquelette

- Les microtubules prennent naissance au niveau de centres de nucléation généralement situés près du noyau, appelés COMT (centres d'organisation des microtubules) et ils rayonnent vers la périphérie de la cellule. Les COMT sont les centrosomes, comprenant du matériel péricentriolaire et, dans les cellules animales, deux centrioles.
- Les microtubules peuvent, tout comme les microfilaments, être stabilisés *in vivo* (ex. protéine Tau). *In vitro*, ils peuvent subir une dépolymérisation « catastrophe » extrêmement rapide, survenant et s'arrêtant pour des raisons inconnues.

Chez les bactéries, un cytosquelette a été mis en évidence. On y a découvert des protéines comme MreB, homologue à l'actine, localisée sous la membrane plasmique et intervenant dans la structure et la forme de la cellule et FtsZ, une protéine intervenant dans la cytodivision.



L'assemblage des MreB (en fibres ? en amas ?) et son mécanisme d'action restent à élucider. C'est une voie de recherche actuelle pour cibler de nouvelles pistes thérapeutiques antibiotiques.

B. Des fibres plus stables : les filaments intermédiaires

Ils forment également de longues fibres de 8 à 12 nm de diamètre, constituées de 8 protofilaments entrelacés mis bout à bout. Ces structures ne sont pas polarisées et sont relativement stables dans les cellules. En revanche, leur constitution est plus hétérogène : on y trouve la kératine (cheveux et ongles), les neurofilaments (dans les neurones), les lamines (sous l'enveloppe nucléaire).

La phosphorylation / déphosphorylation peut contrôler la stabilité de ces filaments.



Filament intermédiaire

Bilan partiel et transition : Le cytosquelette est donc constitué de trois types de fibres se distinguant par leur composition, leur stabilité, et comme nous allons le voir maintenant, leurs rôles.

2. Le cytosquelette est le squelette (au sens strict) de la cellule

Les trois types de fibres interviennent dans l'organisation de la cellule et son intégration dans un tissu.

A. Maintien de la forme de la cellule

- Des édifices stabilisés assurent l'ossature déterminant la forme de la cellule et sa résistance aux déformations.
Exemples : les faisceaux d'actine, rigides, structurent les microvillosités des entérocytes. La membrane plasmique des globules rouges est renforcée par des filaments d'actine associés à diverses protéines (ankyrine, spectrine, etc.)
- Les microtubules constituent la charpente des cils et des flagelles.



Spermatozoïde avec son flagelle

- Le cytosquelette intervient dans les phénomènes de croissance : dans les cellules végétales, les microfibrilles de cellulose ont une disposition déterminée par le cytosquelette. Or, c'est la disposition spécifique des microfibrilles de cellulose qui oriente la croissance.



Rosette de cellulose-synthase sur les rails des microtubules et synthèse de la cellulose dans la paroi

B. Organisation de l'espace intracellulaire

- Les lamines nucléaires soutiennent l'enveloppe du noyau.
- Dans les cellules épithéliales, la polarité apico-basale est assurée et maintenue par de grands rails de microtubules stabilisés qui permettent aux organites de se positionner selon la polarité de la cellule.



Entérocyte avec les différents filaments du cytosquelette repérés par un code couleur

C. Intégration dans l'environnement cellulaire

L'environnement d'une cellule est constitué à la fois par d'autres cellules et par la matrice extracellulaire. Le cytosquelette assure son ancrage à ces deux types de structures.

- L'adhérence intercellulaire est permise par de nombreuses jonctions faisant intervenir le cytosquelette.
Ex. les jonctions serrées et les ceintures d'adhérence mettent en jeu des microfilaments. Les desmosomes impliquent des filaments intermédiaires.



Détail d'un desmosome mettant en évidence les filaments intermédiaires

- L'adhérence des cellules épithéliales à la lame basale met en jeu des hémidesmosomes associés à des filaments intermédiaires.
- La dystrophine se lie l'actine et permet l'arrimage des sarcomères à la membrane plasmique puis à la matrice extracellulaire.



Détail du cytoplasme d'une cellule musculaire avec sarcomère visible, filaments d'actine, dystrophine, membrane plasmique et matrice extracellulaire.

Bilan partiel et transition : Le cytosquelette a véritablement un rôle d'échafaudage dynamique dans la cellule et il participe activement à sa structuration et à son intégration dans un tissu. Pourtant, il intervient également dans les mouvements de la cellule.

3. Le cytosquelette intervient dans les mouvements intracellulaires

Les mouvements à l'intérieur de la cellule peuvent faire simplement appel à la fluidité du cytosol et les molécules peuvent ainsi être entraînées passivement par des courants cytoplasmiques (ex. de la cyclose dans une cellule végétale). Toutefois, la plupart de ces mouvements, non aléatoires, sont coordonnés par le cytosquelette.

A. Le transport vésiculaire

- Les microtubules constituent de longs rails dans la cellule. Ils sont utilisés par des protéines motrices qui véhiculent des organites et des vésicules le long de ces rails. Exemples : la kinésine assure le transport antérograde (vers l'extrémité +) et la dynéine assure le transport rétrograde (vers l'extrémité -). Ces protéines marcheuses ou moteurs moléculaires utilisent l'énergie libérée par l'hydrolyse de l'ATP pour se déplacer le long du microtubule.



Expériences sur les moteurs moléculaires (observations en microcinématographie, blocage de la kinésine et observation des conséquences, etc.)



Détail d'un microtubule avec kinésine et dynéine

- Les microtubules participent aussi à la mise en place du phragmoplaste lors de la division des cellules végétales. La nouvelle paroi élaborée entre deux cellules végétales à la fin de la mitose se met en place de façon centrifuge grâce à des vésicules amenant du matériel pariétal au niveau de la plaque équatoriale.



Mise en place du phragmoplaste

B. La séparation des chromosomes lors des divisions cellulaires et la cytodiérèse de la cellule

Les microtubules assurent la séparation des chromatides ou des chromosomes homologues lors des divisions cellulaires. Trois types de microtubules constituent le fuseau mitotique. Le kinétochore est le site de fixation des microtubules au chromosome.



Un complexe annulaire, appelé Dam1, glisse le long du microtubule pendant que celui-ci dépolymérise, ce qui tire le chromosome vers l'un des pôles de la cellule.



La séparation des chromatides au cours d'une mitose



Expérience de FRAP permettant de voir où se fait la dépolymérisation des microtubules.



Expériences montrant que certaines drogues anticancéreuses (taxol, vinblastine, vincristine) exploitent ce mécanisme en bloquant la dépolymérisation des microtubules, ce qui empêche la séparation des chromatides et donc la division cellulaire.

À la fin de la division, la cytodierèse permet de séparer les deux cellules filles formées. Dans le cas des cellules animales, cela se fait par la présence d'un anneau contractile d'actine, situé juste sous la membrane plasmique qui étrangle le cytoplasme et finit par individualiser les deux cellules formées.

Bilan partiel et transition : Le cytosquelette, omniprésent dans la cellule, intervient à la fois pour la structure de celle-ci et pour les mouvements intracellulaires. Nous allons voir qu'il intervient également dans les mouvements et les déformations de la cellule elle-même.

4. Le cytosquelette intervient dans les mouvements et les déformations des cellules

Certaines cellules sont douées de motilité; d'autres peuvent se déformer.

A. Par polymérisation / dépolymérisation

Les microtubules et les microfilaments sont des édifices labiles. Cette capacité de pouvoir polymériser/dépolymériser rapidement est exploitée pour générer des mouvements.

- Dans les cellules en bouteille, au niveau de la lèvre dorsale du blastopore, au début de la gastrulation, on constate une déformation de ces cellules par polymérisation des microtubules dans le sens de la longueur et contraction perpendiculaire de l'anneau de microfilaments d'actine du côté basal. Les cellules prennent alors la forme d'une bouteille avec un col étroit et un ventre gonflé. Cela initie le mouvement d'invagination qui finira par mettre en place l'archentéron.



Les cellules en bouteille (avant / après)

- Toujours au cours du développement embryonnaire, l'exemple de la cellule mésodermique se déplaçant sur le toit du blastocèle peut être décrit ici.
La polymérisation / dépolymérisation des microfilaments assure le déplacement. Le « plus » par rapport à l'exemple précédent est le couplage avec endocytose/exocytose pour assurer un déplacement orienté de la cellule.



Cellule mésodermique rampant sur le toit du blastocèle

B. Par coulissage

Deux exemples vont être choisis ici :

- La mobilité des spermatozoïdes est due à l'hydrolyse de l'ATP au niveau de la dynéine qui s'accroche et se décroche des microtubules, les ponts de nexine empêchent d'avoir un simple coulissage des microtubules et forcent la courbure du flagelle. Ces mouvements produisent, par glissements des microtubules, une courbure du flagelle d'un côté puis de l'autre.

L'axonème est constitué par une armature de microtubules arrangés en 9 doublets périphériques autour d'un doublet central.



Flagelle du spermatozoïde, CT d'un axonème

- La contraction de la cellule musculaire striée squelettique : la déformation de la cellule résulte de la présence d'un couple moteur dont l'un des éléments possède une activité ATPasique qui convertit l'énergie chimique libérée par hydrolyse de l'ATP en une énergie mécanique.

Chaque cellule musculaire renferme des centaines voire des milliers de myofibrilles parallèles, regroupées en faisceaux qui s'étendent d'un bout à l'autre de la cellule. Les myofibrilles sont constituées d'une succession d'unités contractiles, les sarcomères.



Structure d'un sarcomère, composition moléculaire des myofilaments, modèle du glissement des filaments, présentation globale du modèle, bases moléculaires



Cet exemple montre le coulissement des filaments les uns par rapport aux autres. Il faut aller jusqu'au bout, c'est-à-dire faire le lien entre le raccourcissement des sarcomères et la déformation globale de la cellule, via l'action de la dystrophine citée plus haut et l'action sur les tendons du muscle qui tirent sur les os.

Conclusion (Résumé des idées clés) Le cytosquelette de la cellule intervient dans de très nombreux aspects de la vie cellulaire : la structure de la cellule, son organisation interne, y compris les mouvements intracellulaires, son intégration dans un tissu et ses mouvements.

(Ouverture) On peut comprendre qu'une maladie touchant le cytosquelette a des conséquences redoutables. C'est le cas des myopathies affectant la dystrophine déjà mentionnée dans le devoir et qui conduisent à des paralysies mortelles.

Réussir à l'écrit et à l'oral en SVT

Réussir les épreuves de synthèse de SVT à l'écrit et à l'oral est un véritable défi pour les étudiants aux concours agro-véto et aux concours de l'enseignement. Ces épreuves, exigeantes, requièrent une excellente maîtrise des savoirs scientifiques ainsi qu'une parfaite rédaction et une communication efficace. C'est tout l'enjeu de cet ouvrage !

Les auteurs, membres de jurys de divers concours nationaux et concepteurs de sujets de concours, proposent ici d'aider les étudiants à maîtriser cet exercice.

Ce livre fait le point sur les erreurs méthodologiques à éviter et sur les attendus du jury. Il propose une correction détaillée de plus de 50 sujets (12 sujets d'écrits et 39 sujets d'oraux).

Ces sujets couvrent les attendus des différents concours et l'essentiel des connaissances de biologie et de biogéosciences. Ils correspondent soit à des sujets extraits des banques soit à des sujets inédits. Chacun propose un plan détaillé avec les exemples les plus pertinents, des expériences historiques et l'indication des schémas à réaliser. Il peut se lire à différents niveaux suivant le concours préparé par le candidat, avec des rubriques spécifiques pour les niveaux Capes et Agrégation.

EN LIGNE

- L'état macromoléculaire
- Se nourrir dans un écosystème
- Haploïdie, diploïdie
- Les transferts d'information génétique
- Les mécanismes de l'évolution
- Le cycle cellulaire

LES PLUS

- 12 corrigés détaillés de sujets d'écrits et 39 corrigés détaillés de sujets d'oraux qui couvrent les différents domaines des programmes de biologie et de biogéosciences des concours.
- Des rubriques indiquant comment argumenter les notions abordées.
- Des suggestions de documents de référence proposés au concours A-BCPST.
- Des exemples de questions posées par le jury pour chaque sujet d'oral.
- Une lecture des corrigés à différents niveaux, grâce à des rubriques spécifiques.

Valérie Boutin Professeure agrégée en classe préparatoire BCPST au lycée Lakanal de Sceaux. Ancien membre des jurys du Capes interne et externe. Membre des jurys du concours agro-véto et de l'Agrégation externe.

Audrey Proust Professeure agrégée en classe préparatoire BCPST au lycée Lakanal de Sceaux. Ancien membre du jury du concours agro-véto et membre du jury du concours G2E.

Jean-François Bonello Professeur agrégé en classe préparatoire BCPST au lycée François Premier de Fontainebleau. Ancien membre des jurys de l'Agrégation externe et du concours agro-véto.

22,90 €

ISBN : 978-2-8073-6153-9



9 782807 361539



www.deboecksuperieur.com