Devoir n°4 – SVT
Eléments de correction

Partie 1. Synthèse

Les flux de matière traversant la cellule

Introduction
(contextualisation) Dans le poumon d'un mammifère, l'O_2 traverse la paroi de l'alvéole, et circule depuis la lumière vers la lacune sanguine, **traversant** par là-même les deux cellules que sont le pneumocyte et l'endothélium du capillaire.

(définitions)
Un **flux** désigne un transport, et se quantifie en unité d'entité transportée par unité de temps et par unité de surface. La **matière** désigne l'ensemble des molécules (au sens large, y compris ions), quelle que soit leur forme (solide, liquide, gazeuse, dissoute). Le transport d'O_2 à travers l'échangeur respiratoire constitue donc un exemple de **flux de matière traversant une cellule**.

(démarche)
- ➔ L'O_2 traverse la membrane. Comment se fait ce transport transmembranaire ? de façon générale, quelles sont les modalité d'entrée (dans la cellule) ou de sortie (de la cellule) de la matière ?
- ➔ L'O_2 diffuse librement dans la cellule dans le sens de son gradient. Comment se font les déplacements de matière au sein de la cellule ?
- ➔ L'O_2 est un gaz dont le rôle est métabolique. Quelles sont les autres types de molécules qui sont impliquées dans des flux de matière, et quels sont les rôles de ces flux dans la réalisations des grandes fonctions de la cellule ?

I. Les modalités des flux de matière entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule

1. Les membranes, des bicouches lipidiques fondamentalement imperméables en raison de leur composition phospholipidique

a) La membrane : une bicouche lipidique

Schéma : Structure d'une membrane ou d'une bicouche lipidique.

b) L'imperméabilité membranaire et son explication

Membrane imperméable, insister sur les liaisons de VdW entre queues hydrophobes. Membrane d'autant plus imperméable que la molécule a un grand poids moléculaire, et qu'elle est hydrophile.

2. Flux intérieur ↔ extérieur en masse : les cytoses

a) L'endocytose : absorption en masse de matière provenant du milieu extracellulaire

i. Description/MEE d'une endocytose

Schéma : une exocytose, à l'échelle de la membrane.

ii. Modalités moléculaires de l'endocytose

Protéines impliquées dans l'exocytose : SNARE. Schéma correspondant (sauf si déjà fait dans la partie précédente).

b) L'exocytose : sécrétion en masse de matière provenant du cytoplasme

i. Description/MEE d'une exocytose

Schéma : une endocytose, à l'échelle de la membrane.

ii. Modalités moléculaires de l'endocytose

Protéines impliquées dans l'endocytose : récepteur, clathrine. Schéma correspondant (sauf si déjà fait dans la partie précédente).

c) Cytoses et imperméabilité membranaire

Les cytoses n'ont d'intérêt qu'à partir du moment où les molécules enfermées dans la vésicule ne peuvent pas la quitter.

d) Endocytose et exocytoses sont complémentaires

Renouvellement des composés de la membrane (endo pour les molécules défectueuses, exo pour les molécules nouvellement formées) ; nutrition = absorption de nutriment (endo) + libération de déchets (exo).

3. Flux intérieur ↔ extérieur à travers la membrane plasmique : les échanges transmembranaires

a) Sens spontané et non spontané : la loi de Nernst

Donner la loi de Nernst, en lien avec un schéma de membrane avec 2 compartiments de concentrations et potentiel de membrane différents. Poser explicitement la question du sens de déplacement. On attend une utilisation d'un exemple concret avec calcul. Pour le calcul du *ln* sans calculatrice : prendre un multiple de 2,3 (~ *e*) pour les rapports de concentration.
Définition : sens du gradient, sens contraire du gradient.

b) Diffusion simple à travers la membrane – Loi de Fick

Donner la loi de Fick, indiquer les différences entre Fick et Nernst (loi cinétique, loi thermodynamique). Transport transmembranaire des gaz par diffusion simple.

c) Des protéines transmembranaire permettent des transport passifs

i. Comparaison de la cinétique de la diffusion simple et de la diffusion facilitée – MEE de la fixation transporteur/ligand

Courbe du flux transmembranaire de glucose en fonction de Δ[glucose], comparaison Fick/perméase, identification d'une asymptote, interprétation en terme de fixation protéine-ligand, et de changement de conformation.

ii. Les canaux, aquaporines et jonctions gap : des structures lacunaires perméabilisant la membrane de façon plus ou moins sélective

Citer les trois types de transporteurs, noter leurs similitudes structurales et fonctionnelles. Discuter la sélectivité en lien avec la fonction (j° gap non sélectives, canaux très sélectifs, notion de filtre de sélectivité).

iii. Les perméases : des protéines qui perméabilisent la membrane par changement conformationnel

Schéma : les deux états du transporteur GLUT4, en réponse à la fixation du ligand. Rappeler (ici ou ailleurs) qu'une structure protéique est expliquée par l'ensemble des interactions entre radicaux d'acides aminés, et que la fixation d'un ligand peut être suffisante pour provoquer un changement de conformation.

d) Des protéines transmembranaires permettent des transports actifs

i. Transport par utilisation de l'énergie primaire de l'ATP : les transports actifs primaires

Schéma : la pompe Na/K (animaux) ou la pompe à protons (végétaux). Exploiter la loi de Nernst pour rappeler pourquoi de l'énergie est nécessaire pour faire passer les ions contre leur gradient. Donner le ΔG correspondant à l'hydrolyse d'un ATP. Schématiser la molécule d'ATP et indiquer que c'est la liaison entre le 2e et le 3e Ⓟ qui est responsable de la

libération de cette énergie.

ii. Transport par l'utilisation de l'énergie des gradients : les transports actifs secondaires

Schéma : transporteur à glucose SGLT. Exploiter la loi de Nernst pour rappeler pourquoi un gradient peut contenir une énergie utilisable.

II. Les modalités des flux de matière au sein de la cellule

1. Diffusion simple dans les compartiments cellulaires

Donner un exemple de petite molécule et un exemple de macromolécule qui diffuse librement dans le cytosol : glucose, AA, O_2 (petite molécule), ou ARN, protéine (macromolécule). Rappeler que c'est toujours la loi de Fick qui régit ces flux au sein de la cellule.

2. Diffusion simple des molécules membranaires

Diffusion dans le milieu bidimensionnel de la membrane, lien avec la fluidité membranaire.

3. Transport vésiculaire et réseau endomembranaire

a) Transport vésiculaire, cytosquelette et moteurs moléculaires

Transport vésiculaire sur les rails de cytosquelette, grâce à des moteurs moléculaires (dynéine, kinésine). Consommation d'énergie (ATP). Orientation des flux, lien avec les endocytoses et exocytoses.

b) Les échanges de molécules au sein du réseau endomembranaire

Synthèse et adressage des molécules dans le réseau endomembranaire, exemple d'une protéine sécrétée.

III. Nature des molécules impliquées dans les flux et leurs rôles dans la réalisation des grandes fonctions de la cellule

1. Flux de matière et nutrition

a) Flux de substrats métaboliques vers l'intérieur de la cellule

Absorption de nutriments organiques ou non depuis l'extérieur : petites molécules organiques et O_2 pour l'entérocyte ; eau et CO_2 pour la cellule végétale chlorophylienne.

b) Flux de déchets vers l'extérieur de la cellule

Rejet de déchets : urée et CO_2 pour l'entérocyte, O_2 pour la cellule végétale chlorophyllienne.

c) Flux de molécules organiques vers l'extérieur de la cellule : intégration de la cellule à la fonction de nutrition de l'organisme pluricellulaire

Exemple : libération de glucose par l'hépatocyte, permet la nutrition des autres cellules de l'organisme.

d) Flux de molécules organiques au sein de la cellule : intégration des organites à la fonction de nutrition de la cellule

Exemple : transfert du glucose depuis le cytosol vers les amyloplastes, et stockage d'amidon par les amyloplastes.

2. Flux de matière et flux d'information

a) Flux de matière entre les milieux extra- et intracellulaire et flux d'information

Exemple : libération d'hormone dans le milieu extracellulaire ou entrée d'hormone dans la cellule (hormone liposoluble uniquement) : le flux de matière intérieur-extérieur correspond à un flux d'information.

b) Flux de matière au sein de la cellule et flux d'information

Exemple : flux d'ARN du noyau au cytosol et échange d'information (génétique) entre ces deux organites.

3. Flux de matière et flux d'énergie

a) Les cellules absorbent de l'énergie sous forme de matière

Exemple : absorption de glucose par une cellule animale, par exemple.

b) Les compartiments cellulaires échangent de l'énergie sous forme de matière

Exemple : sortie d'ATP de la mitochondrie. Si ce n'est pas déjà fait, indiquer que l'ATP contient de l'énergie potentielle chimique qui peut être libérée par hydrolyse de la liaison entre le 2e et le 3e ℗.

Conclusion
(bilan du I) Les membranes, et notamment la membrane plasmique, sont des bicouches lipidiques largement imperméables, en particulier pour les molécules chargées et/ou de grand poids moléculaire. De la matière peut toutefois entrer ou sortir des cellules, soit en masse (endo- et exocytose) soit à travers les membranes (diffusion simple ou facilitée). Dans le cas des transports transmembranaires, la cellule peut à la fois perméabiliser ou non la membrane, de façon parfois très spécifique, grâce aux transporteurs passifs, mais également orienter les flux, grâce aux transporteurs actifs.

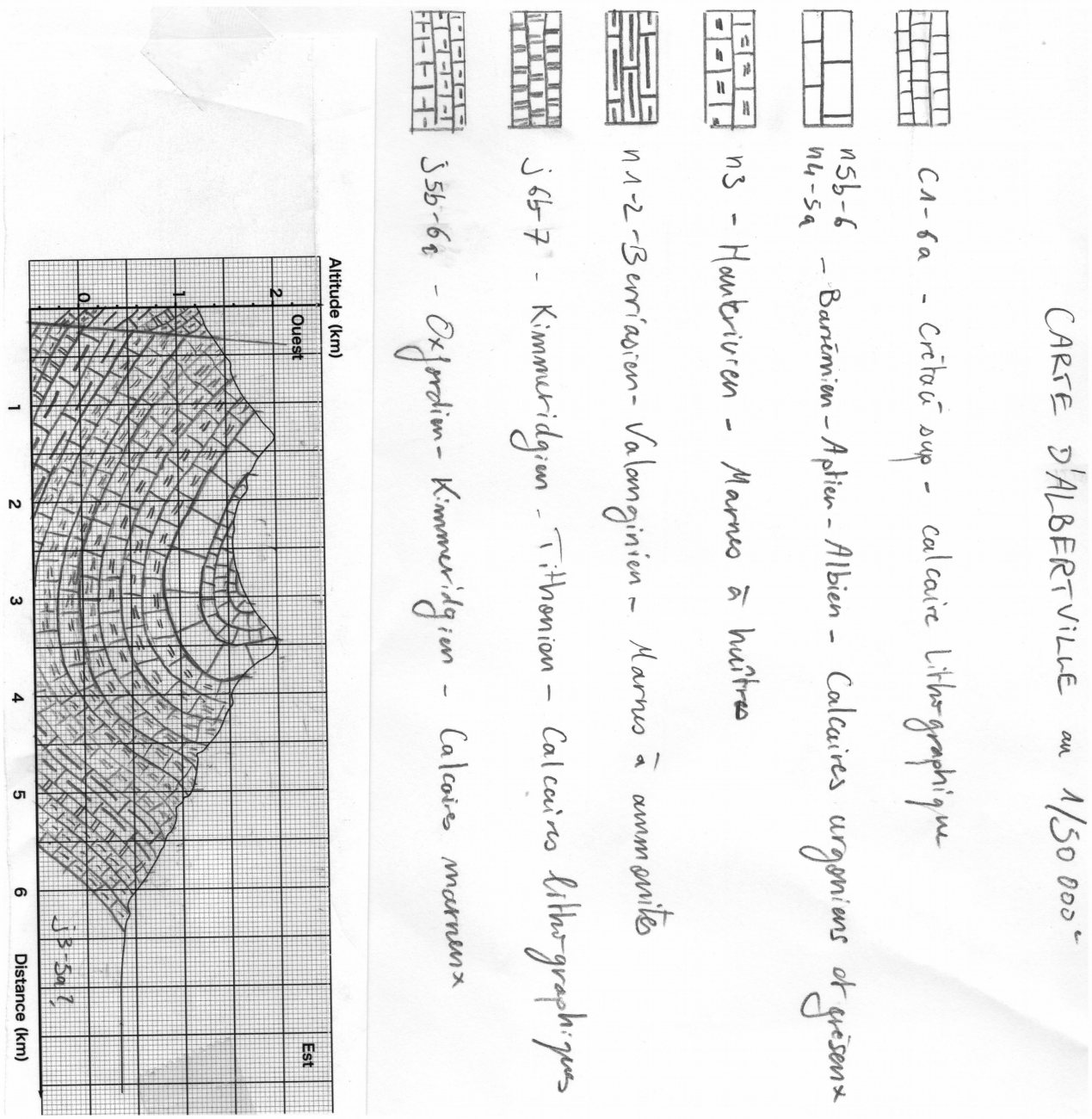
(bilan du II) Les flux traversant la cellule concernent aussi les échanges *au sein* de la cellule. S'ils peuvent obéir aux lois de diffusion (loi de Fick) dans les compartiments aqueux de la cellule d'une part, et au sein des membranes d'autre part, ils peuvent également être provoqués par le transport vésiculaire – dont la dynamique est permise par des moteurs moléculaires ATP-dépendants – entre compartiments du réseau endomembranaire.

(bilan du III) De nombreuses molécules différentes sont l'objet de flux à travers la cellule, et elles ont des rôles très variés : rôle de nutrition (absorption et distribution des nutriments, rejet des déchets), rôle de vecteur d'information (échanges de molécules de signalisation et de molécules portant une information génétique) et rôle de vecteur d'énergie (échanges d'ATP ou de nutriments).

(ouverture 1 – Echelles) Les flux de matière intérieur-extérieur et entre organites, que l'on a vu à l'échelle cellulaire, sont analogues aux flux intérieur-extérieur et entre organes, que l'on peut décrire à l'échelle de l'organisme :

Fonction	exemple à l'échelle cellulaire	exemple à l'échelle de l'organisme
flux nutritif intérieur ↔ extérieur	entrée de glucose dans l'entérocyte	entrée de glucose de la lumière du tube digestif au sang
flux nutritif interne	diffusion de l'O_2 au sein du cytosol	transport de l'O_2 par le sang
flux informationnel intérieur ↔ extérieur	libération d'une hormone par une cellule	libération d'une phéromone par un organisme
flux informationnel interne	export nucléo-cytoplasmique de l'ARNm	circulation d'une hormone dans le sang
flux énergétique intérieur ↔ extérieur	entrée de glucose dans une cellule	entrée de glucose de la lumière du tube digestif au sang
flux énergétique interne	diffusion du glucose au sein du cytosol	transport du glucose dans le sang

(ouverture 2 – flux immatériels) On a vu ici que certains flux d'information et d'énergie pouvaient être expliqués par des flux de matière. Certains flux de d'information et d'énergie sont cependant immatériels (la fixation d'une hormone sur un récepteur membranaire est un flux d'information ne constituant pas un échange de matière ; la réception de lumière par le chloroplaste est un échange d'énergie ne constituant pas un échange de matière). Les flux de matière traversant la cellule sont donc une seule des approches permettant de décrire l'ensemble des flux matériels ou immatériels entre la cellule et son environnement, et au sein de la cellule.

(ouverture 3 – Pathologie) Le taxol est un poison qui perturbe le réseau de microtubules, ce qui a pour conséquence, entre autres, de perturber les échanges de matière au sein du réseau endomembranaire. Pour cette raison, le taxol est mortel même à faible dose chez les mammifères. De la même façon, de très nombreuses molécules toxiques ont pour mode d'action une perturbation des flux de matière traversant la cellule.

Partie 2. Coupe géologique