**Les surfaces d’échanges spécialisées**

*On se limitera aux échanges de matière et d’énergie.*

Introduction

Lorsqu’on s’intéresse aux organismes, on peut les considérer comme des systèmes ouverts, systèmes où il y a une entrée de matière et d’énergie, une transformation dans le système et un rejet de matière alors que l’énergie est progressivement dissipée. Ces entrées et rejets de matière se font au niveau de surfaces spécialisées ou non qu’on appelle surfaces d’échanges. Les échanges de matière et d’énergie réalisés chez les animaux et les végétaux ont pour fonction de satisfaire les besoins des cellules. Chez les organismes relativement complexes, ces surfaces sont spécialisées au sein d’organes impliqués dans les fonctions de nutrition. Les échanges gazeux concernent la respiration et la photosynthèse des végétaux. Ceci implique d’étudier les adaptations des organes respiratoires des animaux et de la feuille. De plus, la fonction de nutrition implique des échanges de molécules organiques et minérales, effectués lors de la digestion chez les animaux, ou seulement de molécules minérales chez les végétaux. La racine des angiospermes et l’intestin sont de véritables échangeurs d’eau et de nutriments. Enfin, outre l’énergie chimique que représentent les molécules organiques échangées, il existe d’autres types d’échanges énergétiques utiles à l’organisme. L’énergie lumineuse est essentielle aux végétaux pour leur photosynthèse ; la structure foliaire est adaptée à la capture des photons. L’énergie calorifique est échangée par l’organisme par différentes surfaces d’échanges.

L’étude des surfaces d’échanges implique que celles-ci soient différenciées. Ce n’est pas le cas chez tous les animaux et végétaux. En effet, chez les organismes à faible rapport surface/volume, les échanges respiratoires se réalisent par la surface corporelle sans différenciation d’organes spécialisés (exemple des vers plats) et chez les végétaux, se limitent aux Angiospermes.

# Mécanismes cellulaires et moléculaires assurant les échanges

## Les échanges passifs

* N’impliquent pas de dépense d’énergie.
* Se réalisent lorsque le gradient est favorable : il s’agit de la diffusion simple ou facilitée par des canaux ou des perméases.
* La loi de Fick, régit la diffusion et s’applique aux molécules non chargées, telles que les gaz.
* Cette loi met en évidence trois paramètres qui conditionnent les échanges : la surface d’échange, l’épaisseur de la barrière à franchir et le gradient de concentration. Le coefficient de diffusion ne dépend que de l’agitation moléculaire (et donc de la température, de la masse moléculaire et de la conductivité du milieu (d’autant plus élevé que le fluide est dense, ex. eau>>air).
* Les mouvements d’eau s’expliquent par des différences de potentiel hydrique : cas des cellules végétales différent des cellules animales car la paroi exerce une pression hydrostatique (dite de turgescence) qui s’oppose à la pression osmotique, liée à la concentration de solutés. La présence d’aquaporines facilite le flux d’eau à travers les membranes.
* Le transport des molécules chargées dépend de la différence de potentiel électrochimique entre les milieux, qui dépend à la fois du gradient de concentration, de la charge électrique et du gradient de potentiel électrique de part et d’autre de la membrane (gradient électrochimique). (La loi de Nernst donnant la valeur du potentiel d’équilibre permet de prévoir de sens de passage).

`

## Les échanges actifs

#### Les transports actifs primaires

* Impliquant une dépense énergétique. Ils se réalisent lorsque le gradient chimique ou électrochimique est défavorable et impliquent des pompes de type ATPase (en général, Na+/K+ chez les animaux et H+ chez les végétaux).

#### Les transports actifs secondaires

* Ils peuvent également mettre en jeu de manière secondaire des cotransporteurs (symport ou antiport).
* -> exemple de l’entérocyte ou du poil absorbant. Le transport de chaleur méritait de présenter les mécanismes de conduction et de convection thermique, sur lequel l’organisme pourra jouer pour moduler les échanges. Quel que soit le mécanisme, la surface, l’épaisseur de la surface d’échange et le gradient conditionnent l’intensité des échanges.

# Caractéristiques structurales et fonctionnelles des surfaces d’échanges

Dégager les caractéristiques structurales et fonctionnelles des surfaces d’échanges permettant d’optimiser les échanges favorables à toutes les échelles : anatomique, histologique et cytologique. Des valeurs numériques et des schémas sont attendus.

## Extension des surfaces d’échanges

Plusieurs exemples pouvaient être développés :

* Extension de la surface d’absorption racinaire chez les Angiospermes, par la mise en place d’une assise pilifère avec de très nombreux poils absorbants au niveau de l’extrémité en croissance des jeunes racines ou bien par la mise en place de symbioses mycorhiziennes, essentielle à la nutrition de l’immense majorité des végétaux terrestres.
* Poumon alvéolé chez les Mammifères, ou encore de replis branchiaux, les lames et les lamelles chez les poissons.
* Au niveau intestinal, trois niveaux de replis augmentent grandement la surface (valvules conniventes, villosités et microvillosités).
* L’architecture foliaire constitue un véritable appareil dioptrique permettant l’augmentation de la capture de photons ; l’épiderme biconvexe joue le rôle de lentille et le parenchyme palissadique de système photorécepteur, avec de nombreux chloroplastes se déplaçant par cyclose. La présence de nombreuses membranes thylakoïdiennes dans les chloroplastes augmente également la quantité de pigments photosynthétiques.

## Finesse de la barrière de diffusion

* Poumon des Mammifères : épithélium formé essentiellement de pneumocytes I très aplatis, ainsi que la fusion des lames basales de l’épithélium pulmonaire et de l’endothélium vasculaire.
* Lamelles branchiales des Téléostéens, disparition de l’endothélium vasculaire et formation de lacunes sanguines, facilitant la diffusion des gaz.
* Chez les Angiospermes, les poils absorbants ainsi que les hyphes mycorhiziens présentent une épaisseur très modeste.

## Maintien, voire optimisation du gradient d’échange

-> mise en place de systèmes convectifs.

#### Convection externe, la ventilation

Renouvellement du fluide externe.

- Ventilation pour les échanges gazeux.

#### Convection interne, la circulation

Il s’agit également de la convection interne ou circulation du milieu intérieur (sang, hémolymphe, sèves).

- Vascularisation des surfaces d’échanges.

La convection est variable et permet de contrôler les échanges.

#### Systèmes de convection concourants ou à contre-courant

- Les systèmes de convection peuvent être concourants ou au contraire à contre-courant. Ce dernier cas permet d’augmenter les échanges. C’est le cas de la respiration branchiale où le contre-courant augmente l’extraction de dioxygène de l’eau qui en est pauvre. La présence de pigments oxyphoriques (telle que l’hémoglobine) augmente également la diffusion du dioxygène.

# Variations des échanges selon les besoins physiologiques et les contraintes environnementales

Les échanges entre l’organisme et son milieu n’obéissent pas à la loi du « tout-ou-rien », mais peuvent s’ajuster aux besoins de l’organisme.

## Adaptation à l’exercice musculaire

Lors de l’exercice physique par exemple, il y a augmentation de la convection externe et interne.

La ventilation est contrôlée, impliquant notamment des chémorécepteurs sensibles à la pO2 chez les animaux aquatiques et à la pCO2 et au pH chez les animaux aériens.

Afin d’augmenter les échanges, il y a vasodilatation (exemple de l’effort physique, de la thermorégulation…).

## Adaptation au stress hydrominéral

En milieu aérien, nécessité de limiter les pertes d’eau liées aux échanges, notamment respiratoire puisque toute surface perméable aux gaz respiratoires l’est aussi à l’eau. Pour les angiospermes, l’absorption de CO2 s’accompagne d’une perte d’eau incompressible.

- En cas de stress hydrominéral, les angiospermes peuvent s’accommoder par un contrôle du développement racinaire ou bien peuvent réguler l’ouverture de leurs stomates via l’acide abscissique (ABA), phytohormone de stress hydrique.

- De plus, les échanges dépendent des contraintes exercées par le milieu de vie. D’un point de vue écophysiologique, les surfaces d’échanges sont adaptées aux conditions du milieu. En milieu aérien, il faut pouvoir assurer les échanges recherchés tout en limitant les pertes en eau.

- L’intériorisation des surfaces d’échanges respiratoires chez les animaux aériens. De même, le tégument s’imperméabilise (kératinisation chez les Vertébrés Tétrapodes, cuticule des Arthropodes).

- Chez les végétaux terrestres, une cuticule hydrophobe apparaît ainsi que des stomates. Les mouvements de gaz (O2, CO2, vapeur d’eau) sont alors localisés au niveau de ces orifices régulables. Dans les milieux secs, certaines adaptations ont été sélectionnées : enfoncement des stomates, mise en place de poils protecteurs augmentant la couche d’air limite, enroulement de la feuille…

## Adaptation aux intensités lumineuses extrêmes

- De même l’anatomie foliaire est adaptée à l’intensité de lumière. Citons les feuilles d’ombre et de lumière des arbres, optimisant la capture de lumière et limitant la surchauffe.

## Adaptation aux échanges thermiques

- Afin d’assurer des échanges de chaleur (thermorégulation), le tégument des animaux présente certaines adaptations : pigmentation, vascularisation plus ou moins importante, surface plus ou moins grande de certains organes thermorégulateurs selon les milieux (oreilles de Fennecs).

## Régression des surfaces d’échanges en relation avec des modes et des milieux de vie particuliers

- Dans certains milieux de vie, il peut y avoir à contrario régression des surfaces d’échanges devenues inutiles. C’est le cas des hydrophytes, Angiospermes devenues secondairement aquatiques, qui ont perdu leur cuticule et leurs stomates devenus inutiles en milieu aquatique.

Conclusion :

Grande diversité des surfaces d’échanges selon la nature des matières ou de l’énergie échangées ainsi de la position systématique des organismes mais elles présentent toutes des caractéristiques communes : elles présentent une surface considérable, elles sont très fines et le gradient impliqué dans l’échange est maintenu par une convection interne et externe.

Les échanges sont adaptés aux besoins de l’organismes notamment en jouant sur le gradient d’échange par le biais de l’adaptation des convections externes et internes.

On peut alors ouvrir sur les échanges d’information.