

## Éléments de correction DS 3 – 2023-2024

### L'eau et la vie en milieu aérien

Vous limiterez votre propos aux Angiospermes et aux Mammifères

\*\*\*

#### Introduction :

##### **Définition des termes et limitation du sujet :**

L'eau, molécule minérale, est le constituant majoritaire des êtres vivants. Elle est disponible de manière très limitée et hétérogène dans le milieu aérien.

La vie en milieu aérien concerne les organismes terrestres vivant dans l'atmosphère. Dans ce milieu les êtres vivants réalisent leurs fonctions vitales : fonctions de relation, de nutrition et de reproduction. Le sujet limite l'étude aux végétaux Angiospermes, organismes trachéophytes possédant des racines ancrées dans le sol et des graines enfermées dans un fruit, et aux Mammifères, animaux possédant un épiderme kératinisé avec des poils et des mamelles permettant aux femelles d'allaiter leurs petits.

Nous ne n'envisagerons pas le cas des Angiospermes aquatiques, ni des Mammifères marins qui vivent en milieu aquatique.

##### **Problématique :**

Qu'ils soient terrestres ou aquatiques, l'eau est le constituant majeur des êtres vivants : nous nous demanderons ainsi **comment la teneur en eau des Angiospermes et Mammifères vivant en milieu aérien desséchant peut-elle être expliquée, en lien avec la réalisation des fonctions vitales de ces organismes ?**

##### **Fil directeur du plan :**

**Dans un premier temps seront montrés les flux d'eau ainsi que leurs conséquences fonctionnelles sur les organismes aériens, puis les adaptations limitant les pertes en eau et enfin seront traitées les adaptations qui permettent l'affranchissement du caractère desséchant du milieu aérien.**

*Remarque : il est attendu du candidat un effort d'argumentation. Afin de vous aider, des pistes d'argumentation possible sont indiquées en italique. Toutes ces argumentations ne sont bien entendu pas attendues. Le candidat doit choisir d'argumenter à quelques reprises dans sa copie, en fonction de la gestion de son temps.*

#### **I. Les organismes aériens, des « réservoirs » d'eau, traversés par des flux hydriques**

##### **1. Les Mammifères recherchent et absorbent l'eau dans leur alimentation**

###### **a. La recherche active d'eau**

Recherche de milieux riches en eau liquide permise par leur déplacement et la perception du milieu.

Lien avec le mode de vie libre qui permet de compenser la répartition hétérogène / variable dans le temps des ressources en eau.

La présence d'eau liquide contribue à une répartition spatiale des organismes dans le biotope.

###### **b. Le prélèvement d'eau et son absorption dans le tube digestif**

Présence d'eau dans les aliments solides (les cellules sont majoritairement constituées d'eau)

Cas des organismes phytophages : ration particulièrement riche en eau (75 à 85 % pour l'herbe pâturée).

Les mammifères s'abreuvent. La vache pompe l'eau.

Part importante de leur alimentation (50 – 100 L d'eau absorbée par la vache/jour).

L'eau est absorbée dans l'intestin grêle (*peu d'absorption dans le duodénum à cause de l'hyperosmolarité du chyme*) et dans le gros intestin (colon) + dans le feuillet chez la vache.

###### **c. Importance du maintien d'un équilibre hydrique à l'échelle de l'organisme**

- Eau milieu de vie des cellules (lymphe interstitielle) et fluide circulant (sang et lympe) permettant l'approvisionnement des cellules (nutriments, O<sub>2</sub>), la prise en charge des déchets de leur fonctionnement (CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, urée), les corrélations informatives (communication hormonale). Joue donc un rôle important dans l'intégration fonctionnelle aux différentes échelles dans l'organisme.

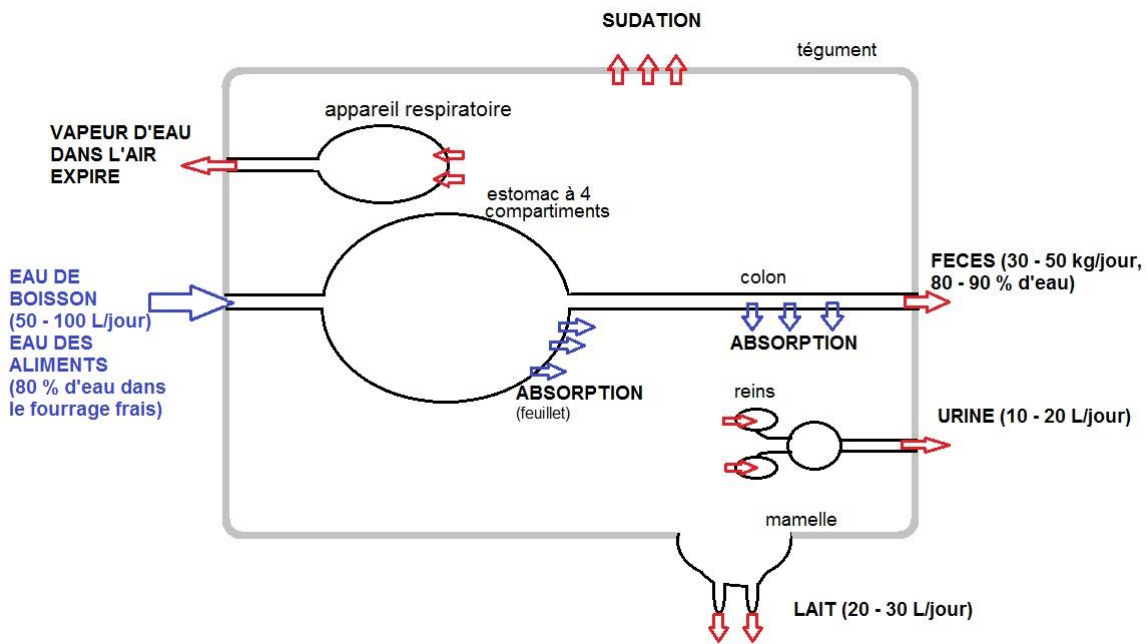
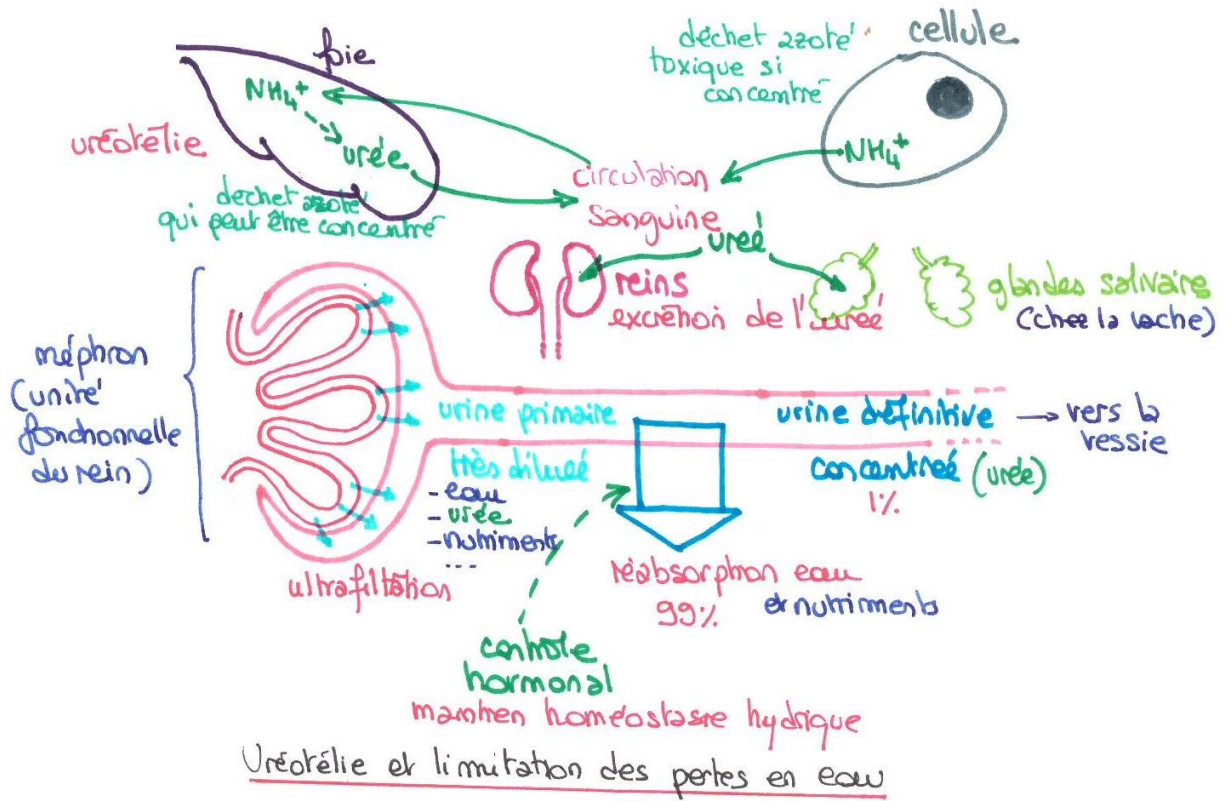
- Eau nécessaire à l'élimination des déchets azotés du métabolisme cellulaire : rôle du rein des Mammifères qui permet la production d'une urine hyperosmotique par rapport au plasma, rôle du foie qui convertit l'ammoniaque en urée qui peut être concentrée car moins toxique pour les cellules que l'ammoniaque (uréotélie).

*Voir schéma possible p. suivante.*

- Pertes d'eau incompressibles nécessaires au maintien de la température corporelle : les Mammifères sont des endothermes, la température est un paramètre physiologique essentiel au bon fonctionnement de l'organisme. La sudation est un processus clé dans la thermolyse.

*Pourrait aussi être placé dans la partie II.4*

Exemples de schémas possibles :



La Vache : un réservoir d'eau traversé par un flux hydrique

**2. Les Angiospermes prélèvent de l'eau du sol**

a. Absorption d'eau au niveau du sol grâce à des surfaces spécialisées

Argumentation : Observation d'un réseau racinaire autour d'une fuite de canalisation d'eau

La présence d'eau contribue à la répartition spatiale des organismes dans le biotope

Ramification importante de l'appareil racinaire et développement indéfini => renouvellement du milieu de prélèvement + lien avec le mode de vie fixé.

Poils absorbants et zone pilifère, établissement de relations symbiotiques avec champignons (mycorhizes) : grandes surfaces d'échange.

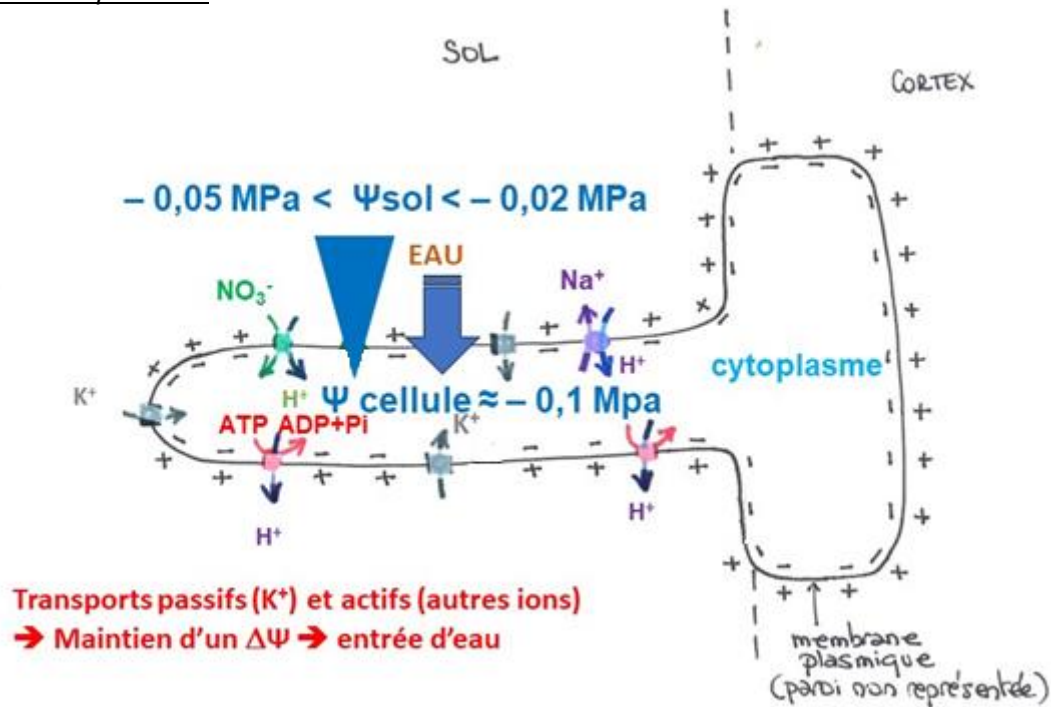
b. Mécanismes d'entrée d'eau

Notion de potentiel hydrique. Dans le sol :  $\Psi_{sol} = \Psi_o + \Psi_p + \Psi_m$  / Dans les cellules :  $\Psi = \Psi_h + \Psi_o$

$\Psi$  poil absorbant <  $\Psi_{sol}$ , gradient de  $\Psi$  maintenu grâce aux transports actifs d'ions.

Gradient de  $\Psi$  du poil absorbant jusqu'au vaisseau de xylème. Pas de transport actif d'eau.

Exemple de schéma possible :



### L'absorption de l'eau par le poil absorbant, conséquence des échanges ioniques

c. L'eau absorbée participe aux flux de sèves

Transit radial de l'eau dans la racine : voies symplasmique et apoplasmique.

Transports actifs d'ions maintiennent un gradient de  $\psi$  permettant l'entrée d'eau dans le xylème.

Aspiration foliaire par évapotranspiration au niveau de la feuille.

*Argumentation : expériences montrant l'importance des stomates dans l'évapotranspiration et dans le flux ascendant d'eau dans la sève brute.*

Importance de la lignine des vaisseaux du xylème créant un réseau hydrophobe et rigide.

Les sèves permettent un transit d'ions et de molécules organiques dans la plante.

Voies symplasmique et apoplasmique de circulation de l'eau dans les tissus conducteurs.

d. Le rôle structurant de l'eau :

*Argumentation : plante non arrosée flétrit.*

L'eau intervient comme moteur de l'auxèse, elle est responsable de la turgescence des cellules (via la vacuole) et du port dressé des végétaux herbacés.

### **Bilan partiel :**

*L'eau fait partie des cellules et constitue le milieu de vie des cellules. En milieu aérien, les organismes sont traversés par un flux d'eau. Cette eau permet des échanges intercellulaires au sein de l'organisme et participe à la réalisation de nombreuses fonctions chez les deux types d'organismes étudiés.*

*Les ressources en eau étant inégalement réparties, l'eau contribue à une répartition des organismes dans le biotope.*

*Transition : comment dans le milieu aérien les pertes en eau peuvent-elles être limitées au niveau des surfaces externes des organismes ?*

## **II. Des adaptations au caractère desséchant du milieu aérien**

### **1. Les structures en contact avec le milieu aérien sont imperméabilisées**

a. Par des revêtements hydrophobes

Présence en surface de molécules hydrophobes variées qui limitent les pertes en eau.

Ex : sporopollénine du pollen, cuticule des organes souples des Angiospermes, kératine du tégument des Mammifères, cires et sébum (lipides) des Mammifères.

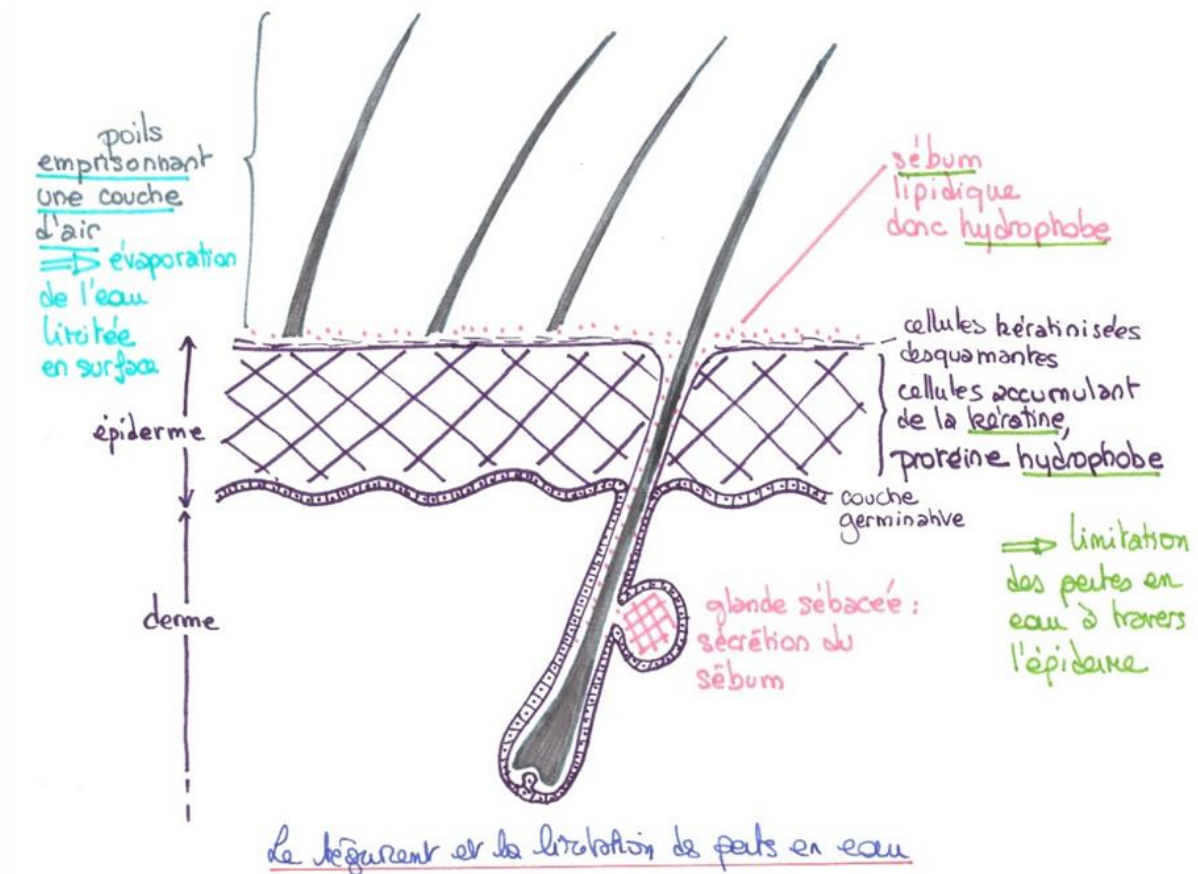
b. Protection des structures fragiles par des tissus ou organes imperméabilisés

Les fruits protègent les graines dans un péricarpe imperméable (un exemple de fruit sec).

Le suber produit par l'assise subéro-phellodermique (méristème secondaire) protège les organes ligneux (présentant des structures secondaires). Suber constitué de cellules dont la paroi est imprégnée de subérine, substance lipidique. Tégument kératinisé des Mammifères (kératine = protéine hydrophobe) avec poils qui immobilisent une couche d'air et limitent l'évaporation.

Paupières qui protègent la cornée de l'œil des Mammifères et maintiennent son hydratation (glandes lacrymales).

Exemple de schéma possible :



## 2. Les pertes en eau sont contrôlées de manière active

### a. Les stomates permettent de contrôler les pertes foliaires en fonction de l'environnement

Argumentation : expérience de l'influence de l'humidité de l'atmosphère sur l'ouverture du stomate ; Influence de l'ABA sur la fermeture du stomate ; influence de la lumière bleue sur l'ouverture du stomate.

Mécanisme actif de fermeture du stomate dépendant de l'ABA (acide abscissique), s'ajoute au mécanisme passif (non contrôlé) de fermeture, lié à la plasmolyse des cellules de garde par suite de déshydratation.

Mécanisme actif d'ouverture du stomate dépendant de la lumière (moteur  $K^+$ /malate et moteur saccharose).

### b. Adaptations comportementales et physiologiques

Chez les Mammifères :

- Recherche d'ombre, comportement dipsique.
- Contrôle hormonal de la diurèse (q urine produite).
- Diminution de la quantité de lait produite si la femelle en lactation manque d'eau.
- Adaptations aux milieux désertiques (Dromadaire et sa bosse, animaux du désert à vie nocturne...)

## 3. Les xérophytes présentent des adaptations poussées au milieu sec

Un exemple de xérophyte développé : malacophyte ou sclérophyte.

## 4. Les pertes en eau incompressibles peuvent toutefois présenter des avantages adaptatifs

### a. Participer à la thermorégulation de l'organisme

Argumentation : aborder le côté physique du grand nombre de liaisons H de l'eau liquide est intéressant pour argumenter cet aspect de thermorégulation

Glandes sudoripares et thermorégulation.

Importance de la grande énergie de vaporisation pour permettre une thermorégulation ( $\approx 2500$  kJ/L à  $37^\circ\text{C}$ ).

### b. Entrer en vie ralentie

Notion de vie ralentie.

Importance de la vie ralentie :

- pour la dispersion reproductrice pour le pollen,
- pour la dissémination de la graine et la colonisation du milieu,
- pour le passage d'une mauvaise saison pour la graine. Reprise de la vie active suite à la réhydratation de la graine (argumentation : eau nécessaire à la germination).

c. Participer à la dispersion

Mécanismes de déhiscence des fruits secs, des anthères.

Structures de dispersion légères car déshydratées : graines et pollen anémochores.

**Bilan partiel :** Grâce à des structures spécialisées limitant les pertes en eau ou en tirant avantage de la déshydratation, les organismes Angiospermes et les Mammifères sont adaptés à la vie en milieu aérien. Certaines étapes de leur physiologie vont se dérouler à l'intérieur des organismes et seront ainsi totalement affranchies des variations spatio-temporelles de la disponibilité en eau du milieu aérien.

### III. Des adaptations affranchissant les organismes du caractère desséchant du milieu aérien

#### 1. La fécondation est interne en milieu protégé

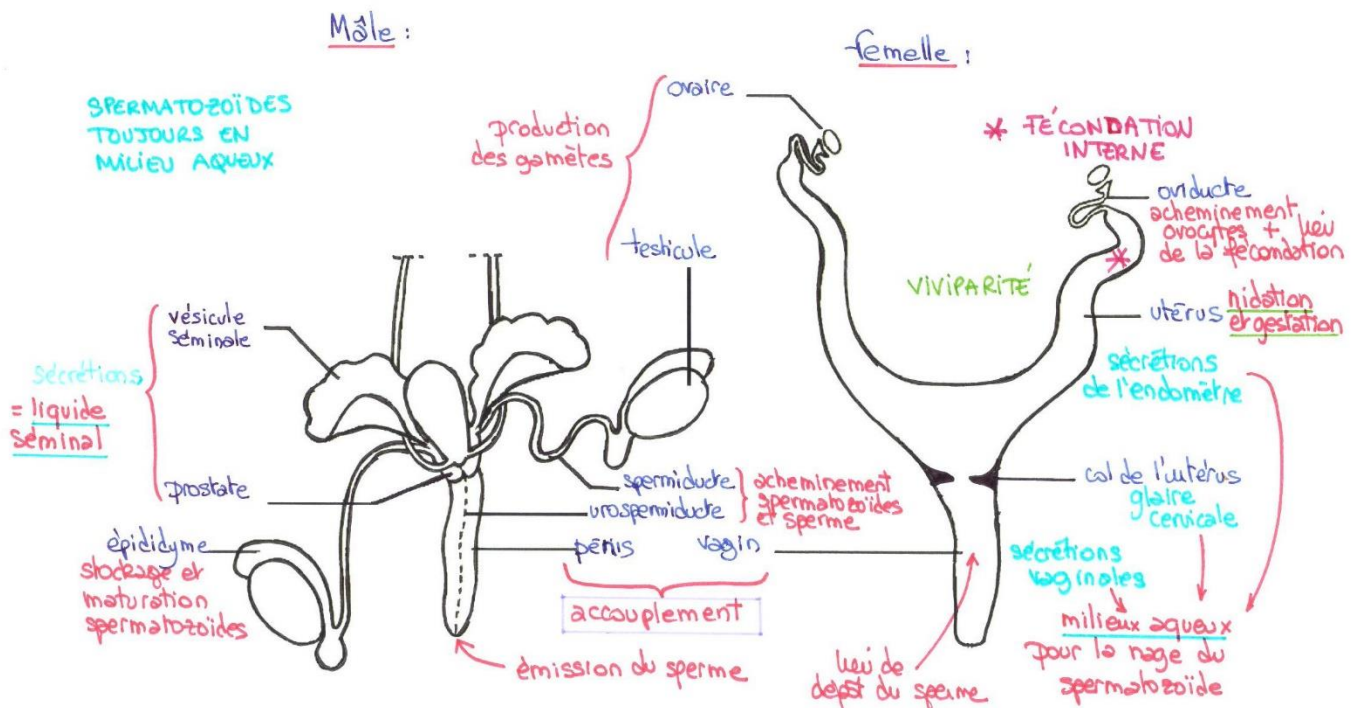
a. Les Mammifères réalisent un accouplement et une fécondation interne

L'accouplement, grâce aux organes de copulation (pénis et vagin), permet le dépôt des gamètes mâles dans les voies génitales femelles (vagin).

Les spermatozoïdes produits dans les testicules, stockés dans l'épididyme puis émis grâce aux spermiductes sont toujours en milieu aqueux (liquide séminal produit par les vésicules séminales et prostate). Dans l'organisme femelle, ils nagent (zoïdogamie) dans les fluides produits par le tractus génital (glaires cervicales, sécrétions de l'endomètre et des oviductes), jusqu'à la rencontre d'un ovocyte dans l'oviducte : la fécondation est interne.

Les gamètes mâle et femelle ne sont jamais au contact du milieu aérien desséchant.

Exemple de schéma possible :



#### Une organisation des appareils génitaux mâle et femelle permettant l'accouplement et une fécondation interne

b. L'angiospermie et la siphonogamie des Angiospermes protègent les gamètes

La cellule spermatogène est localisée dans le gamétophyte mâle : le grain de pollen. L'oosphère, gamète femelle, et cellule centrale sont localisées dans le sac embryonnaire, lui-même situé dans l'ovule (téguments de l'ovule), à l'intérieur du gynécée (angiospermie). Les gamètes sont protégés.

Le gel hydraté qui recouvre le stigmate permet la germination du grain de pollen après son dépôt sur le plateau stigmatique. Apport d'eau contrôlé par le stigmate, qui appartient au sporophyte.

Croissance du tube pollinique qui contient les deux cellules spermatiques dans le style puis rencontre des gamètes dans le sac embryonnaire : double fécondation interne.

La siphonogamie permet une progression des gamètes mâles dans un milieu cellulaire hydraté.

#### 2. Le développement de l'embryon se déroule dans l'organisme parent

a. Développement du zygote dans le liquide amniotique chez les Mammifères

Développement des annexes embryonnaires permettant la mise en place du liquide amniotique : l'amnios.

Développement de l'embryon puis du fœtus dans ce liquide, notion de viviparité.

Rq : soin donné aux jeunes se poursuit même après la naissance chez les Mammifères avec la lactation.

b. Développement du zygote principal et du zygote accessoire dans le gynécée du sporophyte

Analogie avec la viviparité des Mammifères : les deux zygotes poursuivent leur développement (ovule devient graine) dans le gynécée du sporophyte.

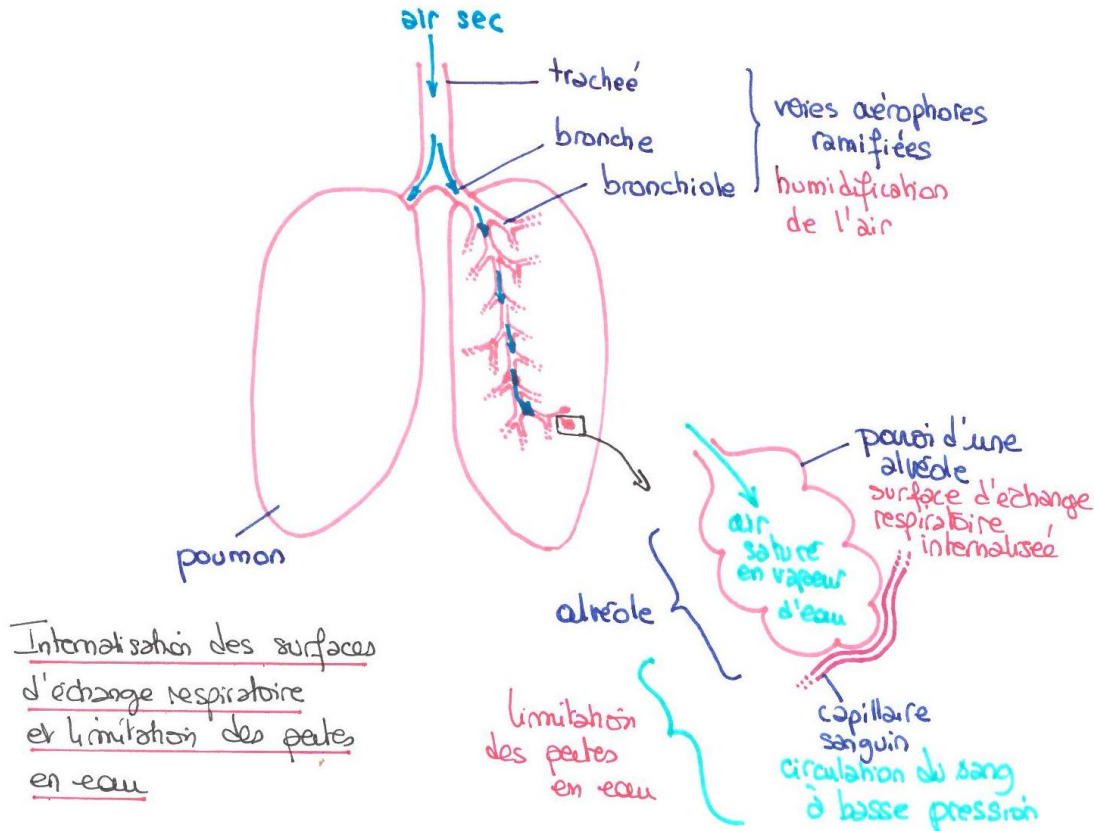
**3. Un appareil respiratoire internalisé**

Surfaces d'échanges respiratoires (= parois des alvéoles) dont la grande surface, la faible épaisseur, et l'état d'hydratation élevé nécessaire aux échanges gazeux facilitent les pertes hydriques en milieu pauvre en eau. Leur internalisation permet de limiter ces pertes.

Mucus tapissant les muqueuses des voies aérohores : hydratation de l'air inhalé qui est par conséquent saturé en vapeur d'eau au niveau des alvéoles, ce qui limite les pertes.

Circulation pulmonaire basse pression : limite les pertes en eau au niveau des parois alvéolaires fines.

Schéma poumon bronche trachée + cage thoracique et diaphragme et/ou alvéole et surface alvéolaire



Une analogie peut être faite avec les cryptes pilifères et chambres sous stomatiques du Laurier Rose (xérophyte).

**Bilan partiel :**

L'internalisation de divers processus se déroulant dans la vie des organismes aériens étudiés permet à ces derniers de s'affranchir de la contrainte majeure du milieu aérien : sa faible disponibilité en eau.

**Conclusion :**

**Réponse à la problématique**

L'eau nécessaire à la vie des organismes aériens est activement recherchée et prélevée.

L'équilibre hydrique de l'organisme est finement contrôlé, par une limitation et un contrôle des pertes en eau.

Des surfaces imperméables, une internalisation des structures et des processus comme la fécondation permettent une relative indépendance vis à vis de l'eau extérieure. La vie sans eau liquide n'est pas possible mais les deux groupes étudiés peuvent s'affranchir provisoirement de la non disponibilité en eau. Les dispositifs et processus rencontrés chez ces deux groupes témoignent de convergences évolutives.

**Ouverture**

Plusieurs pistes

Importance des êtres vivants dans le cycle de l'eau.

Abord paléontologique : sortie des eaux des êtres vivants animaux et végétaux au Primaire.

D'autres caractéristiques du milieu aérien constituent des avantages importants pour le vivant (bonne transmission de la lumière, source d'énergie de la plupart des écosystèmes, richesse en O<sub>2</sub>).