

SV-A-1 poly 02

Texte du cours

Partie A : L'organisme vivant en lien avec son environnement

Chapitre 1 : Regards sur un organisme Métazoaire : un Bovidé

La **Vache** est un animal qui fait partie de la société humaine depuis le 9^{ème} millénaire avant JC : elle descend d'un ancêtre apparu il y a 1,6 MA et disparu au XVII^{ème} siècle : l'Auroch *Bos primigenius*.

Il s'agit d'un Mammifère ruminant de grande taille, de la famille des Bovidés :

- Nom scientifique : *Bos taurus*
- Poids moyen : 600-800 kg
- Taille moyenne : 120-150 cm

Cet exemple a pour **objectif** de nous permettre de définir les grandes fonctions réalisées par un animal, en abordant les structures permettant leur réalisation ainsi que les relations avec le milieu environnant (biotique comme abiotique).

L'étude de la Vache, exemple de Bovidé, sera complété dans le chapitre suivant par l'étude des Fabacés (végétal pluricellulaire Angiosperme).

I. Les vaches sont des Métazoaires

La vache est la femelle de l'espèce *Bos taurus*, le mâle est le taureau ; le bœuf est un mâle castré.

Le petit est le veau, et une jeune femelle n'ayant pas encore vêlé est une génisse.

A. Position systématique

1. Un Vertébré

☆ **Eucaryotes** : Etres vivants de taille et de forme extrêmement variées, unicellulaires ou pluricellulaires, dont l'information génétique est contenue dans le noyau de la cellule. Ce noyau est limité par une enveloppe nucléaire. Le cytoplasme est très structuré, en particulier par un cytosquelette ; un réseau membranaire interne, dynamique, réalise une compartimentation. Mitochondries et chloroplastes réalisent les fonctions énergétiques de la cellule.

☆ **Eumétazoaires** :

Organismes pluricellulaires mobiles, hétérotrophes.

- Cellules associées aux autres cellules et à la matrice extracellulaire :
 - La matrice extra-cellulaire comportant du collagène de type IV au niveau des épithéliums s'organise en une lamé basale, assurant l'existence de vrais tissus.
 - Des jonctions lacunaires (jonctions gap) réalisées à l'aide de connexine.
- L'organisme est doté d'une cavité digestive différenciée.
 - La gastrulation (chez l'embryon) donne naissance à des feuilletts embryonnaires : ectoderme (→ système nerveux, épiderme...), endoderme (→ tube digestif...), et pour certains mésoderme (muscles, os...).
 - L'endoderme comporte des cellules sécrétrices produisant des enzymes digestives actives dans le milieu extracellulaire.
- La différenciation cellulaire est poussée avec formation de cellules musculaires, de cellules nerveuses et de cellules sensorielles.
 - Système nerveux : existence de synapses chimiques.

☆ **Bilatériens** :

Symétrie bilatérale: 2 axes de polarité (antéro-postérieur et dorso-ventral).

- L'axe de polarité antéro-postérieure est parallèle au sens du déplacement, et au trajet des aliments dans le tube digestif.
- Tube digestif complet, (bouche + anus).
 - Le blastopore de la gastrula donne au moins un des orifices du tube digestif.
 - Apparition d'un troisième feuillet embryonnaire, le mésoderme, entre endoderme et ectoderme. Ce sont des organismes triblastiques.
- La synapse avec le système acétylcholine/acétylcholinestérase est caractéristique des bilatériens.
 - Synapses toutes unidirectionnelles.
 - Système nerveux central, organisé autour d'un ganglion céphalique et d'une chaîne nerveuse.
- Un processus de céphalisation concentre, autour de la bouche les organes des sens et les organes de préhension.
- Des gènes de développement de la famille Hox sont groupés en un complexe. Celui-ci obéit à la règle de colinéarité, c'est-à-dire que l'ordre des gènes sur le complexe correspond à leur lieu d'action quand on parcourt l'animal de l'avant vers l'arrière.

☆ Deutérostomiens :

- **Système nerveux dorsal.**
- *Le blastopore (zone d'invagination pendant le développement embryonnaire) devient l'anus.*

☆ Chordés :

- **Présence d'une chorde:** axe rigide dorsal servant de baguette de soutien à l'organisme, au moins chez la larve. Elle est constituée d'un tissu fibreux.

☆ Craniates :

- Présence d'un crâne.
 - *Lors de la formation du système nerveux central et axial, des bourrelets dorsaux se forment longitudinalement. C'est de cette crête neurale que proviennent des cellules migratrices à diverses, « dites cellules de la crête neurale ».*
 - *Les organes sensoriels (olfactifs, visuels, optiques) se forment à partir de petites plaques à la surface de l'embryon (placodes épidermiques).*
- La minéralisation du squelette implique le phosphate de calcium.

2. Un Mammifère

☆ Vertébrés :

- Présence de vertèbres
 - *Deux canaux semi-circulaires dans l'oreille interne pour l'orientation.*
 - *Présence d'une musculature intrinsèque de l'oeil.*
 - *Existence d'une régulation nerveuse du fonctionnement cardiaque.*
- Apparition de la rate et du pancréas individualisé.

☆ Gnathostomes : présence d'une mâchoire articulée

☆ Ostéichtyens: squelette osseux

☆ Sarcoptérygiens :

- **Appendices pairs charnus** attachés au corps par une seule pièce = appendice monobasal (humérus ou fémur).

☆ Rhipidistiens :

- **Poumons alvéolés.**
- Coeur avec **2 oreillettes**.

☆ Tétrapodes :

- Présence de membres pairs locomoteurs munis le plus souvent de 5 doigts (membre chiridien).
 - Spécialisation de la première vertèbre cervicale : l'atlas.
 - Naissance d'un cou.

☆ Amniotes :

- Présence d'un amnios : membrane entourant l'embryon et formant un sac renfermant le liquide amniotique dans lequel se développe le fœtus.

☆ Mammifères :

- Peau couverte de poils (= phanères), avec de nombreuses glandes épidermiques: sébacées, sudoripares, mammaires ;
- Glandes mammaires : **alimentation lactée** des petits.
- **Viviparité** avec relations trophiques mère-foetus
- Poumon spongieux (alvéoles).
- Dents différenciées, en général de 3 types : incisives, canines, molaires. Dents jugales à double racine.
- Coeur à 4 cavités; crosse aortique gauche.
- Pavillons auditifs, oreilles externes.
 - *Lèvres charnues (tétée: alimentation des petits)*
 - Diaphragme
 - *Anus séparé des orifices génito-urinaires par le périnée. Absence de cloaque (sauf les monotrèmes).*

3. Un Ruminant domestiqué par l'Homme

☆ Euthériens :

- Nutrition de l'embryon et du fœtus grâce au **placenta**
- Naissance après longue gestation

★ **Cétardiodactyles :**

- nombre pair de doigts ; l'axe du membre postérieur passe entre les doigts III et IV

★ **Ruminants :**

- mode de nutrition de type **ruminant** (digestion pré-gastrique symbiotique); estomac cloisonné à 4 poches
- rumination (= mastication différée)
- denture sélénodonte (= mouvements transversaux de la mâchoire)

★ **Famille : Bovidés**

- Cornes persistantes présentes dans les deux sexes.

Autres Bovidés : les caprins, les ovins, les antilopes, les gnous.

★ **Sous-famille: Bovinés**

- Espèces de grande taille au corps massif et lourd, au mufle large.

Autres Bovinés : les bisons, les buffles,

★ **genre: Bos**

Espèce éteinte : l'Auroch, *Bos primigenius*, dont la domestication a donné la Vache.

Exemple d'autres espèces : *Bos grunniens* (Yack), *Bos frontalis* (Gaur, Gayal).

★ **espèce: Bos taurus**

★ **sous espèce: Bos taurus taurus (vache domestique d'Europe)**

Autres sous-espèces : le Zébu, *Bos taurus indicus*

B. Les grandes fonctions réalisées par un organisme vivant

1. Un être vivant est un système thermodynamique ouvert

Un organisme vivant réalise ainsi constamment des échanges avec son milieu environnant :

- Des échanges de **matière** (gain de matière par l'alimentation et la respiration ; perte de matière par la respiration et l'excrétion)
- Des échanges **énergétiques** (libération de chaleur, ou au contraire réchauffement de l'organisme à partir du milieu)

Cette dualité d'échanges est la marque d'un **système thermodynamique ouvert** :

- La composition de l'organisme varie avec le temps du fait des échanges avec le milieu
- L'énergie interne (U) et l'enthalpie (H) de l'organisme ne sont pas constantes.
- Le fonctionnement de l'organisme se fait forcément « à perte » : Le maintien d'un état organisé correspond au maintien d'une entropie faible (l'entropie représentant « l'état de désordre » du système), ce qui nécessite une consommation énergétique.

2. Un eumétazoaire est constitué de différents appareils

L'organisme animal pluricellulaire est constitué d'un ensemble **d'appareils**.

Un appareil est un ensemble **d'organes**, dont le fonctionnement concourt à une tâche commune. Chaque organe étant un ensemble de **tissus** réalisant une (ou parfois plusieurs) fonction physiologique. Un organe est ainsi formé d'une association de **cellules** et de **matrice extracellulaire**.

3. Trois grands ensembles de fonctions biologiques

Les différents appareils de la Vache lui permettent de réaliser les fonctions biologiques indispensables à tout organisme vivant. Dans certains cas, ces appareils présentent des structures ou des fonctionnements adaptés au milieu de vie (= aérien) de la Vache, qui présente des caractéristiques spécifiques.

Les grands ensembles de fonctions biologiques sont :

- La vie de **relation** : ensemble des interactions entre l'organisme et son environnement (abiotique comme biotique), ce qui inclut la locomotion (déplacement de l'organisme dans son milieu) et la perception du milieu.
- La vie de **reproduction** : reproduction sexuée et/ou asexuée de l'organisme.
- La vie de **nutrition** : ensemble des échanges et mécanismes permettant de fournir à l'organisme les molécules et ions dont il a besoin, ce qui inclut l'alimentation, l'excrétion (rejet des déchets de l'alimentation ou du métabolisme), la respiration. La fonction de circulation est directement liée à la vie de nutrition, même si elle intervient aussi dans d'autres fonctions.

II. Les fonctions de nutrition

A. L'alimentation : nutrition carbonée et azotée

Tout organisme doit prélever de la matière dans le milieu, afin de produire sa propre matière, et ainsi grandir (ou renouveler ses structures).

La vache ne sait pas fabriquer sa matière organique à partir de carbone minéral (CO₂) : Elle doit donc prélever de la matière organique dans le milieu pour former ses propres matières organiques (glucides, lipides, protides, nucléotides...) : Elle est **hétérotrophe** (au contraire des végétaux chlorophylliens, qui sont autotrophes grâce à la photosynthèse).

Cet apport en matière organique est réalisé chez la vache à partir d'une **alimentation végétale** : Poacées (graminées : herbes) et petites plantes herbacées (en particulier des Fabacées, ou légumineuses, comme la luzerne, qui lui fournissent un apport important en molécules azotées).

La vache est ainsi un organisme **herbivore (= phytophage)**, en position de **producteur secondaire** (ou consommateur primaire) dans les chaînes trophiques.

En étable, les éleveurs de l'eau, du foin, des tourteaux de colza et de soja, des céréales, des vitamines, des minéraux.

L'alimentation comporte plusieurs étapes successives qui vont permettre la dégradation des matières ingérées en petites molécules absorbables. *De plus, les polymères ingérés par la Vache sont de nature différente de ses propres polymères, et donc « non utilisables » en l'état.*

L'appareil digestif est l'ensemble des organes qui vont concourir à la digestion des aliments ingérés par la vache. Il traverse la vache de part en part, de la bouche à l'anus.

1. Ingestion

Animal phytophage.

La langue est constituée d'une partie mobile (à l'avant de la cavité buccale) et d'une partie fixe (plus en arrière). Chez la vache, elle pèse environ 2kg et mesure environ 30cm de long. Elle est de couleur grise. Elle est très ferme et présente une extrémité pointue.

Elle est recouverte de nombreuses papilles, notamment les papilles filiformes qui lui donnent sa texture très rugueuse.

Lorsqu'elle mange, la vache arrache l'herbe avec sa langue La cavité buccale débouche ensuite sur le pharynx, qui lui-même débouche sur l'œsophage.

2. Digestion

La digestion consiste à décomposer les aliments en particules assez petites pour pouvoir être absorbées. Elle comporte une partie mécanique, et une partie chimique.

La fragmentation mécanique permet d'augmenter la surface au contact des enzymes digestives, et donc l'efficacité de la digestion chimique.

a. Cavité buccale

La **mâchoire supérieure** ne comporte pas d'incisives ni de canines (mais une partie antérieure fortement kératinisée), 3 prémolaires et 3 molaires.

La **mâchoire inférieure**, ou mandibule, comporte 3 incisives coupantes, une canine (incisiviforme), une **barre** (ou diastème ; espace sans dent, caractéristique des herbivores), puis 3 prémolaires et 3 molaires.

Les **glandes salivaires** libèrent de la salive, en réponse (réflexe) à la présence d'aliments dans la cavité buccale. Cette salive permet de débiter la digestion chimique, protège les muqueuses de la bouche contre l'abrasion et lubrifie les aliments (ce qui facilite leur déglutition).

b. Un estomac complexe

Les végétaux sont majoritairement composés de cellulose (sucre complexe, composant majoritaire des parois pectocellulosiques des cellules végétales).

Chez les ruminants la digestion de la cellulose est réalisée dans un vaste « estomac » compartimenté. Quatre chambres se succèdent de l'avant vers l'arrière : la panse (ou rumen), le bonnet (ou réticulum), le feuillet (omasum) et la caillette (abomasum).

La structure histologique montre que seule la caillette est homologue à un vrai estomac (présence de glandes caractéristiques synthétisant HCl et pepsinogène). Les 3 autres compartiments correspondent à une dilatation de la partie terminale de l'œsophage.

La Vache est un animal ruminant : la structure complexe de l'estomac est associée à un parcours du bol alimentaire incluant un « aller-retour ». Le bol alimentaire passe d'abord dans la panse (1^{ère} cavité de l'estomac), avant de revenir dans la bouche pour une

deuxième étape de mastication (la rumination) puis de revenir vers les autres cavités de l'estomac (bonnet puis feuillet et enfin caillette).

L'essentiel de la digestion se déroule ainsi dans la panse, qui est une énorme chambre de fermentation (jusqu'à 250 L chez un bœuf adulte), et qui contient une forte concentration de bactéries ($10^{11}/\text{mL}$) et de protozoaires ciliés ($10^6/\text{mL}$).

3. Intervention d'organismes symbiotiques

Les bactéries et les ciliés de la panse forment le **microbiote du rumen** ; ils jouent un rôle indispensable à la digestion de la Vache. Elle ne possède en effet pas d'enzymes pouvant digérer la cellulose, au contraire de ces microorganismes, qui présentent une **activité cellulolytique anaérobie très importante**.

Ils digèrent aussi la lignine, les composés pectiques, l'hémicellulose.

Les produits terminaux de la fermentation sont des **acides gras à courte chaîne** (acide acétique, butyrique...), du **CO₂** et du **CH₄**. Les acides gras sont **absorbés** directement par la paroi du rumen et utilisés dans le métabolisme énergétique de la vache. Le méthane et l'excès de CO₂ sont éliminés par **éructation**.

La localisation dans l'estomac de la digestion des sucres laisse peu de sucres simples (hexoses) libre dans la lumière intestinale, où leur absorption est très faible.

Remarque: la glycémie des ruminants est environ de moitié inférieure à celle des autres mammifères.

*Les **protéines alimentaires** de l'hôte sont également hydrolysées par les bactéries. Leur désamination libère de l'**ammoniac** dont la plus grande partie (70 à 90%) est incorporé dans la synthèse des protéines bactériennes. Le reste diffuse à travers la paroi du rumen et est conduit jusqu'au foie où il est transformé en urée. Les bactéries sont capables de synthétiser tous les acides aminés essentiels et élaborent plusieurs vitamines du groupe B.*

*L'**urée** est chez les mammifères un déchet du catabolisme azoté prélevé par les reins et éliminé avec l'urine. Mais chez les ruminants elle captée par les **glandes salivaires** et recyclée dans la panse. L'animal produit en effet une salive riche en bicarbonate de sodium et en urée. Cette urée sert de source azotée pour les bactéries.*

Les **protozoaires** présents peuvent aussi dégrader la cellulose et digèrent également l'amidon. Leur source alimentaire essentielle est constituée par les bactéries du rumen qu'ils phagocytent. Ils participent au même titre que les bactéries à l'alimentation azotée du ruminant. Ils jouent un rôle régulateur de la population de bactéries, ce qui améliore son efficacité dans la digestion de la cellulose.

4. absorption

La rumination (régurgitation + remastication) est déclenchée lorsque le rumen est suffisamment rempli d'aliments et de salive.

Les aliments sont alors envoyés vers le **bonnet**, donc la surface alvéolée permet une grande surface de contact avec les aliments : à ce niveau un **tri** est réalisé → seules les particules fines passent vers le feuillet, alors que les éléments plus grossiers repartent vers la panse pour être à nouveau ruminés.

Le **feuillet** est tapissé de lamelles muqueuses parallèles. Les aliments sont à l'état de bouillie lorsqu'ils y arrivent : ils sont comprimés par les lamelles du feuillet, ce qui permet l'absorption de l'eau de la bouillie alimentaire.

La **caillette** est un véritable estomac, pourvu de glandes digestives permettant la sécrétion d'un suc gastrique acide. Cette acidité conduit à la mort des bactéries.

Le suc gastrique est composé d'eau, d'ions, d'acide chlorhydrique et d'enzymes, comme la pepsine, qui dégrade les protéines.

Le **chyme intestinal** (=bouillie intestinale passée par l'estomac ; acide) passe, via le pylore, dans l'intestin grêle, où elle est rejointe par les sucs digestifs issus du pancréas, du foie, de la vésicule biliaire et des cellules glandulaires de la muqueuse intestinale.

Les aliments sont ainsi dégradés en molécules élémentaires par les **enzymes des sucs digestifs**, sécrétés par le pancréas et le foie (pour la bile) :

- lipides : lipases + bile (qui permet l'émulsion des lipides)
- glucides : amylases, maltase...
- protéines : trypsine, pepsine, etc.
- acides nucléiques : ribonucléase, nucléase

Les **nutriments** sont aussitôt **absorbés**, de même que les ions et l'eau. Cette absorption est réalisée au niveau des **entérocytes**, et facilitée par la très grande surface de l'épithélium digestif (repliement en villosités + microvillosités des pôles apicaux des entérocytes).

En moyenne, les intestins mesurent 50m de long (40 pour le grêle et 10 pour le gros). Ils représentent un volume de 30L environ.

Une dernière étape de digestion a lieu dans le gros intestin : des bactéries présentes dans le caecum réalisent des fermentations, qui permettent en particulier d'attaquer à nouveau la cellulose.

Des acides gras volatiles sont produits à ce niveau et absorbés à travers la muqueuse du gros intestin.

5. excrétion

Les aliments non digérés se mélangent à de l'eau et aux bactéries intestinales et sont évacués par défécation. Une Vache produit ainsi des bouses (50 kg par jour, contenant eau, cellulose non digérée et bactéries) et 30 L d'urine.

Le rectum est le segment terminal du gros intestin : c'est à cet endroit que les matières fécales s'accumulent avant d'être expulsées.

B. La respiration : nutrition et excrétion gazeuses

Les cellules de la Vache ont un métabolisme aérobie : elles nécessitent du dioxygène pour réaliser la respiration cellulaire.

Ce dioxygène est prélevé au niveau des poumons (échangeurs respiratoires), puis véhiculé par la circulation sanguine.

L'air extérieur est acheminé jusqu'aux poumons par la trachée artère puis les bronches. Après de nombreuses divisions successives, l'air aboutit aux alvéoles pulmonaires, qui présentent une paroi très fine (et une très grande surface).

Les poumons permettent aussi l'élimination du CO₂, déchet issu de la respiration cellulaire.

La présence d'un échangeur gazeux est rendue obligatoire par la taille de l'animal (la diffusion simple ne pouvant couvrir que 2 mm environ...).

La ventilation pulmonaire est permise par la contraction des muscles intercostaux et du diaphragme (inspiration active ; expiration passive).

Les poumons sont des organes respiratoires adaptés au milieu aérien. Ils sont en effet invaginés, ce qui permet leur soutien et limite la perte hydrique (l'air restant confiné et humide). Leur ventilation bidirectionnelle est possible en milieu aérien du fait de la faible viscosité de l'air. Le renouvellement de l'air n'est pas complet, ce qui diminue l'efficacité de l'extraction du dioxygène, mais n'est pas gênant du fait de la forte teneur en O₂ de l'air atmosphérique (20,6%).

C. La distribution des gaz et nutriments : le système circulatoire

Les gaz respiratoires comme les nutriments doivent être véhiculés du lieu de leur prélèvement à l'ensemble des cellules de l'organisme, qui vont les utiliser (ou les stocker, pour les matières organiques).

Le dioxygène est fixé sur l'hémoglobine contenue dans les globules rouges : cette fixation permet de transporter des quantités plus importantes que sous forme dissoute.

Le CO₂ est transporté soit sous forme dissoute (en particulier sous forme d'ions hydrogénocarbonates HCO₃⁻) ou associé de façon covalente sur l'hémoglobine.

La matière organique est essentiellement transportée sous forme dissoute, ou sous forme de lipoprotéines.

Le sang est mis en mouvement par le cœur : il s'agit d'un muscle creux comportant 4 cavités. Ses contractions propulsent le sang dans deux circulations en série :

- la circulation pulmonaire, du cœur droit au cœur gauche, qui permet l'oxygénation au niveau des poumons.
- La circulation générale, à partir du ventricule gauche, qui propulse le sang vers les organes : les artères se divisent pour alimenter en parallèle les organes en dioxygène.

Les échanges se déroulent au niveau des organes au niveau de vaisseaux de très faible diamètre : les capillaires.

D. L'excrétion azotée

Un animal pluricellulaire doit entretenir le milieu liquide de ses cellules, de ses tissus et ses organes. Cela signifie que les concentrations relatives d'eau et de solutés dans son corps doivent se maintenir dans des limites relativement étroites (c'est **l'homéostasie**).

Cela signifie aussi que les ions (sodium, calcium...) doivent demeurer dans des concentrations qui autorisent l'activité des cellules de l'organisme : l'homéostasie s'accompagne d'une **osmorégulation**, qui inclut la régulation de la quantité d'eau de l'organisme. Le fonctionnement rénal permet ainsi la réalisation de **l'équilibre hydrominéral** de l'organisme.

Dans le même temps, les animaux doivent traiter et éliminer les métabolites toxiques, produits en particulier par la décomposition des protéines et des acides nucléiques. La dégradation des déchets azotés libère ainsi de l'ammoniac, un composé très toxique.

Chez les mammifères, **l'ammoniac est transformé en urée**, une molécule moins toxique : moins d'eau est ainsi nécessaire pour diluer l'urée. La Vache est donc un animal **uréotélique**.

L'élimination des déchets métaboliques, toxiques et azotés est réalisée au sein des reins, qui produisent l'urine grâce à un processus en plusieurs étapes :

- Le sang est filtré, sous l'effet de la pression sanguine, à travers une membrane épithéliale : l'eau et les petits solutés forment une solution appelée filtrat (mais les cellules, protéines et autres macromolécules sont conservées dans le sang).
- Une réabsorption sélective récupère les petites molécules essentielles ainsi que l'eau du filtrat et les retourne au sang. Cette réabsorption met en jeu, en particulier, des transports actifs.
- Le filtrat traité forme l'urine : il est stocké temporairement dans la vessie, puis expulsé hors du corps.

Pour un bovin de 600kg, les reins mesurent 25 cm de long, 12 cm de large et 5 cm d'épaisseur. Ils pèsent 600 à 700g.

L'urine produite dans le rein transite ensuite vers le bassinet, puis rejoint la vessie via les uretères. Depuis la vessie, l'urine va être éliminée en passant par l'urètre.

La vessie est un réservoir accueillant et accumulant l'urine. Suivant le degré de remplissage, le volume et l'épaisseur de la vessie varient fortement. Elle se prolonge par un conduit impair et médian : l'urètre.

III. Les fonctions de reproduction

La reproduction de la Vache est uniquement **sexuée**, et fait intervenir l'accouplement entre un mâle (le taureau) et une femelle (la vache).

A. Les appareils reproducteurs

1. Les gonades : testicules et ovaires

L'**appareil génital du mâle** est constitué de deux testicules (10-12 cm sur 6-8 cm ; 280 g environ), localisés dans les bourses (ou scrotum). Les spermatozoïdes passent du testicule dans l'épididyme, puis le conduit déférent qui se termine par une ampoule (déférentielle).

C'est à ce niveau que se trouvent les glandes annexes : vésicules séminales et prostate.

La spermatogenèse dure 54 jours.

L'urètre est le canal véhiculant le sperme comme l'urine jusqu'au pénis. Il présente un trajet en S qui permet notamment l'allongement du pénis lors de l'érection.

Le pénis a une longueur de 40 à 50 cm et se termine par le gland. Organe copulateur, il s'allonge pour la saillie.

L'**appareil génital de la femelle** est constitué de deux **ovaires** (10-20 g chacun), qui libèrent à chaque cycle un ou deux follicules.

Les tubes utérins sont de fins conduits, formant un entonnoir sur l'ovaire : le pavillon, qui présente un orifice. L'utérus est constitué de deux cornes utérines enroulées et d'un corps court (3 à 4 cm). Le col de l'utérus est long (10-15 cm) et épais (4-5 cm).

2. Les gonades permettent la gamétogenèse

Les **gamètes** sont des cellules haploïdes différenciées, qui ont la capacité de pouvoir fusionner lors de la fécondation, et ainsi permettre la formation d'un nouvel individu diploïde.

La gamétogenèse comporte la **méiose** (division permettant de passer de l'état diploïde à l'état haploïde) et une **différentiation**.

Au sein des **testicules**, les cellules souches germinales (spermatogonies) se multiplient pendant toute la vie de l'animal à partir de la puberté, ce qui permet une production continue de gamètes. La méiose permet l'obtention de spermatides, qui se différencient ensuite en spermatozoïdes.

Au sein des **ovaires**, la multiplication des cellules souches germinales (ovogonies) a uniquement lieu pendant la vie embryonnaire. Les cellules débutent alors la méiose, qui est bloquée en Prophase I : l'ovaire contient ainsi des ovocytes I.

A chaque cycle ovarien, une cohorte de follicules (ovocyte I associé à des cellules folliculaires) se développe. Au moment de l'ovulation, un ovocyte est expulsé de l'ovaire ; ayant repris sa méiose, il a achevé la première division de méiose, et est à nouveau bloqué, au stade ovocyte II, en Métaphase II. C'est cet ovocyte II qui correspond au gamète chez les Vertébrés.

3. Gonades et sécrétions hormonales

En plus de leur rôle exocrine (sécrétion de gamètes), les gonades sont aussi endocrines et sécrètent des hormones sexuelles.

Les cellules de Leydig, situées entre les tubes séminifères dans les **testicules**, sécrètent la **testostérone**.

Chez la **femelle**, les cellules folliculaires sécrètent des **oestrogènes** et de la **progestérone**, qui permettent de réguler la production des gamètes.

La femelle présente un cycle oestrien de 21 jours, spontané, dès l'âge de 6-18 mois.

Le cycle comporte une phase lutéale longue (17-18 jours) qui s'achève par l'oestrus (chaleurs) pendant laquelle l'accouplement peut être réalisé. Une courte phase folliculaire (3-4 jours) se déroule pendant cette période et aboutit à l'ovulation.

Lors d'une **gestation**, le placenta produit des hormones bloquant temporairement le développement des follicules ovariens.

B. La reproduction naturelle

La vache en période de chaleurs voit son comportement se modifier : elle s'alimente moins, se déplace plus, chevauche d'autres vaches et se laisse volontiers chevaucher.

Un taureau peut copuler avec 30 à 40 vaches par an, ce qui peut donc conduire de manière naturelle à la naissance de 15 à 30 veaux par an.

Une fois l'ovocyte fécondé, l'embryon s'implante après 30 à 40 jours : un placenta se met alors en place, qui permet l'alimentation de l'embryon puis du fœtus pendant la gestation qui dure environ 9 mois. Il n'y a en général qu'un veau, d'un poids à la naissance de 18 à 45 kg.

Immédiatement après le vêlage, la vache lèche le veau, ce qui l'incite à la première tétée : le premier lait, ou colostrum, apporte au petit un pool d'anticorps importants pour sa défense immunitaire.

Les léchages maternels se poursuivent pendant toute la lactation. Une vache ne se laisse pas téter par un veau qu'elle ne reconnaît pas.

C. Reproduction et diversité

La méiose est une succession de deux divisions, permettant le passage d'une cellule diploïde avec des chromosomes bichromatidiens (issus de la réplication de l'ADN) à quatre cellules haploïdes avec des chromosomes monochromatidiens. *Dans le cas de l'ovogenèse, un seul gamète est obtenu, les autres cellules dégénérant.*

Elle est source de diversité, grâce à un brassage intrachromosomique (crossing-overs) réalisé en Prophase I, et un brassage interchromosomique réalisé en Métaphase I.

Les gamètes obtenus sont ainsi :

- Semblables : ils possèdent tous un génome haploïde de Vache (même nombre de chromosomes, mêmes gènes localisés aux mêmes endroits).
- Différents : du fait des brassages, les allèles présents ne sont pas les mêmes.

La fécondation consiste en la fusion, aléatoire, de deux gamètes :

- On restaure ainsi un génome diploïde.
- Un nouveau brassage a lieu.

La reproduction sexuée est ainsi un processus :

- Conservatoire : la reproduction entre un taureau et une vache donne un individu de la même espèce.
- Diversificateur : la combinaison d'allèles présents dans le génome du nouvel individu est différent de celle de ses deux parents.

Cette diversification grâce à la reproduction sexuée permet la génération d'individus avec des phénotypes variés : Il est ainsi possible à l'Homme (car la Vache est une espèce domestique, n'existant pas à l'état sauvage) de réaliser un processus de sélection en fonction des caractères recherchés.

IV. Une espèce en interaction avec son environnement

A. La Vache interagit avec son écosystème

La Vache fait partie de l'**écosystème prairie**. Celui-ci, comme tout écosystème, est composé :

- D'éléments **biotiques** (les organismes vivants) : « herbes » de la prairie (Poacées, Fabacées, etc.), petits Mammifères (mulots, etc.), organismes du sol (vers de terre, etc.), Insectes, etc.
- D'éléments **abiotiques** : le sol en lui-même, l'air et les caractéristiques physiques de l'environnement (température, humidité...).

La Vache, en tant qu'espèce, réalise donc une diversité d'interactions avec les autres êtres vivants. Il s'agit de relations **interspécifiques** :

- La Vache est un « prédateur » vis-à-vis des espèces végétales qu'elle consomme.
- La Vache est en coopération avec certains organismes : elle peut s'abriter à l'ombre d'un arbre ; ses déjections enrichissent le sol et donc favorisent le développement de végétaux.

Une vache interagit aussi avec les autres vaches du troupeau. Il s'agit de relations **intraspécifiques** :

- Les vaches se regroupent en troupeau : Il y a attraction mutuelle.

- Ce regroupement peut conduire à des tensions, qui sont limitées par l'existence de relations hiérarchisées (avec animaux dominants et animaux soumis) et des relations d'affinité. La hiérarchie est visible, par exemple, lors des déplacements, qui sont initiés par une vache leadership (qui n'est pas forcément la vache dominante du troupeau).
- Il y a ainsi des interactions agonistiques (= d'affrontement), avec menaces, évitements...
- Et aussi des interactions non agonistiques : léchages, flairages, comportements sexuels (y compris entre vaches).

Ces relations interspécifiques incluent les comportements liés à la reproduction. Toutefois, en élevage, les taureaux sont en général séparés des vaches et des génisses.

B. La Vache en tant qu'écosystème ?

Une vache vit dans un écosystème, mais elle constitue aussi un écosystème avec les organismes qu'elle héberge : il peut s'agir de parasites, mais il s'agit aussi des microorganismes de la panse (et des intestins).

L'association entre les microorganismes et la Vache constitue une **symbiose**, c'est-à-dire une association à bénéfice réciproque :

- L'ingestion alimentaire par la Vache permet de fournir aux microorganismes des éléments nutritifs en abondance, et leur localisation au sein du Mammifère leur confère une forme de protection.
- L'activité métabolique des microorganismes ainsi que le développement de leurs populations fournit à la Vache des composés qu'elle peut digérer ou absorber, et permet ainsi sa nutrition.

Ainsi, une vache constitue un **holobionte**, c'est-à-dire un ensemble constitué par un organisme et les microorganismes (le **microbiote**) qu'il héberge. L'alimentation de la vache, sa nutrition carbonée et azotée, sont explicables par les caractéristiques de l'holobionte Vache, donc en incluant autant les caractéristiques de la Vache que celles apportées par son microbiote et les interactions entre ces partenaires.

C. La Vache est un animal domestiqué

On observe (à partir de squelettes) des traces de domestication depuis 9000 ans, à partir de l'Auroch, un animal massif et agressif. Cette domestication s'est déroulée au Moyen-Orient et en Asie : à partir de faibles populations initiales, l'Homme a sélectionné des individus présentant les caractéristiques lui étant utiles :

- Un comportement placide, non agressif
- Des bonnes capacités de reproduction
- Pour les variétés laitières : une forte production de lait
- Pour les variétés allaitantes (« à viande ») : une musculature développée, en particulier au niveau des pièces « nobles »

1. Une sélection par l'Homme

Cette sélection passe par l'utilisation de la diversité génétique liée à la reproduction sexuée.

Ainsi, dans le cadre des élevages bovins, la reproduction n'est pas naturelle, mais contrôlée par l'Homme. Il peut s'agir d'une reproduction par accouplement ou par insémination artificielle.

2. La diversité des races bovines

De très nombreuses races existent, sélectionnées par l'Homme sur la base de critères de production. On distingue en général trois grandes catégories :

- Races laitières : forte production de lait, utilisé pour la consommation directe ou la réalisation de fromages.
- Races allaitantes : carcasse avec une forte proportion de viande, en particulier dans le quart arrière (partie la plus recherchée de l'animal). En général, croissance assez rapide.
- Races mixtes : bonnes laitières dont la carcasse se prête bien à une exploitation bouchère. Dans certains cas, on peut alterner au cours de l'année une utilisation allaitante (production d'un veau destiné à la boucherie) puis laitière une fois le veau sevré.

V. Un animal en relation constante avec son environnement interne et externe

A. Perception des stimuli et mouvement

La survie d'une vache dans son environnement implique la capacité de l'organisme à détecter les différents stimuli de cet environnement, afin de pouvoir y réagir de manière adaptée.

De même, une vache est capable de détecter et quantifier des paramètres internes à l'organisme, qui sont autant de stimuli.

1. Des organes des sens variés

Oreille : audition.

Le domaine auditif est plus étendu que chez l'Homme. Les oreilles sont mobiles.

Nez : olfaction.

C'est le sens le plus important chez les bovins, à la base de l'organisation sociale du troupeau.

Les yeux : la vue.

La vision des couleurs n'est pas parfaite : bonne dans les rouges, mais mauvaise dans les bleus, par exemple. La position des yeux permet un champ de vision très large.

Langue : goût.

Permet la reconnaissance des aliments.

Peau : toucher.

Par des mécanorécepteurs.

Cette sensation fait partie de la somesthésie : perception des sensations, tant externes (température par exemple) qu'internes (douleur par exemple).

2. Un système nerveux central intégrateur

Le système nerveux comprend 2 ensembles :

- SNC - **système nerveux central** : encéphale et moelle épinière
- SNP - **système nerveux périphérique** : nerfs crâniens et rachidiens.

Les nerfs peuvent véhiculer des informations de la périphérie vers le SNC (nerfs sensoriels), ou au contraire transmettre les commandes issues du SNC. Les nerfs sont constitués de faisceaux d'axones (les corps cellulaires ne sont présents que dans le SNC et les ganglions rachidiens).

Le SNC, et en particulier l'encéphale, possède de nombreux neurones interconnectés : ces connections multiples permettent de réaliser une intégration. A partir de multiples messages reçus par un neurone, un seul train de potentiel d'actions est émis.

3. Un animal capable de mouvement**a. Le squelette**

La réalisation d'un mouvement musculaire nécessite des **points d'ancrage** des muscles, permettant la déformation de parties du corps : c'est le **squelette** qui permet cet ancrage.

Le squelette de la Vache est un **endosquelette ossifié**. On distingue trois grands ensembles :

- squelette **céphalique** ou crâne (neurocrâne autour de l'encéphale et splanchnocrâne qui soutient les cavités buccales et pharyngiennes)
- squelette **axial** : colonne vertébrale, dans le tronc et la queue. Protège la moelle épinière.
- squelette **appendiculaire** : squelette des membres associé à la colonne vertébrale via des ceintures.

Le squelette réalise en réalité trois fonctions :

- **mouvement** (ici : réduction du nombre de doigts et allongement des membres, en adaptation à la course quadrupède)
- **soutien** de l'organisme
- **protection** de certains organes

b. Muscles et locomotion

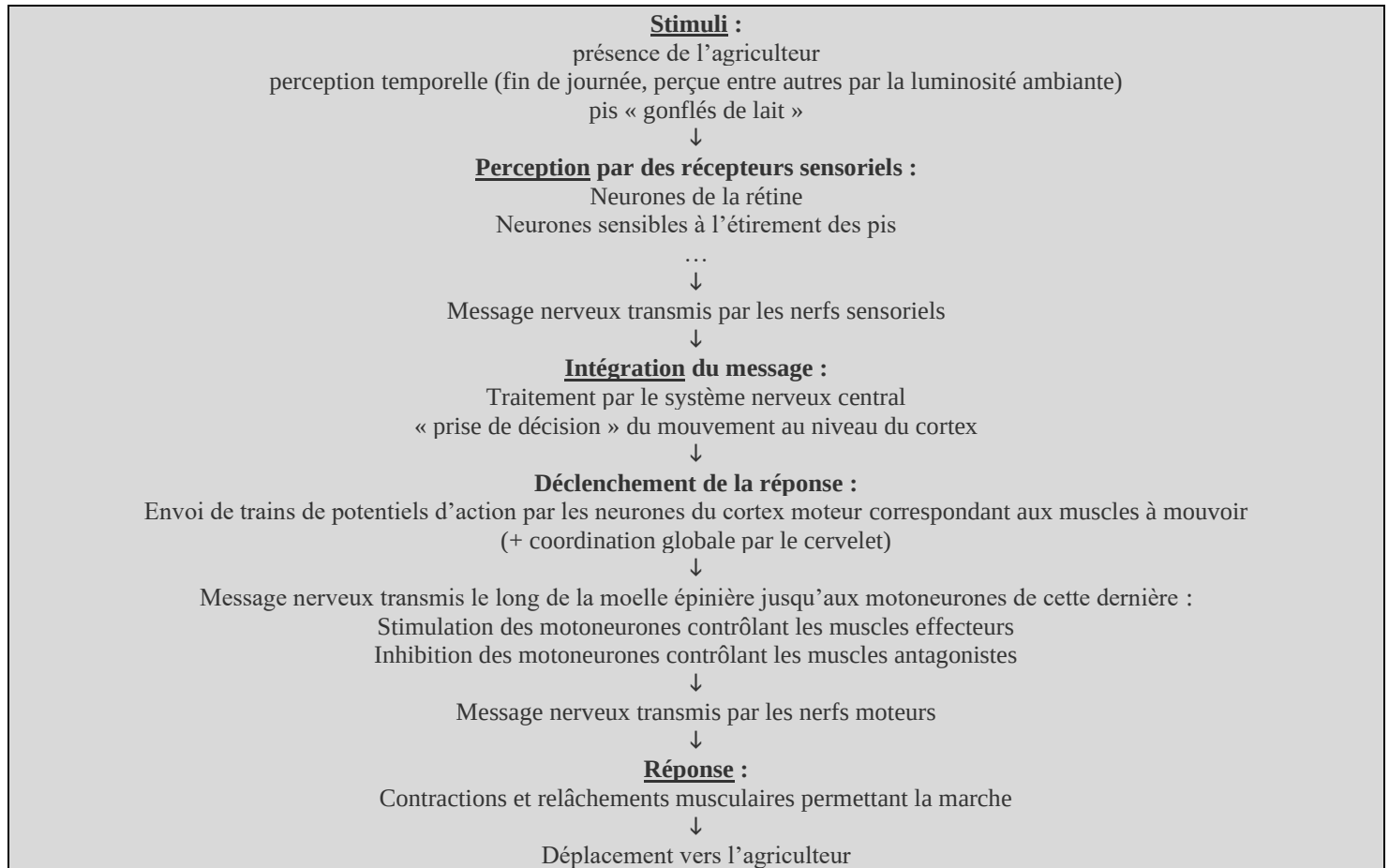
Les **muscles** sont des organes **contractiles**, responsables du mouvement des éléments auxquels ils sont reliés. Il existe deux grands types de muscles : les muscles lisses et les muscles striés. Les **muscles striés** permettent le mouvement des os entre eux, leur contrôle est volontaire. Les **muscles lisses** permettent les mouvements involontaires comme ceux des intestins par exemple.

La contraction des muscles striés squelettiques permet le mouvement relatif de différents éléments osseux, et ainsi le **déplacement** (membres) ou le **mouvement** d'une partie du corps (tête, mâchoire, queue, etc.)

4. De la perception à la réponse : exemple d'un déplacement orienté

Une variation des paramètres physico-chimiques du milieu peut ainsi être perçue par la Vache, ce qui peut entraîner une réponse de celle-ci.

On peut prendre l'exemple de Vaches s'approchant de l'agriculteur venu pour la traite du soir :



B. Le tégument, « délimitation » de l'organisme

Le tégument, ou peau, des Vertébrés forme un revêtement externe sur l'ensemble de la surface du corps.

Il est constitué :

- D'un **épithélium** : l'épiderme
- D'un **conjonctif** : le derme et l'hypoderme

La présence d'un épithélium permet de limiter les échanges au niveau du tégument, et donc le maintien d'une composition du milieu intérieur différente de celle de l'environnement.

Il protège des agressions extérieures, limite la perte hydrique et participe à la régulation thermique et à la perception du milieu.

L'épiderme des Mammifères comporte une assise générative qui produit de manière continue des cellules qui se différencient en se chargeant de kératine : On obtient au final un ensemble de cellules mortes (la couche cornée), kératinisées, qui permettent une **protection mécanique** contre les agressions extérieures : agressions mécaniques, pathogènes, parasites...

La Vache est un **homéotherme** : c'est un organisme qui régule sa température (constante vers 38-39°C). Le tégument joue un rôle important dans cette thermorégulation :

- Le tissu adipeux de l'hypoderme est un isolant thermique, limitant la perte de chaleur ;
- Les poils permettent de former une couche d'air stagnant au contact du corps de l'animal, ce qui étire le gradient thermique et limite là aussi la perte de chaleur ;
- *Les glandes sudoripares permettent, en cas de fortes chaleurs, une sudation qui facilite la perte de chaleur (en association avec le halètement).*

C. Une régulation des paramètres internes

1. L'homéostasie

Comme tout Mammifère, la Vache présente une forte **homéostasie**, c'est-à-dire une constance régulée de ses paramètres internes. Cette homéostasie fait intervenir des capteurs internes (détection de la glycémie, de la calcémie, de la température, de la pression artérielle...) et des systèmes de communication (hormonale ou nerveuse) permettant d'induire un comportement métabolique des cellules de l'organisme permettant de maintenir la stabilité de ces paramètres.

Homéostasie : maintien des variables du milieu extracellulaire (= milieu intérieur) autour de valeurs de consignes relativement stables (équilibre dynamique) grâce à l'intervention de systèmes de régulation.

2. Un exemple de régulation : la glycémie

La **glycémie** (= taux de glucose dans le sang) de la vache est de 0,55g/L et doit être maintenue constante (valeur de consigne).

Cette régulation se réalise par **voie hormonale** : Emission de molécules qui diffusent dans le sang et vont se fixer sur certaines cellules dont elles modifient l'activité. Les cellules émettrices sont qualifiées d'endocrines, et les cellules réceptrices sont les cellules cibles à l'hormone.

Dans le cas de la régulation de la glycémie, deux hormones de nature protéique interviennent : **L'insuline** (hypoglycémiant) et le **glucagon** (hyperglycémiant), qui sont d'origine pancréatique.

L'adrénaline peut aussi avoir un effet hyperglycémiant, dans le cadre de la réponse au stress ou à un effort physique.

Le glucagon est émis en cas d'hypoglycémie et permet de libérer dans le sang le glucose qui était stocké dans le foie (le foie peut aussi fabriquer du glucose à partir d'autres molécules organiques). L'insuline est émise en cas d'hyperglycémie et permet de mettre en réserve une partie du glucose dans le foie (et les muscles) et de privilégier l'utilisation du glucose comme métabolite énergétique.

VI. Conclusion : similarités entre Métazoaires

L'étude des Bovidés, par l'exemple de la Vache, nous a permis de mettre en évidence comment un organisme Métazoaire pouvait réaliser les grandes fonctions biologiques qui lui sont nécessaires.

Tous les Métazoaires sont ainsi capables de réaliser ces fonctions biologiques.

Dans le cas d'organismes phylogénétiquement proches de la Vache, ces fonctions sont en général réalisées de manière **homologue**. L'Homme et la Souris, qui sont des Mammifères, réalisent ainsi une respiration pulmonaire, se déplacent grâce à des membres ayant la même structure que ceux de la Vache (membres chirodiens des Tétrapodes), présentent une homéostasie, etc.

Toutefois, certaines fonctions peuvent présenter des **différences**. C'est le cas des processus liés à l'alimentation, par exemple : L'Homme comme la Souris ne ruminent pas !

Des organismes appartenant à des taxons plus éloignés peuvent réaliser ces fonctions biologiques de manière analogue ou pas.

Par exemple, en milieu aérien, la réalisation d'échanges gazeux grâce à un appareil spécifique nécessite que celui-ci soit internalisé, ce qui conduit à un certain degré de **convergence évolutive** :

- Les araignées (Arthropodes Arachnides) sont des animaux aériens, qui respirent grâce à un organe internalisé, appelé « poumon » par analogie avec le poumon des Vertébrés, mais présentant une structure et un fonctionnement totalement différent.
- L'appareil trachéen des Insectes (Arthropodes Antennates Hexapodes) est formé de structures invaginées à partir d'orifices portés par la cuticule latérale du thorax et de l'abdomen.

Du même manière, les pattes des Vertébrés Tétrapodes et des Arthropodes correspondent à une **homoplasie** et ne sont pas homologues. Tout comme nombre d'animaux aquatiques se déplacent grâce à des nageoires, correspondant à des palettes natatoires qui répondent bien aux contraintes liées à la densité du milieu aquatique, mais dérivent de structures très différentes.

Les modalités mises en œuvre par les Métazoaires pour réaliser leurs grandes fonctions biologiques dépendent ainsi :

- De leur **plan d'organisation**, correspondant à leur taxon d'appartenance. Les caractéristiques de leurs structures anatomiques, comme des processus physiologiques associés, dépendent donc de l'histoire évolutive de l'espèce en question. *Tous les Tétrapodes actuels possèdent des membres à 5 doigts de manière ancestral, car possédant un ancêtre commun qui possédait 5 doigts à chaque membre.*
- De caractéristiques liées à leur **mode de vie**. *Par exemple, la dentition d'une Vache (phytophage) sera différente de celle d'un Carnivore. Au contraire, les taupes et les rats-taupes possèdent des pattes antérieures fouisseuses par évolution parallèle, tout comme les Oiseaux, Chiroptères et Insectes possèdent des ailes par convergence.*
- Des caractéristiques de leur **milieu de vie**. *Ex : branchies en milieu aquatique, structures invaginées en milieu aérien pour la respiration.*