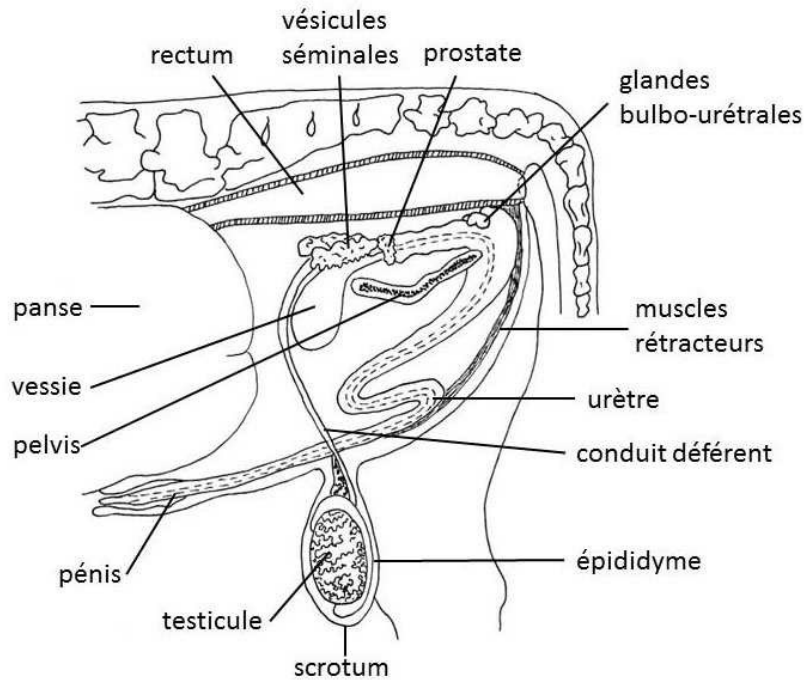


II L'organisme est capable de se reproduire

A/ Les appareils génitaux produisent les gamètes

1. L'appareil génital du taureau produit des spermatozoïdes

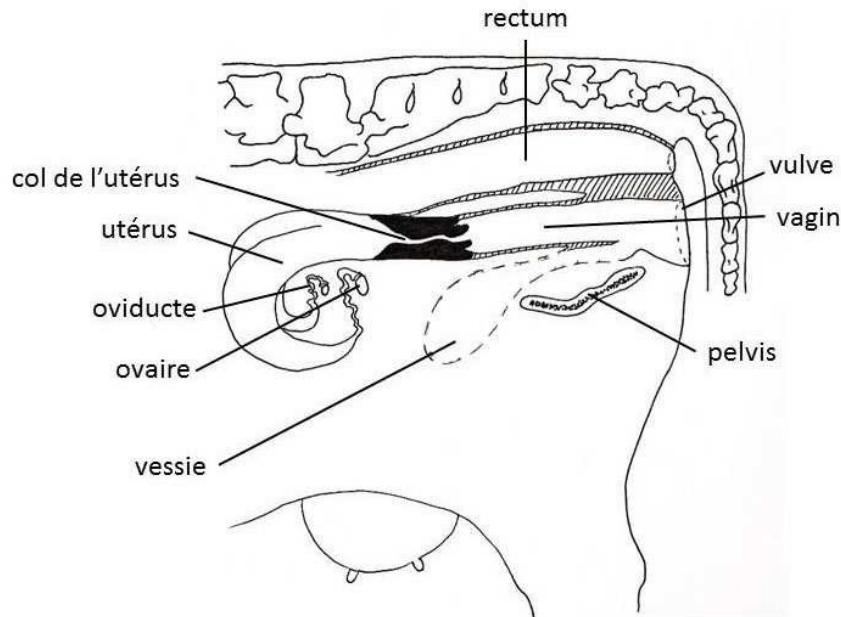
Chez le taureau, un éjaculat a un volume de 3 à 5ml et contient environ 6 milliards de spermatozoïdes. L'ensemble de la gamétogenèse est sous contrôle hormonal : les testicules produisent de la testostérone, sous le contrôle de l'**axe hypothalamo-hypophysaire**



L'appareil urogénital du taureau

2. Production cyclique d'ovocytes par la femelle

Le cycle œstral est caractérisé par l'apparition périodique, avant l'ovulation, d'un comportement d'œstrus, ou chaleurs. Par convention, l'œstrus, facilement repérable du fait du comportement de la vache, marque le début du cycle, d'une durée de l'ordre de 21 jours. L'ovulation a lieu au début du cycle œstral.



Appareil urogénital de la vache

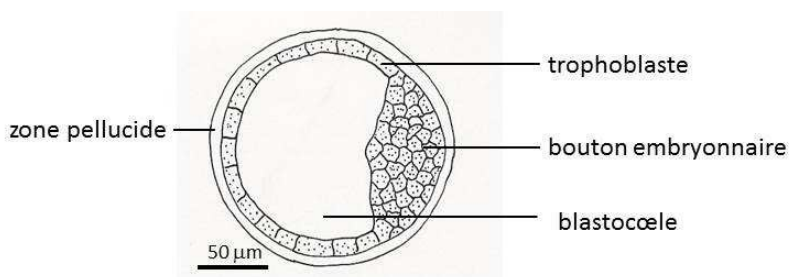
Les hormones ovariennes synchronisent l'activité cyclique de l'utérus à celle des ovaires. En l'absence de fécondation, le corps jaune régresse, la muqueuse utérine est détruite, sans hémorragie, et la vache entame un nouveau cycle. Les cycles sont indépendants des saisons chez la vache et se succèdent toute l'année tant qu'il n'y a pas de gestation.

B/ Rencontre des gamètes et développement dans les voies femelles

1. Accouplement et fécondation

L'œstrus est de courte durée chez la vache mais intense. Le taureau détecte l'œstrus grâce à la libération de phéromones à partir des sécrétions vaginales, la communication auditive et visuelle. Lors de l'accouplement, le taureau dépose son sperme au fond du vagin de la vache. Les spermatozoïdes remontent les voies génitales femelles, et la fécondation survient dans la trompe. La cellule-œuf en résultant progresse vers l'utérus en se divisant.

2. Progestation et nidation



Quatre jours après l'ovulation, un **embryon** de 16 à 32 cellules atteint l'utérus. Il s'y développe à l'état libre pendant une quinzaine de jours. La **progestation** correspond à cette période pendant laquelle l'embryon est libre dans l'utérus. La longueur de la progestation nécessite d'une part un système particulier d'apport des nutriments puisque l'embryon n'est pas relié à la circulation maternelle, et d'autre part, un mécanisme de signalisation du début de la progestation : l'embryon est nourri par des sécrétions utérines. D'autre part, il secrète une protéine appelée **trophoblastine**

qui empêche la lyse du corps jaune, ainsi que l'**hormone lactogène placentaire** qui stimule la production de progestérone par le corps jaune, indispensable au maintien de la gestation.

Pendant la progestation, les divisions cellulaires de l'embryon se poursuivent jusqu'au stade **blastocyste**, atteint 9 jours après l'ovulation. A ce stade, l'embryon présente une cavité centrale, le **blastocœle**, et comprend deux catégories de cellules, le **trophoblaste**, à la périphérie, qui participera à la formation du **placenta**, et un amas cellulaire interne, le **bouton embryonnaire**, qui sera à l'origine des feuilletts embryonnaires, **endoderme**, **mésoderme** et **ectoderme**.

Une vingtaine de jours après l'ovulation, le blastocyste s'implante sur la muqueuse utérine, c'est la nidation. L'enveloppe la plus externe de l'embryon entre en contact avec la muqueuse utérine au niveau de zones discontinues, appelées **placentomes**, sortes de boutons pressions dont la partie maternelle s'appelle **caroncule** et la partie embryonnaire **cotylédon**. On compte 50 à 100 placentomes de 3 à 5 cm de diamètre chez la vache.

3. Gestation et placenta

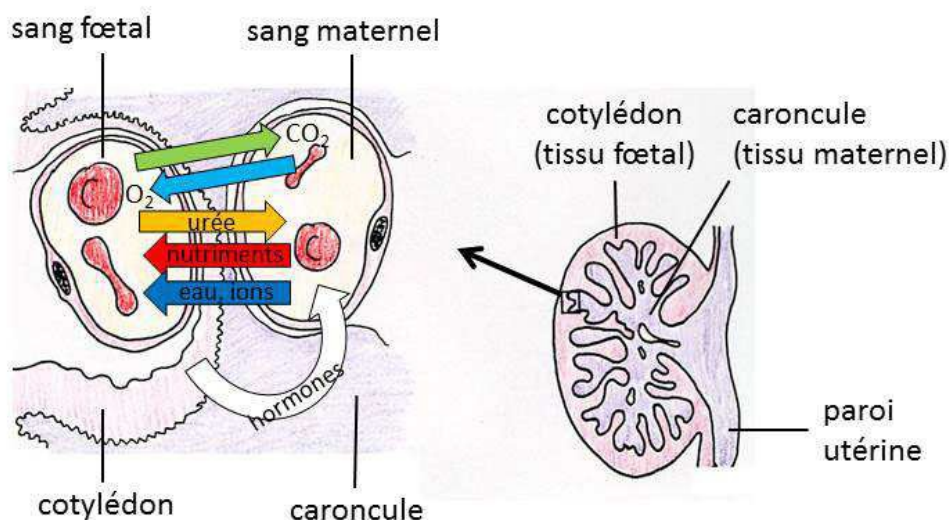
Une fois implanté, l'embryon se développe «en parasite» de la mère. La durée moyenne totale de la gestation chez la vache est de 280 jours (9 mois environ).

a) Les fonctions du placenta

Le placenta permet le **transfert des nutriments**, des ions, du dioxygène, de la mère vers le foetus, et le transfert des déchets du métabolisme (CO₂, urée...) en sens inverse.

Il assure la **protection de l'embryon** contre les infections et les substances toxiques. Chez la vache, la barrière placentaire est imperméable aux anticorps, le veau ne bénéficie donc pas de l'immunité maternelle.

Enfin, le placenta produit des **hormones stimulant le maintien de la gestation**, dont l'hormone lactogène placentaire. Chez la vache, le placenta ne prend le relai du corps jaune pour la sécrétion de la progestérone qu'à la fin de la gestation, au 200e jour.



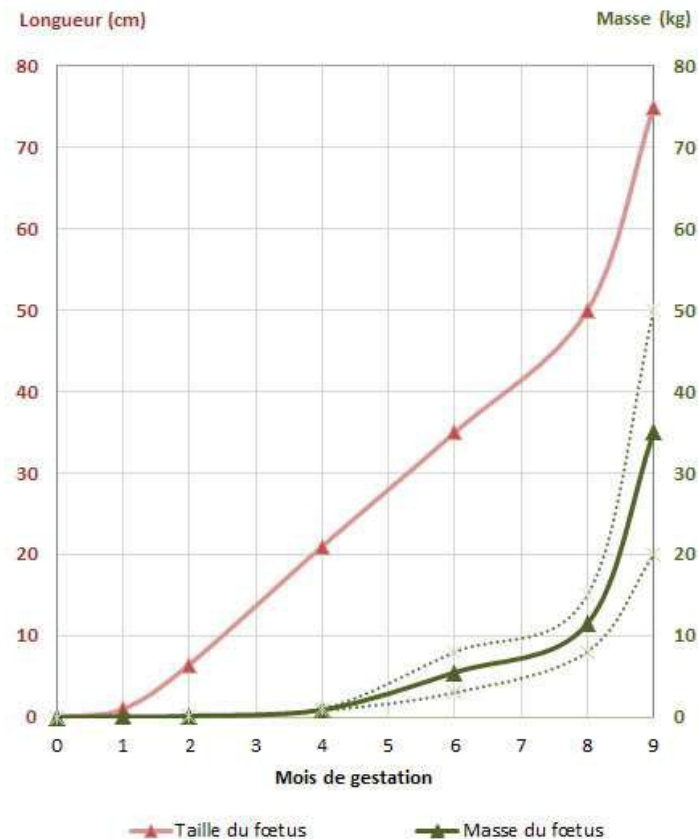
Echanges au niveau d'un placentome. Les placentomes sont des sortes de boutons pressions dont la partie maternelle s'appelle caroncule et la partie embryonnaire cotylédon.

b) Les étapes du développement

On distingue deux périodes dans le développement :

- La **période embryonnaire**, au cours de laquelle les principaux organes se forment. Elle s'achève entre le 42^e et le 45^e jour de gestation chez la vache.
- La **période foetale** au cours de laquelle les organes ne subissent que des phénomènes de maturation.

Chez la vache la croissance du fœtus débute très lentement, elle s'effectue principalement dans le dernier tiers de la gestation, où elle s'accélère de façon exponentielle.



Evolution de la taille et de la masse du fœtus au cours de la gestation chez la vache. Les courbes en pointillés correspondent aux masses minimales et maximales du fœtus, selon la race.

4. Parturition

Le **vêlage** dure quelques heures. Il débute avec le déclenchement de contractions utérines régulières et la dilatation du col de l'utérus. Le veau se présente avec les pattes antérieures vers l'avant et progresse à travers le canal pelvien puis traverse le canal vaginal. Son **expulsion** est accompagnée de la rupture des membranes qui l'entourent.

Après l'expulsion du veau, les contractions utérines continuent et aident à détacher et expulser le placenta, c'est ce qu'on appelle la **délivrance** en élevage. Le veau tient debout quelques heures après sa naissance.

La perte du placenta à la naissance prive le fœtus d'une source d'oxygène et de nutriments. Sa survie dépend de la maturité des organes fœtaux qui doivent assurer ces fonctions. Il est donc important que la naissance survienne à un terme approprié.

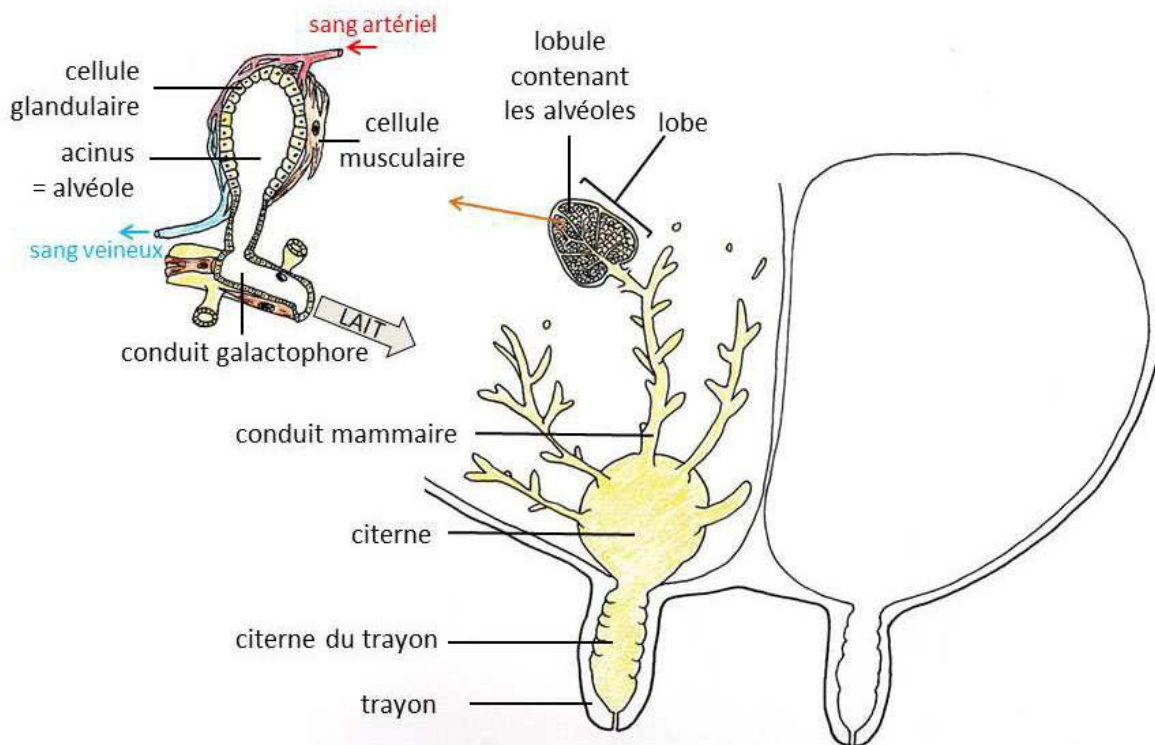
Pendant toute la gestation, le **taux élevé de progestérone** inhibe les contractions du muscle utérin. La reprise de l'**activité contractile du muscle utérin** est déclenchée par un changement hormonal. La **sécrétion de cortisol par le fœtus** augmente de façon importante dans les 48 heures précédant la parturition. Le cortisol modifie la production des hormones par le placenta avec une chute de la production de progestérone. C'est donc le fœtus qui déclenche la parturition quand il a atteint un certain stade de maturité.

C/ La lactation

1. Organisation de la glande mammaire

La vache possède 4 mamelles, ou **glandes mammaires**, volumineuses et organisées en un organe unique, le pis, terminées par un trayon. Chaque glande mammaire a la structure d'une glande en grappe, et constitue une entité fonctionnelle indépendante.

Les cellules glandulaires sont regroupées en acini. Le lait sécrété dans la lumière de l'acinus est évacué par un des conduits qui confluent dans une citerne, d'une capacité d'un litre chez la vache. Les acini et les conduits sont entourés de cellules contractiles qui permettent l'expulsion du lait.



La glande mammaire, une glande acineuse complexe

2. Production de lait

Au cours de la deuxième moitié de la gestation, le tissu glandulaire se développe. Le développement est pratiquement complet au moment de la naissance du veau. La glande est alors fonctionnelle mais sa capacité de synthèse est faible ; elle augmente fortement après la première tétée.

Pendant un ou deux jours après la naissance, un liquide jaunâtre, le colostrum, est sécrété. Il est constitué essentiellement de protéines, et fournit au jeune les anticorps de la mère avant que ses propres défenses immunitaires ne soient fonctionnelles.

Le lait est synthétisé par l'acinus mammaire à partir d'éléments simples provenant du sang.

- les acides gras sont synthétisés au niveau de l'appareil de Golgi, à partir des acides gras volatils issus du rumen.
- les caséines (protéines) sont polymérisées dans le REG et phosphorylées dans l'appareil de Golgi.
- le lactose est synthétisé dans l'appareil de Golgi à partir de galactose et de glucose.

Composants	g/L
Eau	905
Matière grasse, dont :	36-40
Glycérides	36
Phospholipides	0,4
Stérols	0,1
Matières azotées, dont :	33
Caséines	27
Protéines solubles (globulines, albumines...)	5
Substances azotées non protéiques	1
Lactose	48-50
Sels minéraux, dont :	7-8
Calcium (associé aux caséines)	1,25
Phosphore	1
Potassium	1,5
Sodium	0,5
Magnésium	0,1
Chlore	1

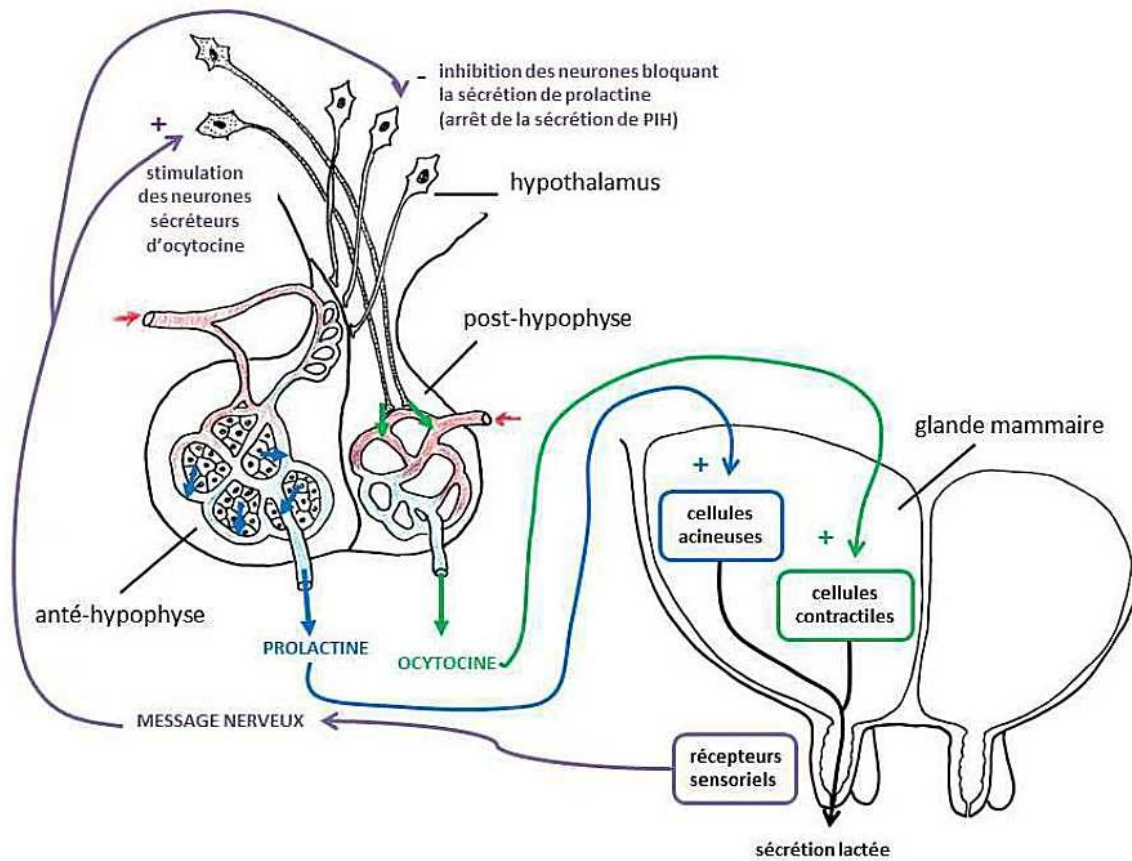
Composition du lait

3. Contrôle hormonal

La **tétée** par le veau ou la traite sont à l'origine de stimulations des récepteurs sensoriels du trayon, qui émettent des messages nerveux transmis aux cellules neurosécrétrices de l'hypothalamus.

- Les neurones de l'hypothalamus sécrètent la PIH (Prolactine Inhibiting Hormone) et ainsi bloquent la sécrétion de **prolactine**. Ils sont ici inhibés, l'antéhypophyse sécrète alors de la prolactine.
- D'autre part, les neurones producteurs d'**ocytocine** sont stimulés, ce qui provoque la sécrétion de cette hormone au niveau de la posthypophyse.

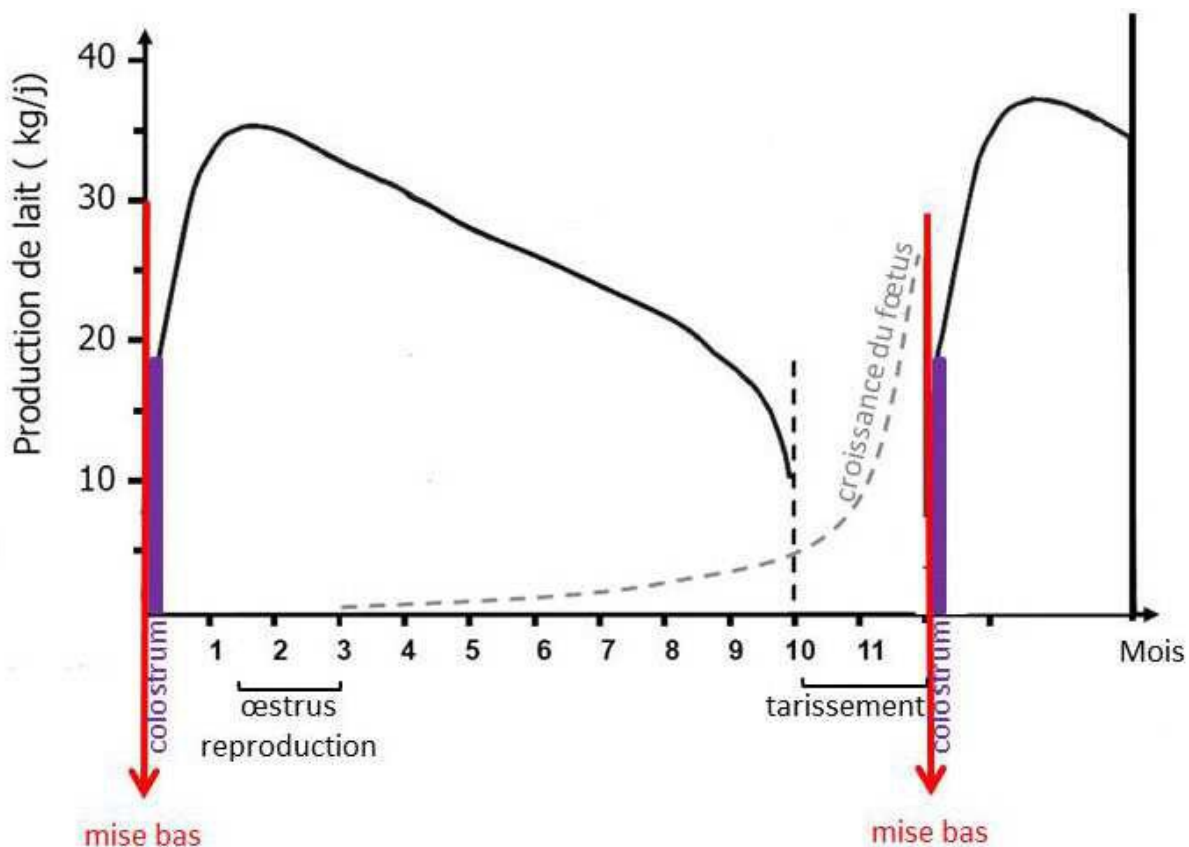
La prolactine stimule les cellules sécrétrices des acini mammaires, tandis que l'ocytocine stimule les cellules contractiles qui permettent l'éjection du lait.



D/ Une reproduction maîtrisée par l'homme

1. Fréquence de reproduction des vaches laitières

Une production intensive de lait implique que les vaches laitières donnent naissance à un veau chaque année. Après la mise-bas, le veau est allaité quelques jours par la mère, et consomme le colostrum, puis il en est séparé. Les veaux femelles sont élevés pour le renouvellement du cheptel, tandis que les veaux mâles sont destinés à la boucherie. Le lait de la vache est alors collecté de façon mécanisée, par deux traites par jour.



Rythme annuel de vêlage et de lactation d'une vache laitière. Le colostrum, non commercialisable, est récolté pour être donné au veau.

Le premier œstrus survient entre un et trois mois après la mise-bas (œstrus post-partum), la vache est alors à nouveau fécondée, alors que la production de lait se poursuit pendant 9 à 10 mois après la mise bas.

L'arrêt de la traite 10 mois après la première mise-bas entraîne l'arrêt de la production de lait, ou tarissement. Ce repos de 2 mois précédant le vêlage suivant permet le remodelage du tissu mammaire (dont les anciens acini disparaissent alors que de nouveaux se forment) et la croissance du fœtus.

2. Insémination artificielle

L'**insémination artificielle** est utilisée en France depuis les années 1940. Aujourd'hui, 90 % des élevages de vaches laitières utilisent l'insémination artificielle et, dans chacun d'eux, au moins 85 % sont inséminés.

Le sperme de taureaux sélectionnés est recueilli et sa qualité est analysée. La dilution de sperme permet d'augmenter le nombre de doses obtenues à partir d'un éjaculat (300 doses ou **paillettes** - petit tube très fin d'un volume de 0,25 ml - par éjaculat). Une paillette de sperme de taureau contient environ 12 millions de spermatozoïdes et peut être conservée à long terme par congélation dans l'azote liquide.

L'observation du troupeau par l'éleveur permet de détecter les vaches en œstrus. Une insémination artificielle est réalisée dans les heures qui suivent, par dépôt du sperme dans l'utérus.

Ce type de reproduction permet d'optimiser le rythme de vêlage, la vache étant inséminée dès le premier œstrus post-partum. Une deuxième insémination est réalisée lors de l'œstrus suivant en cas

d'échec de la première insémination artificielle. Une insémination naturelle n'est tentée en dernier recours qu'après un nouvel échec.

De plus, l'insémination artificielle évite l'élevage coûteux d'un taureau, et permet de diversifier les reproducteurs mâles, en sélectionnant les caractères recherchés, adaptés aux caractéristiques de chaque vache.

3. Sélection des caractères

La **sélection** animale consiste à essayer de favoriser l'expression de caractères désirés et d'éliminer les caractères indésirables en accouplant les individus adéquats puis en sélectionnant leurs meilleurs descendants. On isole alors des variétés présentant un ensemble de caractères jugés favorables en vue de leur exploitation par l'homme.

On distingue des **caractères qualitatifs** (couleur de la robe, présence ou absence de cornes, sensibilité aux maladies...) et des **caractères quantitatifs** (quantité et composition du lait, vitesse de croissance, intervalle entre les vêlages ...). Les vaches actuelles sont le résultat d'une **domestication** et de sélections successives réalisées par l'homme.

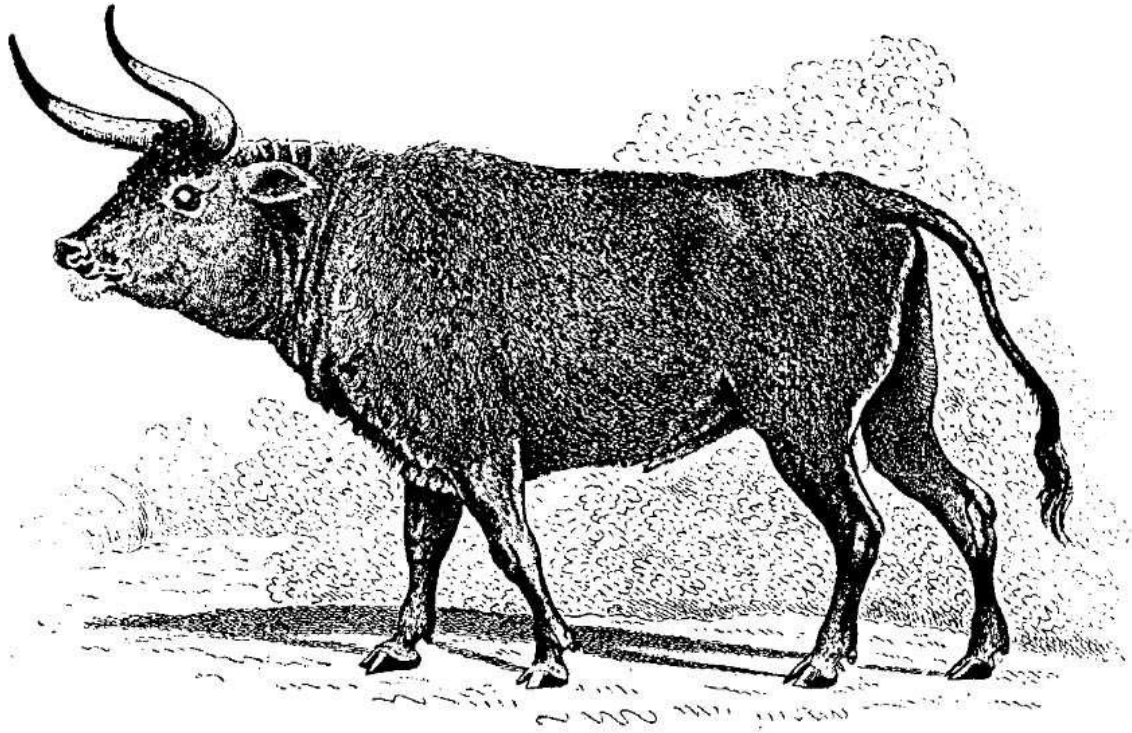
Aujourd'hui les bovins ne sont plus utilisés comme animaux de trait. Les cornes, dont on se servait pour lier les animaux au joug, n'ont plus d'utilité pour l'homme. De plus, elles peuvent occasionner des blessures entre animaux au sein du troupeau, ou de l'éleveur. On pratique donc l'écornage qui est l'ablation traumatisante des cornes réalisée chez le veau. Une alternative est l'utilisation de reproducteurs porteurs de l'allèle dominant « sans cornes », originaire de races bovines anglo-saxonnes. La pratique, généralisée aux Etats-Unis, est encore peu répandue en France. Un programme d'introduction de l'allèle « sans cornes » existe pour la race Charolaise depuis 1994, et l'allèle commence aussi à être diffusé dans les races Limousine et Salers.

a) Domestication au Néolithique

Les données d'archéozoologie et de génétique montrent que des bovins ont été domestiqués pour la 1ère fois à partir de l'**aurochs**, *Bos primigenius* au Proche-Orient, dans le Croissant fertile, il y a environ 8 à 10.000 ans.

L'analyse du génome mitochondrial suggère que tous les bovins européens descendent de ces premiers individus. Les aurochs sauvages ont subsisté en Europe jusqu'au Moyen Âge, le dernier individu ayant été tué en Pologne en 1627

L'aurochs se distingue des bovins domestiques par une taille et une masse supérieures (1000 kg), de grandes cornes en spirale, un dimorphisme sexuel marqué, des mamelles discrètes chez les femelles, et un caractère peureux, voire agressif s'il est attaqué.



Aurochs représenté sur le tableau d'Augsburg, peinture datant du premier quart du XVI^e siècle

A partir de captures dans la population sauvage, les individus porteurs de caractéristiques recherchées (production, mais aussi aptitude à la vie en captivité, docilité...) ont été retenus comme reproducteurs. Cet élevage sélectif a été mené pendant de très nombreuses générations : la domestication a été un long processus.

Les bovins ont été élevés pour leur lait, viande et cuir, mais aussi et **surtout pour leur fumier et comme bêtes de trait**. Les variations observables parmi les 800 races de bovins d'élevage actuels sont bien plus grandes que celles qui existaient chez l'espèce sauvage ancestrale.

Les principaux moteurs de cette diversification sont l'expansion démographique permise par l'association avec l'homme, la sélection par l'homme des individus présentant une **nouveauté phénotypique** due aux mutations, et la diversité des modes d'utilisation des bovins. Ainsi, les changements qui se sont produits dans le nombre et l'organisation des gènes ont pu modifier la biologie du bétail, notamment sa reproduction, son immunité, sa lactation et sa digestion.

b) Techniques modernes d'amélioration

Jusqu'au XVIII^e siècle, les bovins sont **principalement élevés comme auxiliaires de l'agriculture, pour leur fumier et comme bêtes de trait**. La production de viande résulte des animaux réformés, et la production de lait n'est développée qu'aux alentours des grandes villes.

La diversité des régions françaises, et le peu d'échanges entre elles entraînent la constitution de populations locales adaptées aux conditions écologiques. L'orientation de chaque race est alors déterminée par les spécificités agricoles locales.

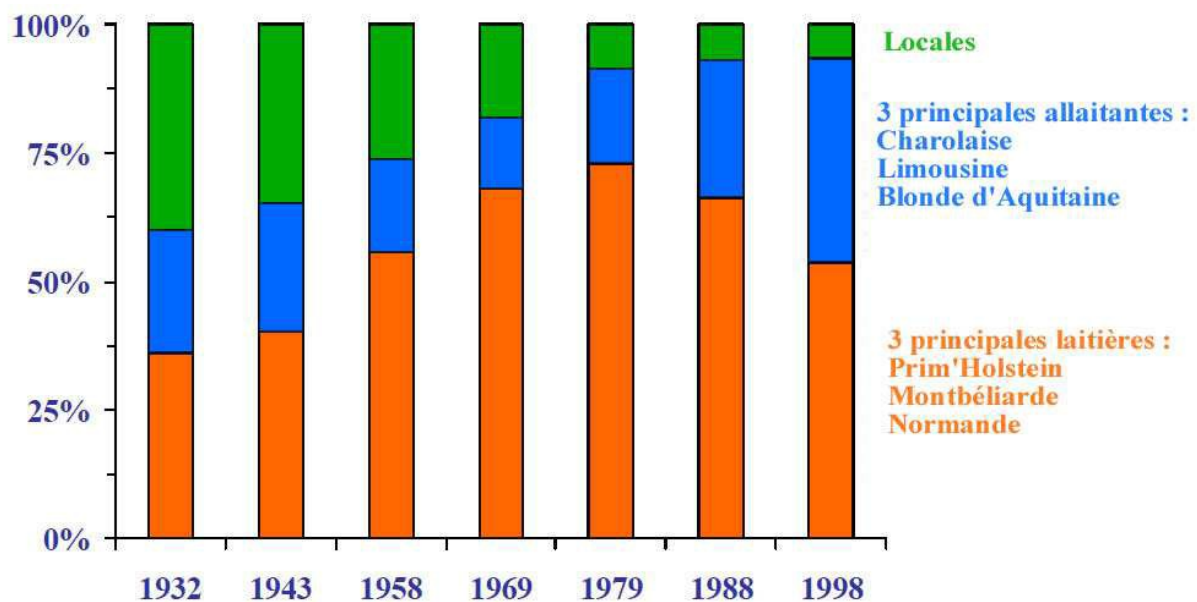
Dès la fin du XVIII^e siècle, des bœufs blancs réputés pour la production de viande sont élevés en Saône-et-Loire, ils seront à l'origine de la race Charolaise, tandis que des races laitières

permettent la production de beurre en Normandie ou de fromage en Franche-Comté et préfigurent respectivement les races Normande et Montbéliarde.

A partir de la moitié du XIXe siècle, une sélection plus raisonnée, s'appuyant sur l'identification des reproducteurs et la tenue de livres généalogiques des races, ainsi que l'apparition de concours agricoles permet de définir le standard de différentes races qui sont alors réparties en trois groupes : « laitières », « viande et travail » et « triple aptitude ».

Ces groupes ont été redéfinis suite à la disparition de la traction animale, on distingue aujourd'hui les races laitières spécialisées, les mixtes (viande et lait), les races à viandes et les rustiques, destinées à un élevage extensif. Les races à viande et les rustiques sont dites races allaitantes car la mère allaite son petit, alors qu'elle en est séparée dans les jours qui suivent la naissance pour les races laitières.

Après la seconde guerre mondiale, des techniques modernes de reproduction et d'amélioration génétique sont mises en œuvre, la spécialisation des races s'accroît, et leur diversité diminue.



Evolution des effectifs des différentes races de vache au cours du XXe siècle

Insémination artificielle et évaluation des qualités génétiques des taureaux

Pour estimer la valeur génétique d'un taureau, il faut obtenir rapidement de nombreux descendants afin d'en étudier les caractéristiques. L'insémination artificielle avec congélation du sperme permet de constituer un stock important, de 50.000 doses pour chaque taureau choisi comme éventuel reproducteur.

On teste les qualités reproductrices d'un taureau en inséminant une cinquantaine de vaches dont on évalue les qualités de la descendance obtenue (pour la production de lait, par exemple). Pour différents taureaux étudiés, on peut ainsi déterminer lequel a une descendance dont les performances sont supérieures à la moyenne. Le sperme de ces taureaux dits « améliorateurs » est alors utilisé à grande échelle.

Sélection génomique

Depuis les années 2000, la génomique a révolutionné la sélection des bovins laitiers. Le séquençage du génome bovin et l'identification de **sites nucléotidiques polymorphiques** (SNP Single-Nucleotide Polymorphism) dans une race ont permis d'identifier plusieurs dizaines de milliers de marqueurs.

En comparant les SNP d'un nombre suffisamment élevé de taureaux dont les qualités de reproducteurs sont connues grâce à leur descendance, on peut estimer l'effet de chaque SNP pour un caractère donné.

De jeunes sujets, qui ne se sont pas encore reproduits, peuvent ainsi être évalués, et sélectionnés, sur la base de leurs marqueurs génomiques. En France, les 3 principales races laitières, Holstein, Montbéliarde et Normande, font l'objet d'un programme de sélection génomique depuis 2001 qui permet de tester un plus grand nombre d'individus et d'augmenter le nombre de reproducteurs utilisés.

Par la sélection génomique les qualités des reproducteurs testés peuvent donc être prédites avant même qu'une descendance soit obtenue.

III Les fonctions de relation avec l'environnement

A/ Un animal grégaire

Comme leur ancêtre l'aurochs, les vaches sont habituées à vivre en troupeau et deviennent stressées lorsqu'elles sont séparées du reste du groupe.

Les troupeaux d'élevage, entièrement constitués de femelles, respectent une hiérarchie sociale où les vaches plus imposantes, plus âgées, sont généralement dominantes, il y en a une, voire plusieurs, par troupeau, tandis que les vaches plus jeunes, n'ayant eu qu'un seul veau ou nouvellement introduites dans le groupe, sont des vaches soumises. Au Néolithique, ce type de comportement a pu faciliter la domestication, les humains étant identifiés comme des individus dominants.

B/ Perception de l'environnement : les organes des sens

1. Un exemple : la vision

a) Organisation de l'œil

L'**œil** est protégé par deux paupières mobiles garnies de cils et est recouvert par une membrane fine et transparente, la conjonctive. Il est maintenu humide par les larmes produites par la glande lacrymale, qui entraînent les poussières vers les fosses nasales.

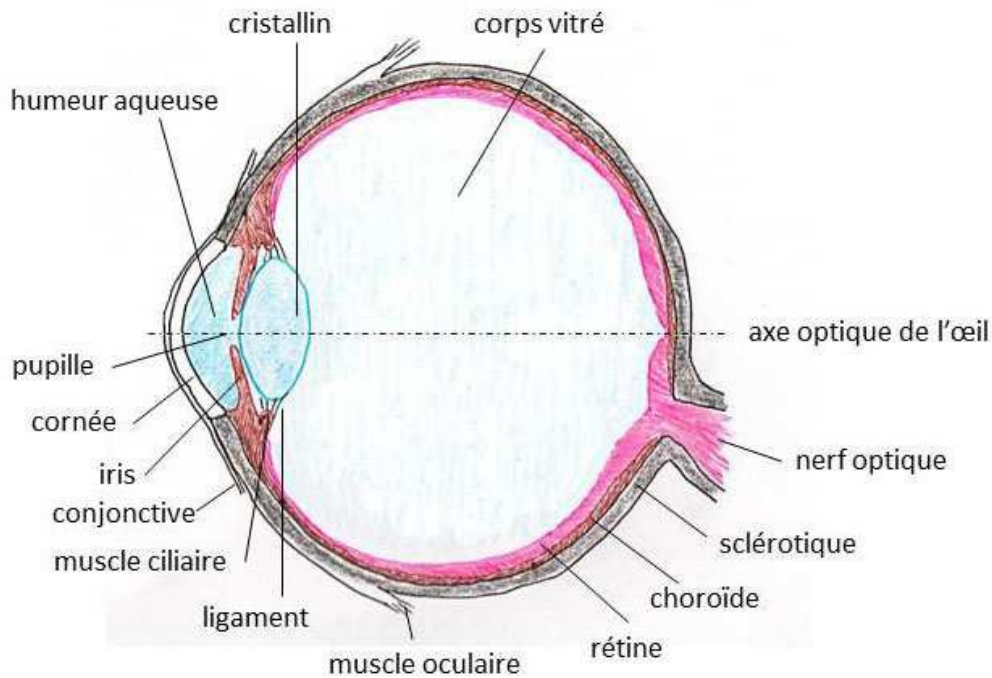
Des muscles donnent à l'œil une grande mobilité.

La paroi du **globe oculaire** est composée de trois membranes qui sont, de l'extérieur vers l'intérieur :

- la sclérotique, épaisse et rigide, à rôle mécanique, remplacée vers l'avant par la cornée, transparente ;
- la choroïde, à rôle nourricier, remplacée vers l'avant par l'iris percé en son centre par la pupille à diamètre variable ;
- la rétine, à rôle photorécepteur, qui tapisse le fond de l'œil.

Le globe oculaire renferme trois milieux transparents, qui sont, de l'avant vers l'arrière :

- l'humeur aqueuse, liquide,
- le cristallin, lentille biconvexe,
- le corps vitré, gélatineux, qui remplit la cavité principale de l'œil.



Coupe sagittale de l'œil

b) Le trajet de la lumière

Voir cours d'optique !

L'iris fonctionne comme un diaphragme, il se dilate ou se contracte en fonction de la luminosité ambiante ce qui permet d'ajuster la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil.

Chez la vache, animal plutôt actif en début et fin de journée où les contrastes de lumière sont plus faibles, cet ajustement aux variations d'éclairement est lent.

Les milieux transparents de l'œil transmettent la lumière en la réfractant. En particulier, le cristallin focalise la lumière sur la rétine. L'**accommodation** est assurée par la contraction des muscles ciliaires qui en déformant le cristallin permet l'obtention d'une image nette renversée sur la rétine.

Chez la vache, le cristallin est globuleux ce qui permet de voir les objets proches – comme l'herbe qu'elle pâture - de façon nette sans nécessiter d'accommodation, en revanche son acuité visuelle est mauvaise pour les éléments éloignés (myopie).

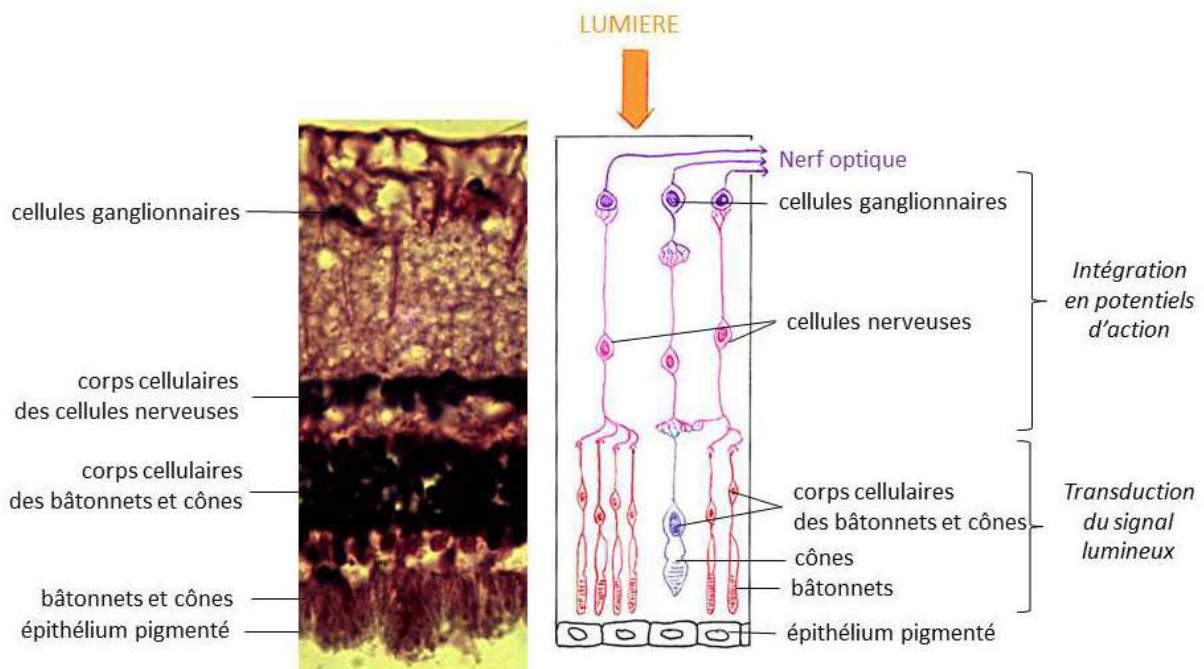
c) Photoréception rétinienne et codage de l'information

La rétine est constituée de plusieurs types de cellules, dont des **photorécepteurs** : les bâtonnets et les cônes.

Les **bâtonnets** sont sensibles à de faibles intensités lumineuses. Ils contiennent un empilement de disques membranaires aplatis dans la membrane desquels est incorporée la rhodopsine, un pigment visuel. L'interaction de la lumière avec les molécules de rhodopsine provoque un potentiel transmembranaire, appelé potentiel de récepteur, proportionnel à l'intensité de la stimulation lumineuse.

Les **cônes** contiennent des pigments sensibles à différentes longueurs d'ondes, ils permettent la perception des couleurs. Le mécanisme de transformation de la lumière en potentiel de récepteur est similaire à celui des bâtonnets. Il n'y a que deux types de cônes chez les bovins, contre trois chez l'homme, ce qui limite leur perception des couleurs.

La vache serait surtout sensible aux couleurs jaune, rouge, orange. Les **potentiels de récepteurs** émis par les bâtonnets et les cônes sont transmis via des synapses aux cellules nerveuses de la rétine au niveau desquelles ils sont intégrés en **potentiels d'action**.

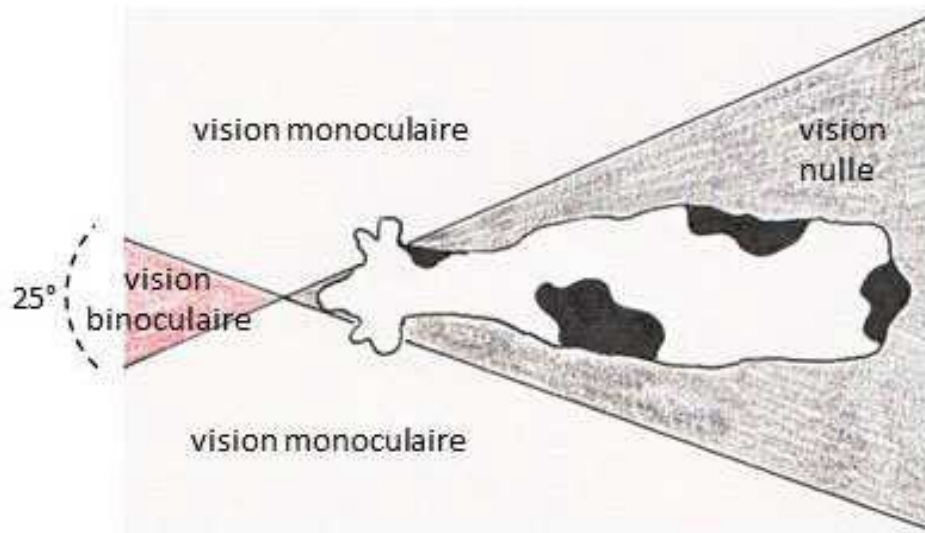


Coupe transversale de rétine de bœuf observée au MO, et organisation schématique de la rétine La lumière traverse toutes les couches cellulaires avant d'atteindre les cellules réceptrices.

d) Décodage par le cerveau

Les potentiels d'actions sont acheminés vers le cerveau par le nerf optique. Le **cortex visuel** intègre les informations en provenance des deux yeux pour élaborer les sensations visuelles. En particulier, la vision binoculaire issue de la superposition des images provenant des deux yeux permet la perception des distances et du relief.

Dans le cas de la vache, dont les yeux occupent une position latérale, le **champ de vision** est très large (près de 330°), mais la zone de **vision binoculaire** est restreinte à un cône de 25° vers l'avant. En revanche la **vision monoculaire latérale** lui permet de voir tout ce qui se passe autour d'elle sans bouger la tête, et de repérer un éventuel prédateur, dans le cas des bovidés sauvages.



Champ de vision de la vache

2. Diversité des organes des sens

Les **organes des sens**, oeil, oreille, cavité nasale, langue et tégument perçoivent des informations en provenance du monde extérieur à l'organisme. Tous les systèmes sensoriels fonctionnent selon le même principe :

Le **stimulus** est dirigé vers les récepteurs sensoriels.

- L'**information sensorielle** prend alors naissance au niveau de ces cellules, qui portent sur leur membrane des récepteurs protéiques. Ces cellules assurent le **codage** d'une stimulation en un message interprétable par les niveaux supérieurs du système nerveux.
- Le codage par le récepteur correspond à une variation d'amplitude de la différence de potentiel transmembranaire ou potentiel de récepteur. Cette première étape de codage s'appelle **transduction**.
- Au niveau d'un site générateur, le message codé en amplitude est traduit en un train de potentiels d'action codés en fréquence. Le message est transmis le long des **voies sensorielles** jusqu'au **système nerveux central** qui l'interprète.

La localisation de plusieurs récepteurs au niveau de la tête permet la perception du milieu vers lequel l'animal se dirige.

Il existe aussi des récepteurs sensoriels internes : barorécepteurs, chémorécepteurs, thermorécepteurs, qui renseignent le système nerveux central sur la composition ou l'état du milieu intérieur.

Fonction	Organe sensoriel	Récepteur sensoriel	stimulus	Particularités chez la vache
Vision	Œil	Photorécepteurs	lumière	Large champ de vision, vision binoculaire restreinte, myopie, ajustement lent aux variations d'intensité
Audition	Oreille	Mécanorécepteurs	Vibrations sonores	Pavillon mobile. Perception des hautes fréquences, jusque 35.000 Hz (20.000 Hz chez l'homme).
Équilibration			Position de la tête	Fréquence de perception optimale : 8000 Hz qui correspond à la fréquence des cris d'alarme, peut être entendue dès une intensité de 11 décibels.
Olfaction	Cavité nasale	Chimiorécepteurs	Substances chimiques en solution	Grande sensibilité aux odeurs. Communication olfactive entre les individus (phéromones)
Gustation	Langue	Chimiorécepteurs	Substances chimiques en solution	Sensibilité aux 4 goûts primaires (sucré, salé, amer, acide)
Somesthésie : Toucher, pression Température Douleur	Tégument	Mécanorécepteurs Thermorécepteurs Nocirécepteurs	Pression Variations de température	Récepteurs à la pression répartis dans tout l'organisme. Récepteurs tactiles au niveau de la peau, zones les plus sensibles : joues, encolure, attache de la queue, intérieur des cuisses, mamelle, vulve. Récepteurs à la douleur répartis dans tout l'organisme. Peu de signes extérieurs de souffrance (cela évite d'attirer l'attention d'un prédateur dans le cas des bovidés sauvages)

C/ Un squelette de type marcheur

1. Organisation des membres chirodiens

Les membres sont formés de plusieurs segments articulés entre eux : le **stylo-pode**, le **zeugopode** et l'**autopode**

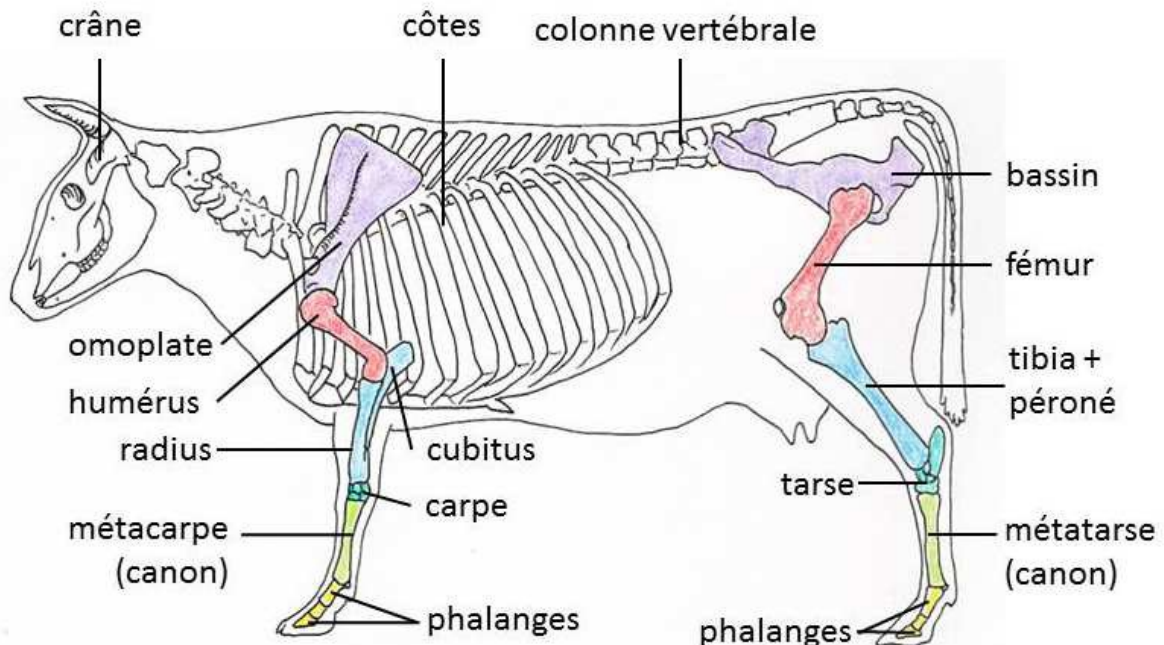
Stylopode	Bras : humérus		Cuisse : fémur	
Zeugopode	Avant-bras : cubitus, radius		Jambe : péroné (+ rotule), tibia	
Autopode	- Poignet : carpe (une dizaine d'os) - Paume de la main : métacarpes (5 os) - Doigts : phalanges (3 os pour chaque doigt, sauf pour le pouce : 2 os)	- Carpe : 6 os - Présence des seuls métacarpes III et IV, soudés en un os canon - Présence des seuls doigts III et IV	- Cheville : tarse (une dizaine d'os) - Plante du pied : métatarses (5 os) - Doigts : phalanges (3 os pour chaque doigt, sauf pour le pouce : 2 os)	- Tarse : 5 os - Présence des seuls métatarses III et IV, soudés en un os canon - Présence des seuls doigts III et IV

2. Des membres aux mouvements pendulaires

Chez la vache, le péroné est réduit à un styilet, le cubitus est aminci distalement et soudé au radius. Aucune rotation des membres n'est donc possible, les os ont une fonction de soutien.

Les membres fonctionnent comme des balanciers, d'arrière en avant et d'avant en arrière. Lorsqu'elle marche, la vache pose la patte arrière à l'emplacement libéré par la patte avant du même côté. L'absence de mouvements latéraux est corrélée à la disparition de la clavicule.

Le membre antérieur, plus court et situé plus près du centre de gravité est surtout porteur, tandis que le membre postérieur est essentiellement propulseur



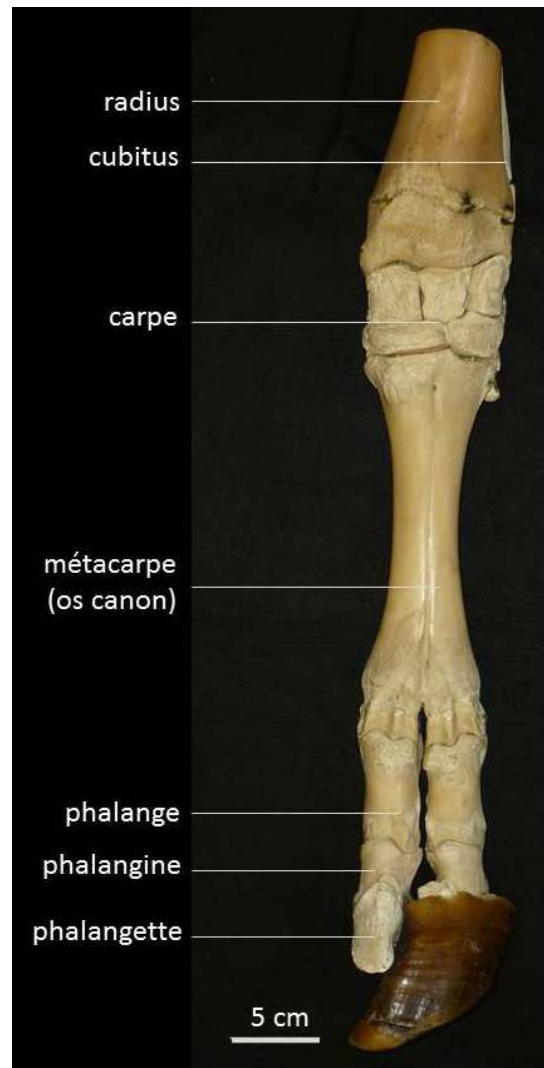
Squelette de la vache

En blanc : squelette axial ; en violet : ceintures ; en rouge : stylopode ; en bleu : zeugopode ; en vert, vert clair et jaune : autopode.

3. Une faible surface d'appui au sol

La vache est un **onguligrade** : l'autopode ne repose sur le sol que par la dernière phalange des doigts, dont l'ongle, transformé en **sabot**, l'entoure complètement. Le nombre de doigts est réduit à deux, seuls les deux doigts centraux sont conservés et allongés.

Les deux métacarpes et deux métatarses sont soudés en un **os canon**, solide et allongé. La surface d'appui au sol est ainsi réduite, ce qui constitue une adaptation à une locomotion rapide. Cette adaptation à la course est héritée de l'espèce ancestrale sauvage, mais la vache, sédentaire et au corps lourd, ne court guère.



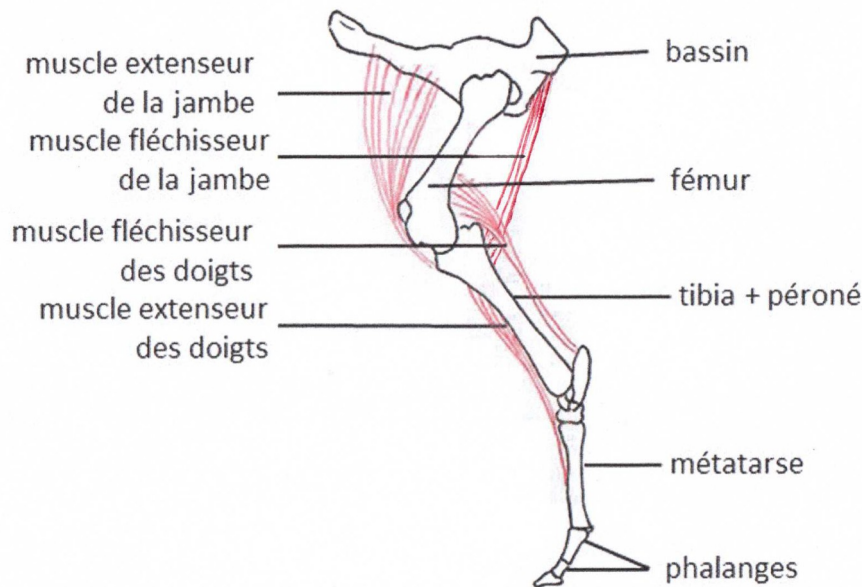
Squelette de la main de vache

4. Mise en mouvement par des muscles striés

Les **muscles squelettiques** sont formés de fibres musculaires regroupées en faisceaux ; ceux-ci sont séparés par des cloisons conjonctives (charpente fibreuse dans laquelle sont logés nerfs et vaisseaux sanguins). Aux extrémités du muscle, les cloisons s'unissent pour former les tendons fixés aux os. La force développée par les muscles lors de leur contraction fait tourner les os sur lesquels ils sont insérés autour d'une articulation, comme des leviers.

Le maintien de la position debout et les mouvements nécessitent l'intervention coordonnée des muscles. Ainsi, la mobilisation d'une articulation fait intervenir des **groupes musculaires antagonistes** : au niveau du genou par exemple, les muscles antérieurs de la cuisse, **extenseurs** de la jambe, s'opposent aux muscles postérieurs, **fléchisseurs**. La contraction des muscles extenseurs

s'accompagne d'un relâchement des fléchisseurs antagonistes, ce qui permet le mouvement. Les muscles antagonistes ont donc un fonctionnement coordonné par le système nerveux.



Muscles antagonistes du membre postérieur de la vache

D/ Un organisme endotherme

La température interne d'un organisme est dépendante de la production interne de chaleur et de ses échanges avec l'environnement. Les **endothermes**, Oiseaux et Mammifères, nécessitent le maintien constant de leur température corporelle pour le fonctionnement optimal de leur cerveau.

Du point de vue de la thermorégulation, on distingue le **noyau**, dont la température dite « centrale » est maintenue relativement constante, de l'**enveloppe** dont la température peut varier. Chez les endothermes, la température rectale est très proche de la température centrale.

- Le noyau est constitué des organes perfusés par le sang artériel : cerveau, muscles, foie, cœur. Il représente environ 80% de la masse corporelle.
- L'enveloppe correspond au système isolant corporel et qui inclue la peau, les tissus cutanés et la graisse des tissus sous-cutanés.

Le maintien de la température corporelle à un niveau relativement constant dépend d'un équilibre dynamique entre les mécanismes producteurs de chaleur ou **thermogenèse**, en réponse à un refroidissement du noyau, et les mécanismes de déperdition de chaleur ou **thermolyse**, en réponse à un réchauffement du noyau.

E/ La communication entre organes permet l'intégration des fonctions

1. La communication hormonale : message public

Chez les Vertébrés, le sang circule dans un système de vaisseaux clos, et est mis en mouvement par le **cœur**. Le sang quitte le cœur par les artères. Il réalise des échanges avec les cellules uniquement au niveau des **capillaires**. Les capillaires sont des vaisseaux très fins (5 mm de diamètre) dont la paroi n'est constituée que d'une couche de cellules aplaties.

Ils forment des réseaux serrés dans les tissus, et sont disposés en parallèle dans le circuit sanguin, chaque segment irriguant un organe déterminé. Le sang retourne au cœur par les veines.

Chez les Mammifères, le système circulatoire est constitué de deux circuits placés en série : il y a une **double circulation**.

La **circulation générale ou systémique** est propulsée par le cœur gauche, elle conduit par l'artère aorte le sang oxygéné aux organes et ramène le sang appauvri en dioxygène au cœur droit par les veines caves. Le cœur droit met en mouvement la **circulation pulmonaire**, qui conduit le sang appauvri en dioxygène aux

Le cœur d'une vache de 700 kg pèse environ 2 kg, c'est un muscle creux enfermé dans un sac fibreux, le péricarde. Comme chez tous les mammifères, il est constitué de deux moitiés indépendantes comprenant chacune une **oreillette** et un **ventricule**. Les oreillettes, à parois minces, reçoivent le sang venant des veines ; les ventricules, à parois épaisses, refoulent en se contractant le sang dans les artères. A la limite des oreillettes et des ventricules, des valvules atrio-ventriculaires induisent un sens unique de circulation du sang.

Le cœur se contracte de façon automatique, à une fréquence de 50 à 80 battements par minute chez la vache. Le **débit cardiaque** est le volume de sang éjecté par chaque ventricule par unité de temps ; chez la vache il est de l'ordre de 70 L par minute. Le débit cardiaque s'ajuste aux besoins de l'organisme

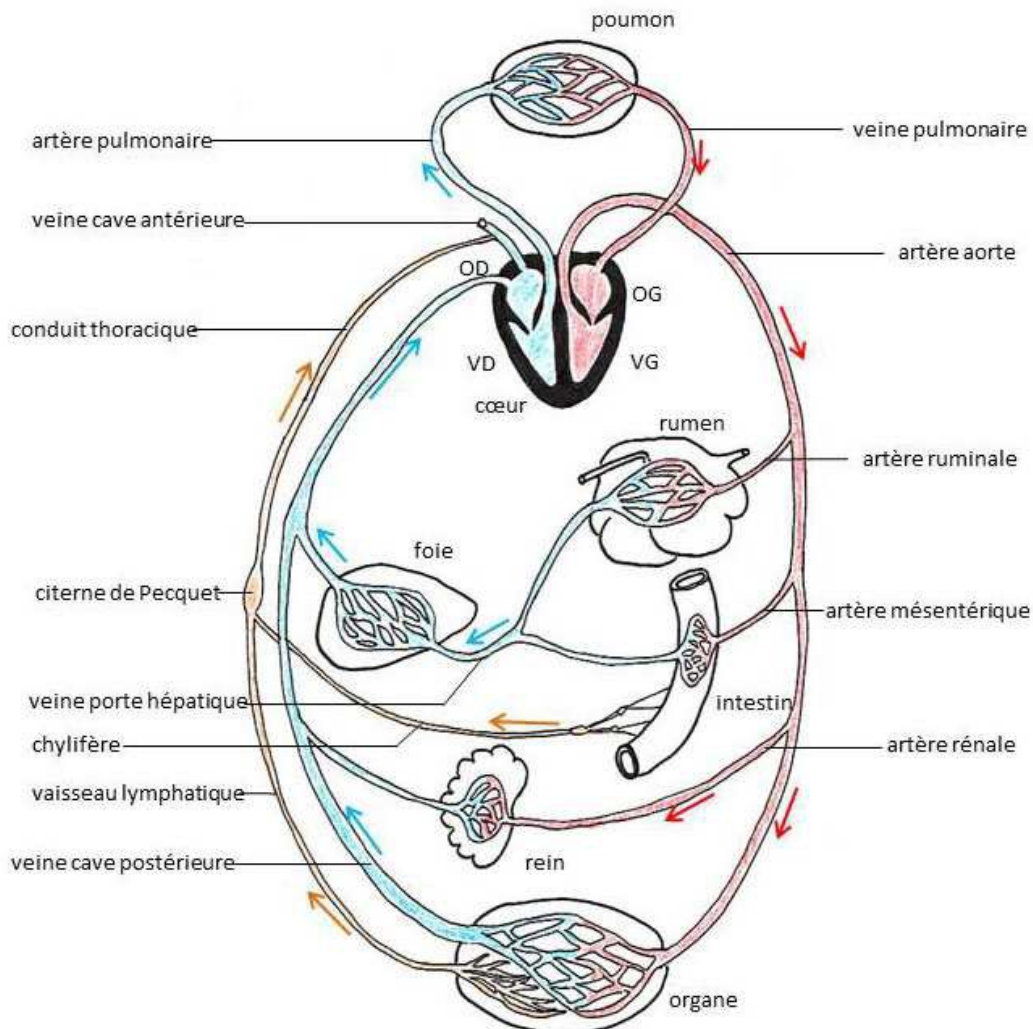
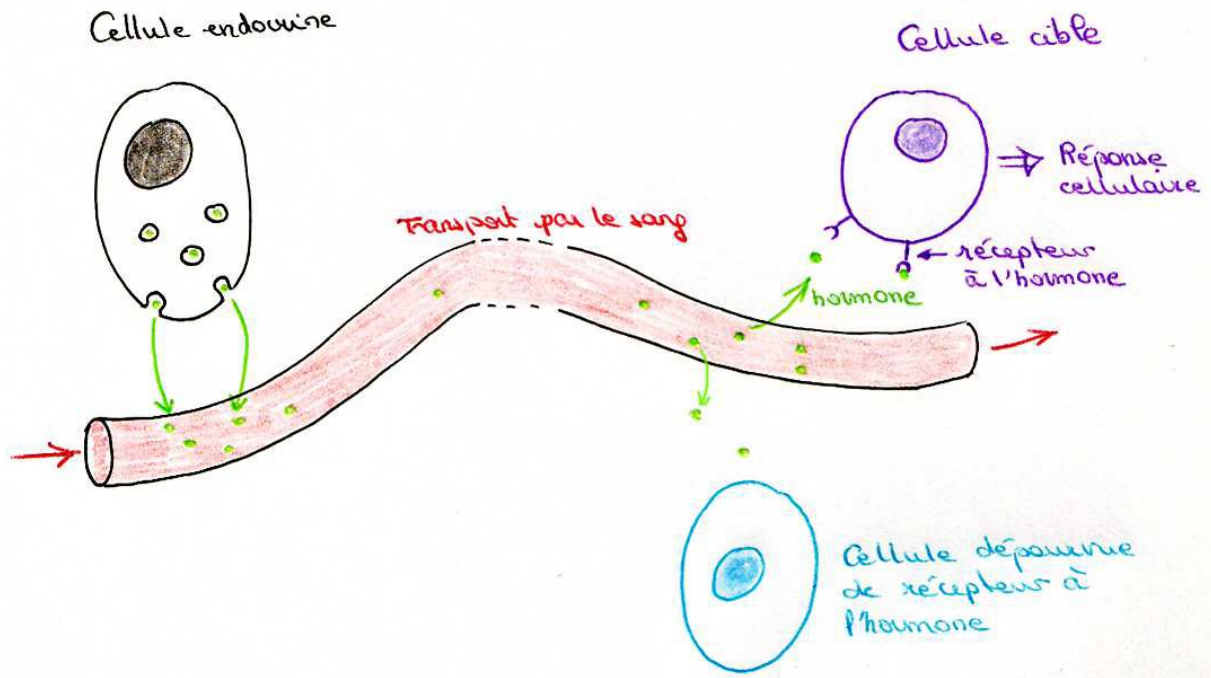


Schéma général de la circulation sanguine de la vache et du réseau lymphatique
OD : oreillette droite, VD : ventricule droit, OG : oreillette gauche, VG, ventricule gauche

La communication hormonale est assurée par des **messagers chimiques**, sécrétés par des **cellules endocrines** et transportés par le sang. Le message hormonal est codé en concentration d'hormone.

Les cellules-cibles possèdent les récepteurs spécifiques qui les rendent sensibles à l'hormone. La fixation d'une hormone sur son récepteur déclenche une réponse de la **cellule-cible**. Le système endocrinien comprend, comme chez tous les vertébrés, des glandes sécrétrices telles que le complexe hypothalamo-hypophysaire, la thyroïde et les glandes surrénales. Des cellules endocrines sont aussi présentes dans divers organes tels que le pancréas, la muqueuse duodénale ou les gonades, comme cela a été vu dans des paragraphes précédents.



Principe de la communication hormonale

2. Organisation du système nerveux et communication privée rapide

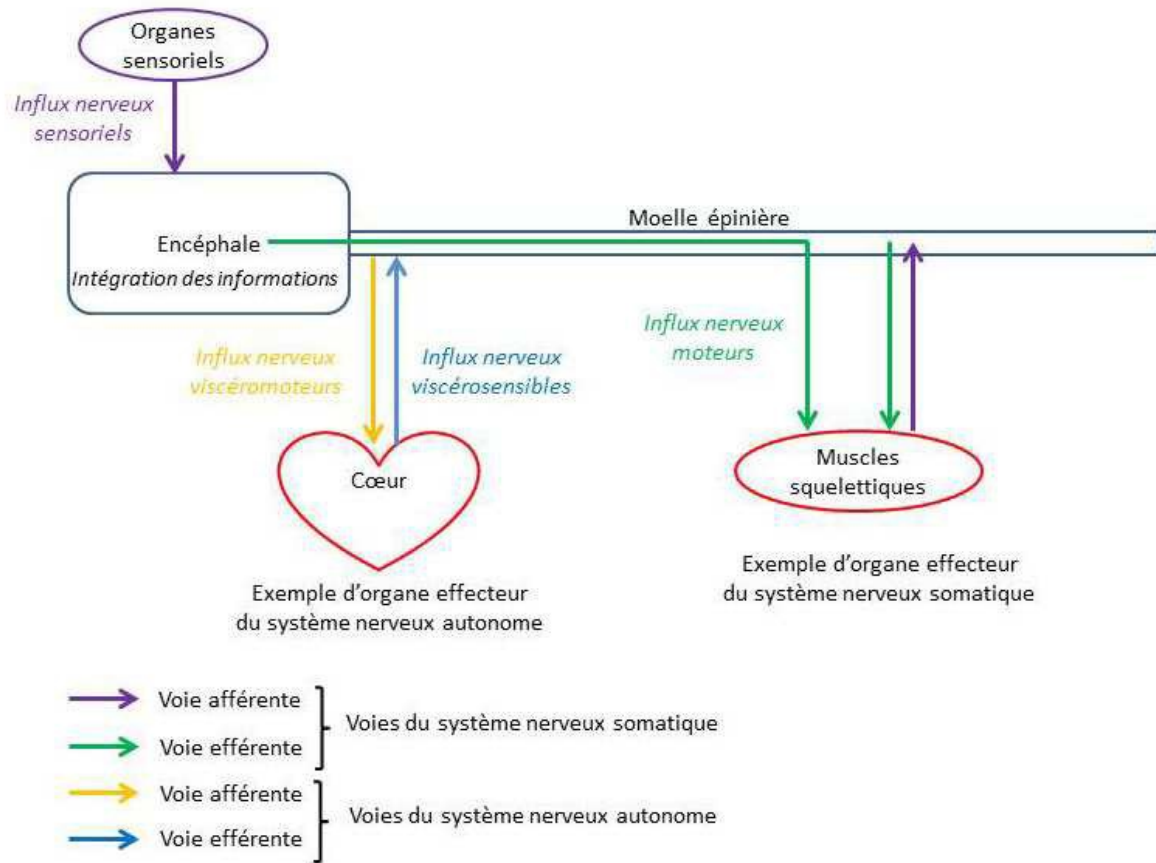
Les messages nerveux sont constitués de trains de **potentiels d'action**. Ils sont codés en fréquence de potentiels d'action et sont propagés par un réseau de cellules spécialisées : les **neurones**. Ces cellules excitables composent la plupart des récepteurs sensoriels, les voies de conduction et les lieux d'intégration.

Le système nerveux de la vache, comme celui des autres vertébrés, comprend :

- Le **système nerveux central** : l'encéphale, contenu dans la boîte crânienne, et la moelle épinière, logée dans le canal rachidien de la colonne vertébrale.
- Le **système nerveux périphérique** : des nerfs reliant les centres nerveux à des systèmes sensoriels ou à des organes effecteurs.

Le **système nerveux somatique** contrôle la vie de relation : le système nerveux central intègre les informations en provenance des récepteurs sensoriels et génère des influx nerveux moteurs à destination des muscles squelettiques. Il est constitué de 12 paires de nerfs crâniens reliés à l'encéphale et 36 ou 37 paires de nerfs rachidiens en lien avec la moelle épinière.

Le **système nerveux autonome** assure le contrôle non volontaire des fonctions internes. Il contrôle notamment les muscles lisses, le cœur, les glandes sécrétrices. Il comprend deux divisions dont les actions sur les organes effecteurs sont le plus souvent antagonistes (exemple : effet cardio-accelérateur et cardio-moderateur)



Communications nerveuses chez un Vertébré

Conclusion

- Position systématique
- Milieu et mode de vie
- Animal domestique