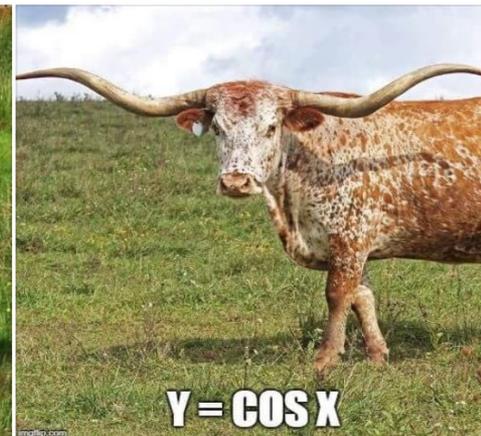
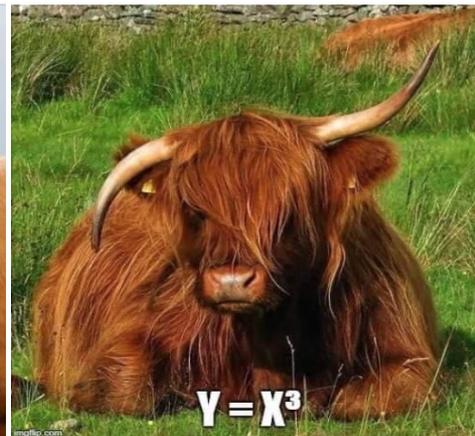
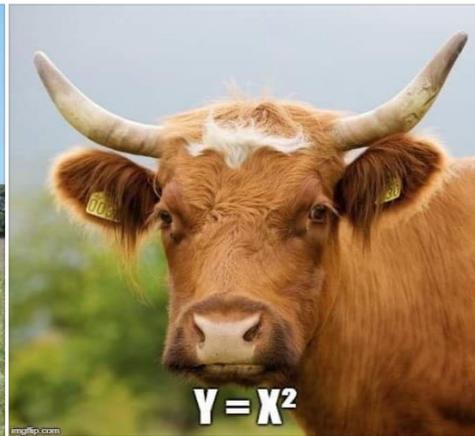
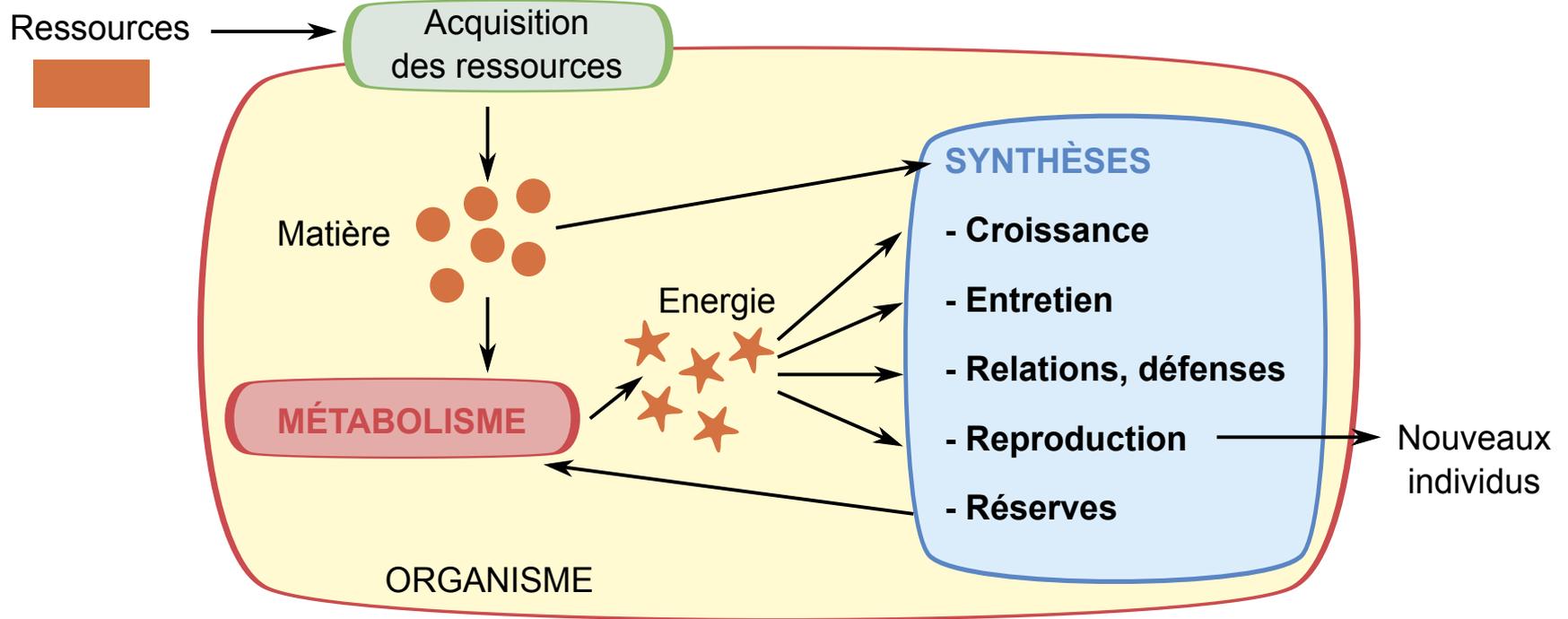


Chapitre 1 – Regards sur un Mammifère Bovidé, la Vache

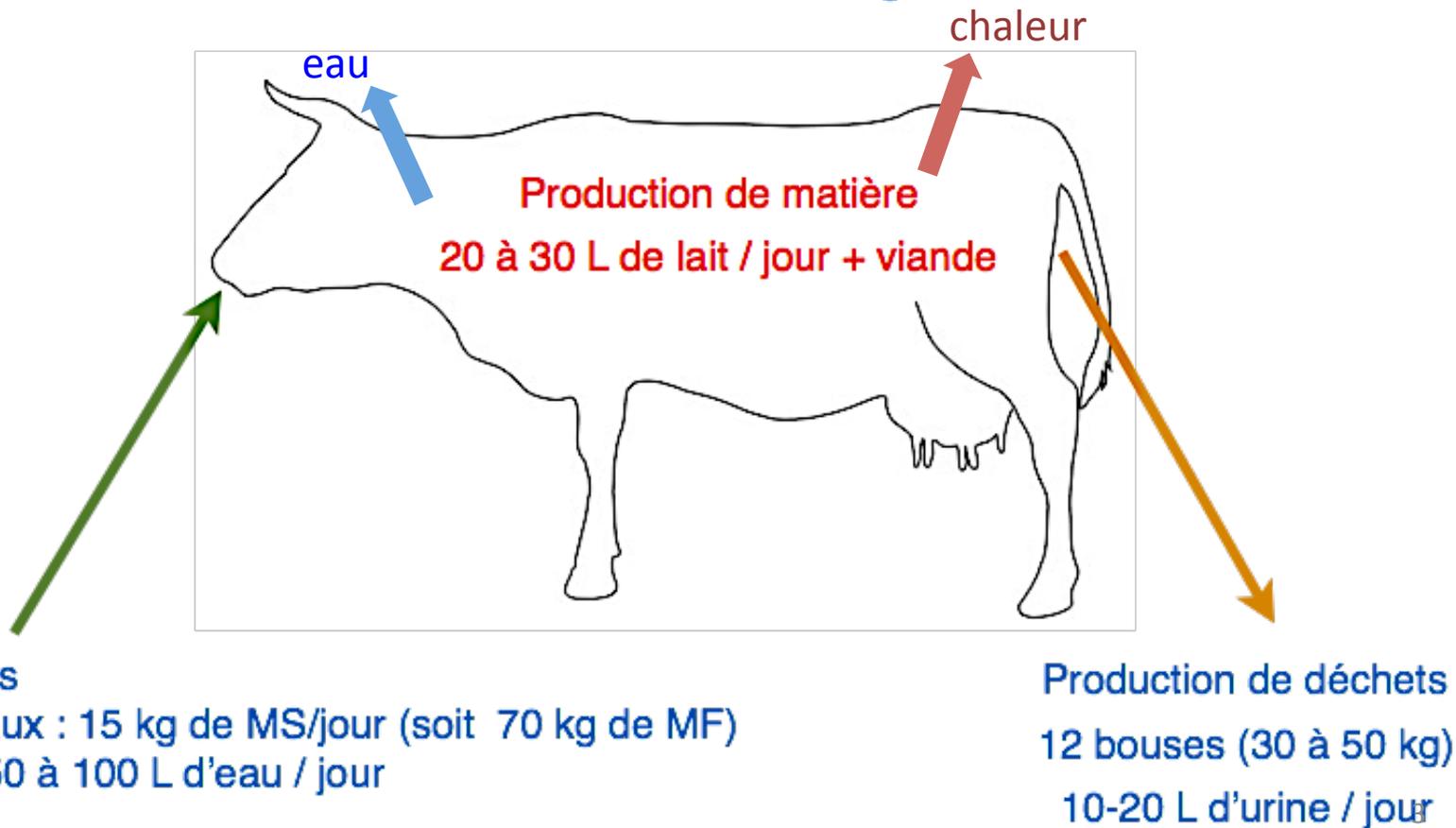


Un animal, système thermodynamique



Des échanges de matière et d'énergie

Pour un animal de 600 kg



Apports
végétaux : 15 kg de MS/jour (soit 70 kg de MF)
eau : 50 à 100 L d'eau / jour

Production de déchets
12 bouses (30 à 50 kg)
10-20 L d'urine / jour

1. Les fonctions de nutrition de la vache

1.1. L'acquisition des ressources :

alimentation et respiration

Un animal phytophage



En été, pâturage
(Vosges, Hohneck)

Pâturage : herbe

À l'étable : fourrage = foin + ensilage

Végétaux = aliment pauvre et peu digestible

70% d'eau

20-25 % de cellulose

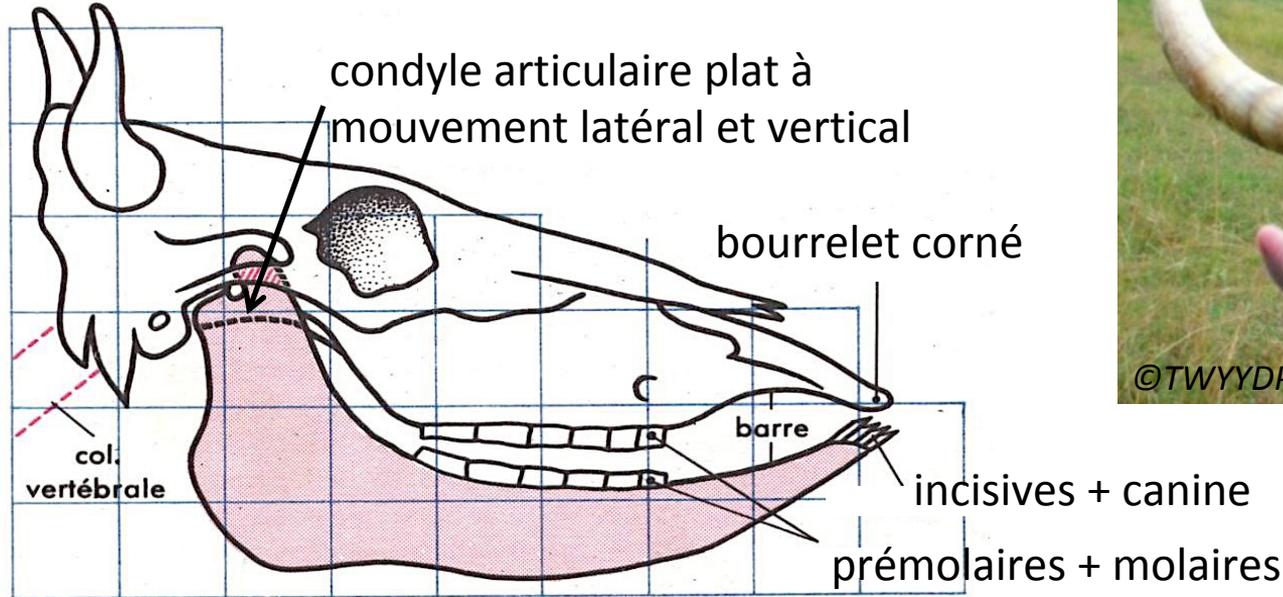
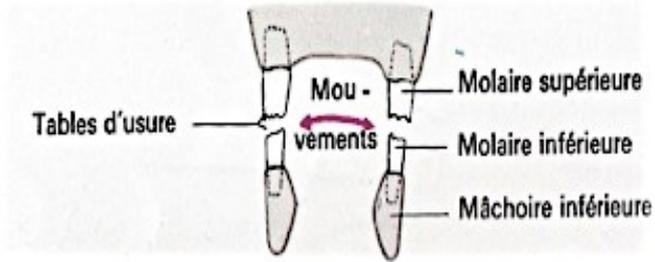
autres glucides (amidon) < 5%

2-4 % de protéines

lipides (<1%)

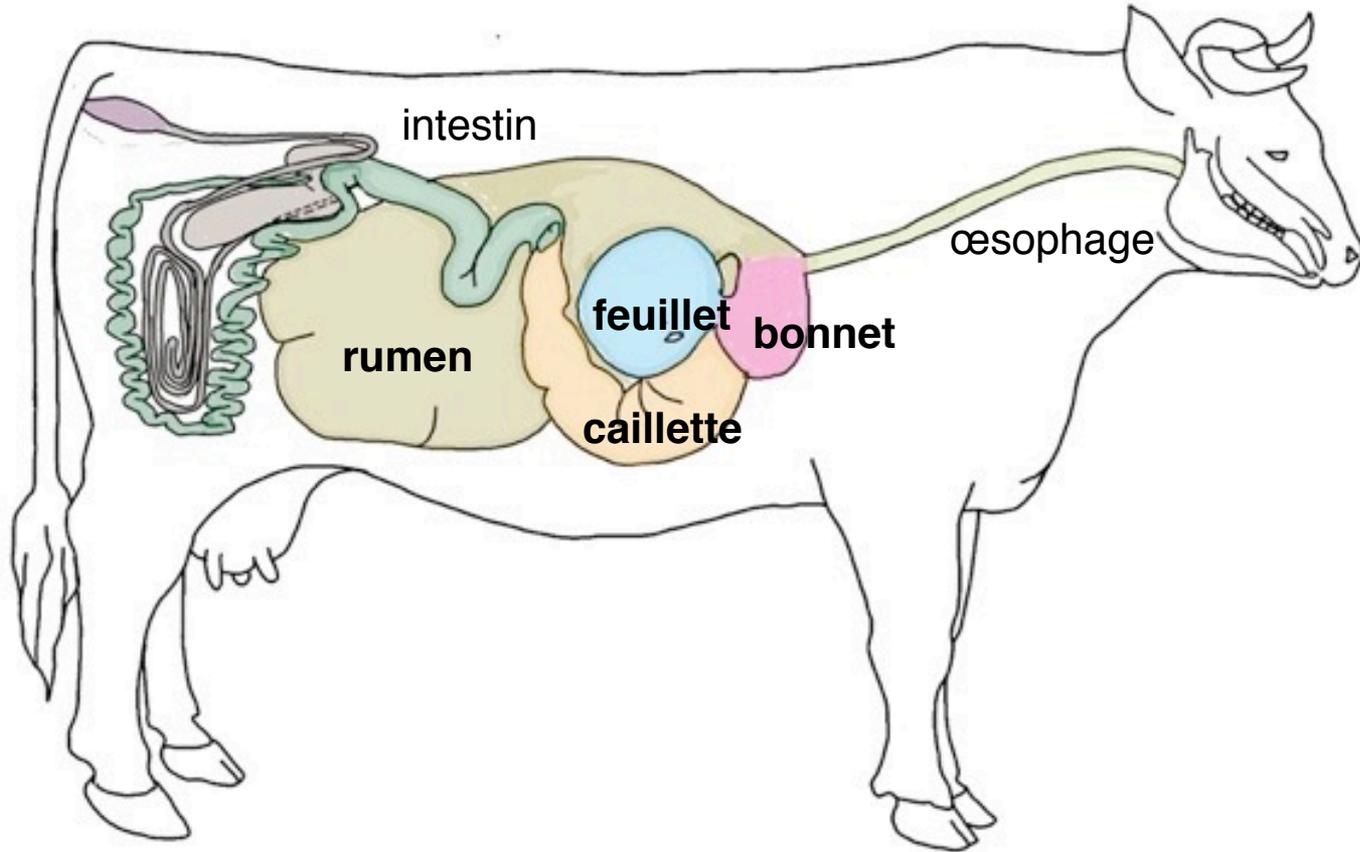
sels minéraux (2%)

La prise alimentaire

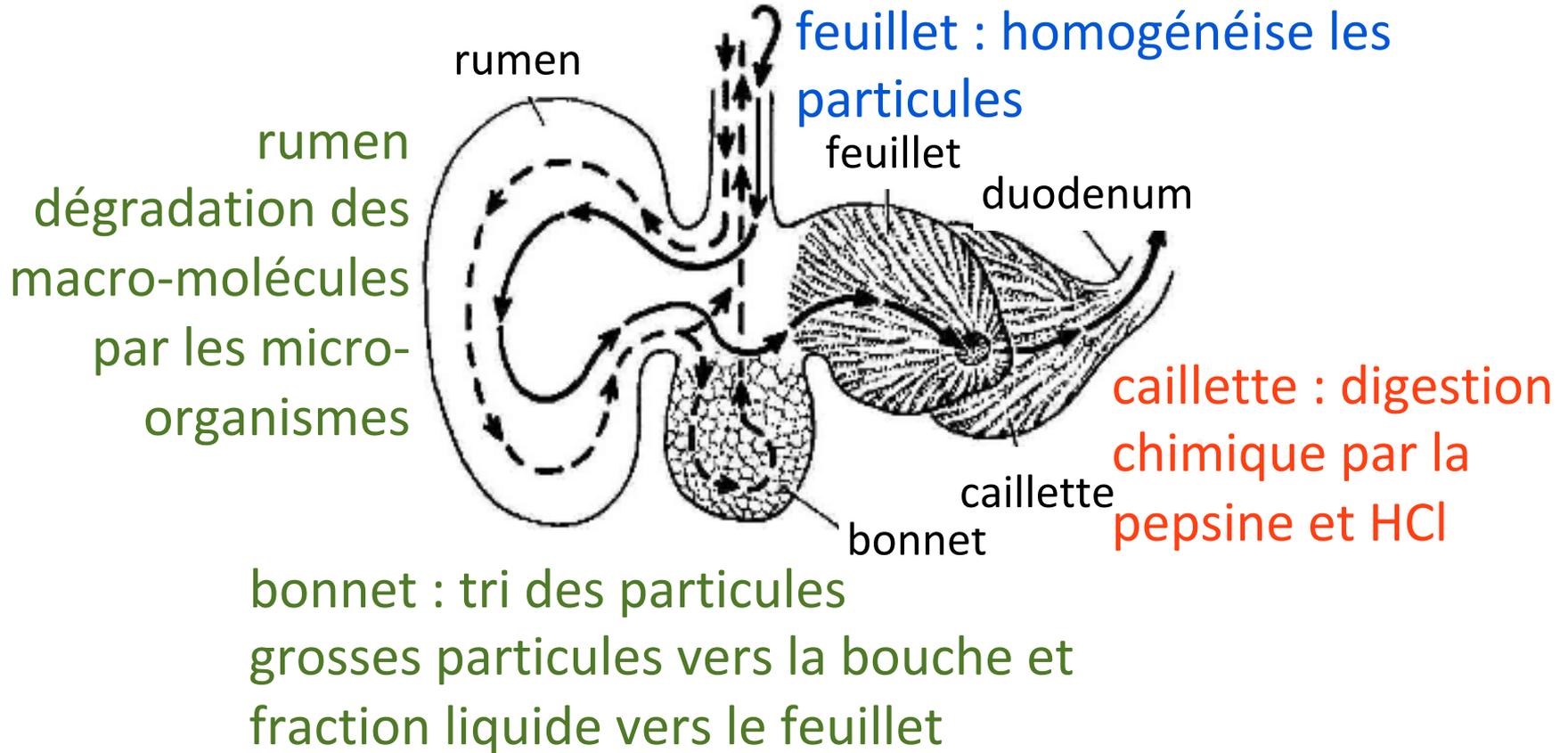


CRANE ET MACHOIRE DE VACHE

Un appareil digestif de ruminant



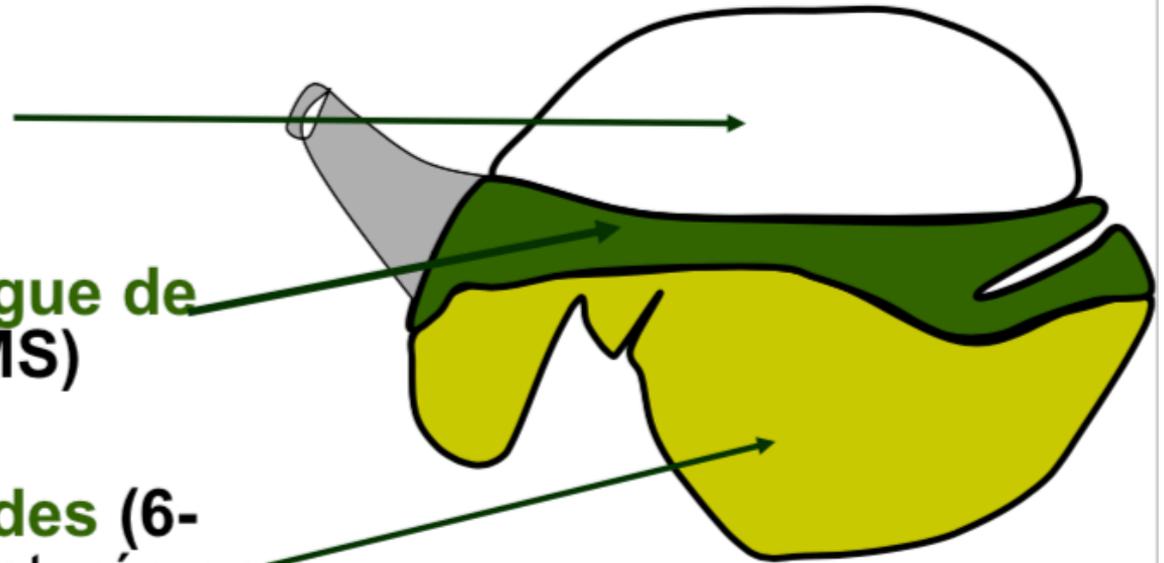
Le trajet des aliments



La stratification ruminale

- Partie dorsale : **gaz**
- Partie centrale : **langue de fourrage (14-18% MS)**
- Partie ventrale : **fluides (6-9%MS)**, fourrages saturés en fluide, petites particules

La portion liquidienne a la même composition entre le réseau et le rumen



Représentation schématique du contenu du réticulo-rumen

Le rumen (= la panse), un incubateur

Source : Evelyne Forano
INRAE de Theix

Volume : bovins : 100 - 150 litres (ovins : 15 - 20 litres)

pH : 5,5 - 6,9 (moyenne : 6,4)

Température : 38 - 41°C

Potentiel d'oxydo-réduction : - 350 à - 400 mV (milieu anoxique)

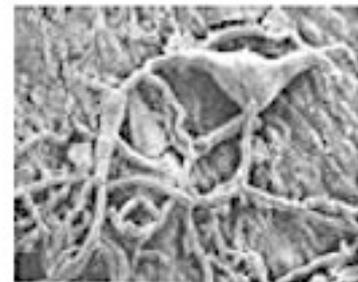
Matière sèche : 10 – 18%

Phase gazeuse (%) : $\text{CO}_2=65$ $\text{CH}_4=27$ $\text{N}_2=7$ $\text{O}_2=0,6$ $\text{H}_2=0,2$

Acides gras volatils (%) : Acétate (68) Propionate (20) Butyrate (10)

Population microbienne du rumen

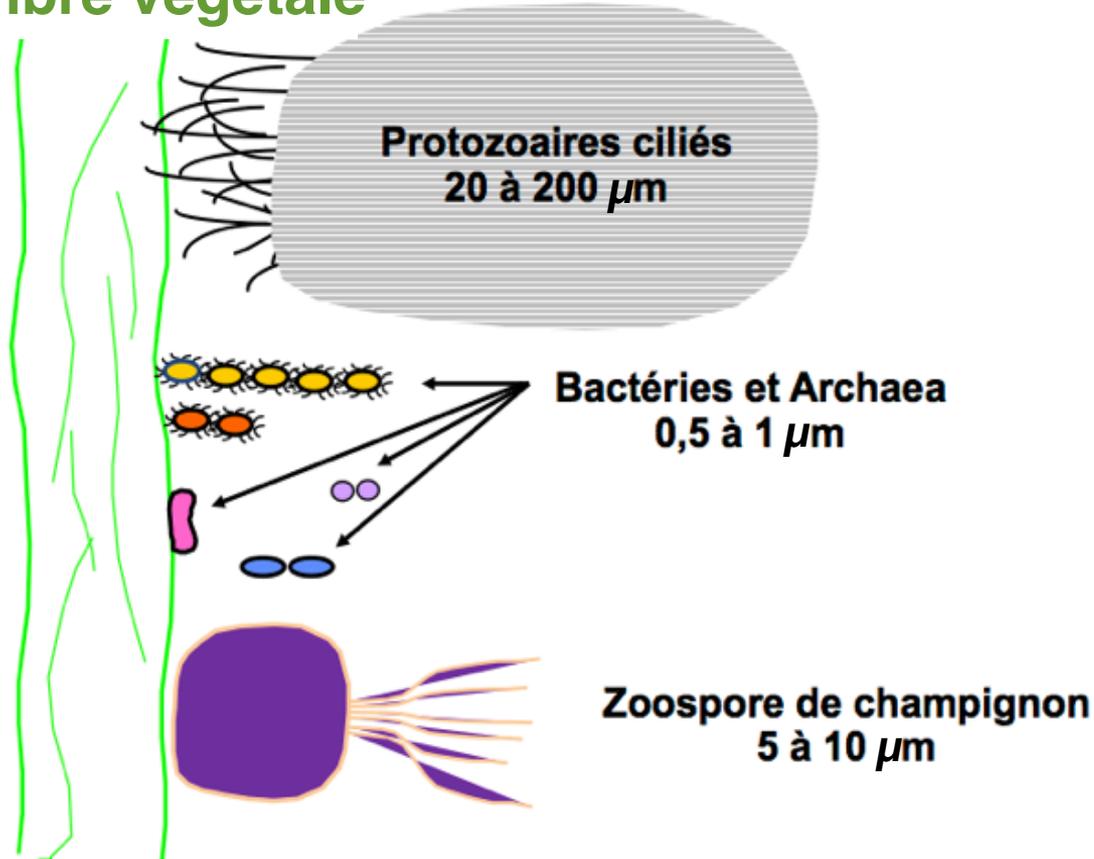
- **Bactéries** < 5 μm
 - 10^9 - 10^{10} bactéries/mL de jus de rumen
 - environ 1 kg de bactéries chez une vache (10% de la MS du RR)
- **Protozoaires (ciliés)** 20-200 μm
 - 10^4 à 10^6 /mL de jus de rumen
 - environ 2 kg de protozoaires chez un bovin
- **Champignons (moisissures)** 20-200 μm
 - 10^4 /mL
- **Archaea** (ex archéobactéries)
 - 10^8 /mL



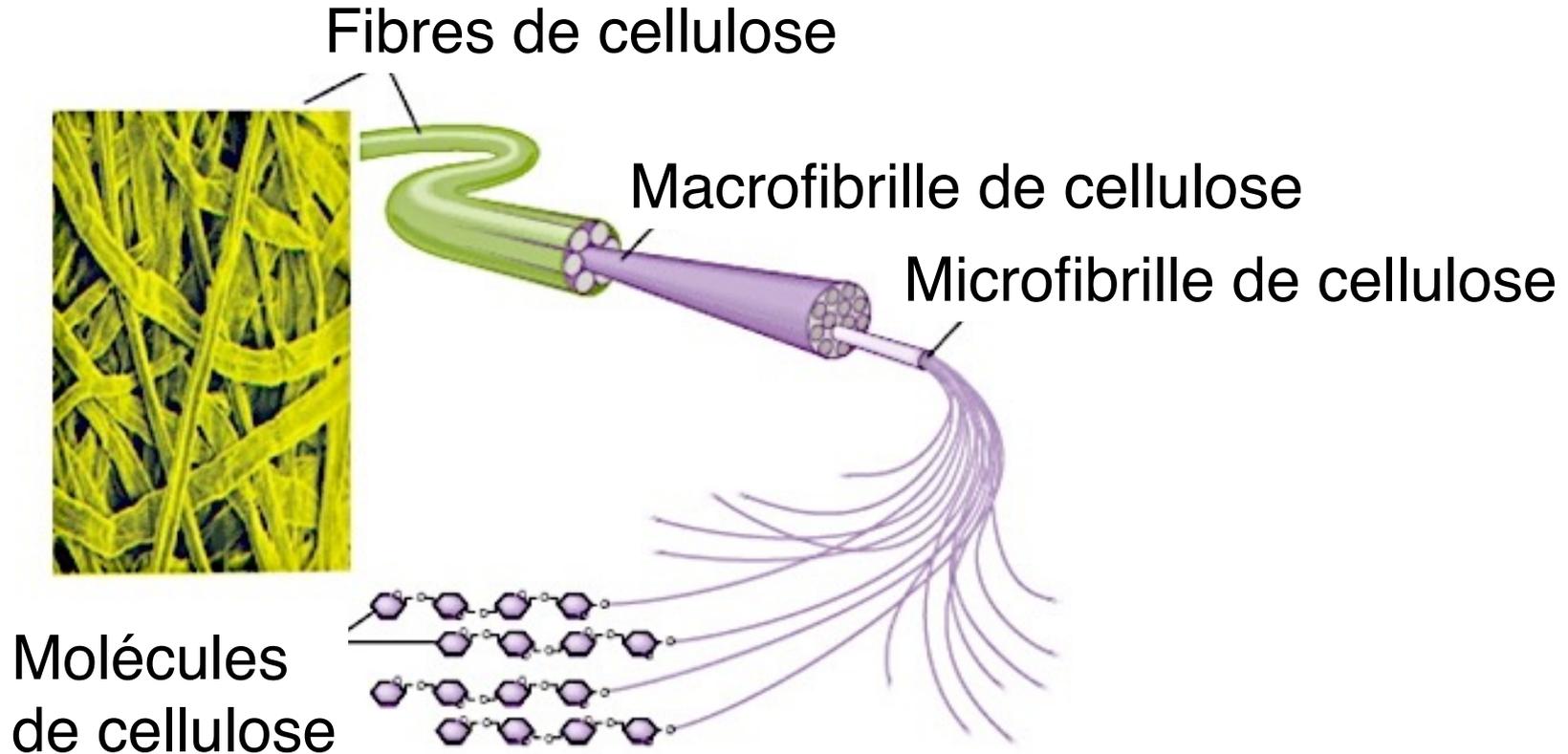
Taille relative des micro-organismes du ruminant

Source : Evelyne Forano
INRAE de Theix

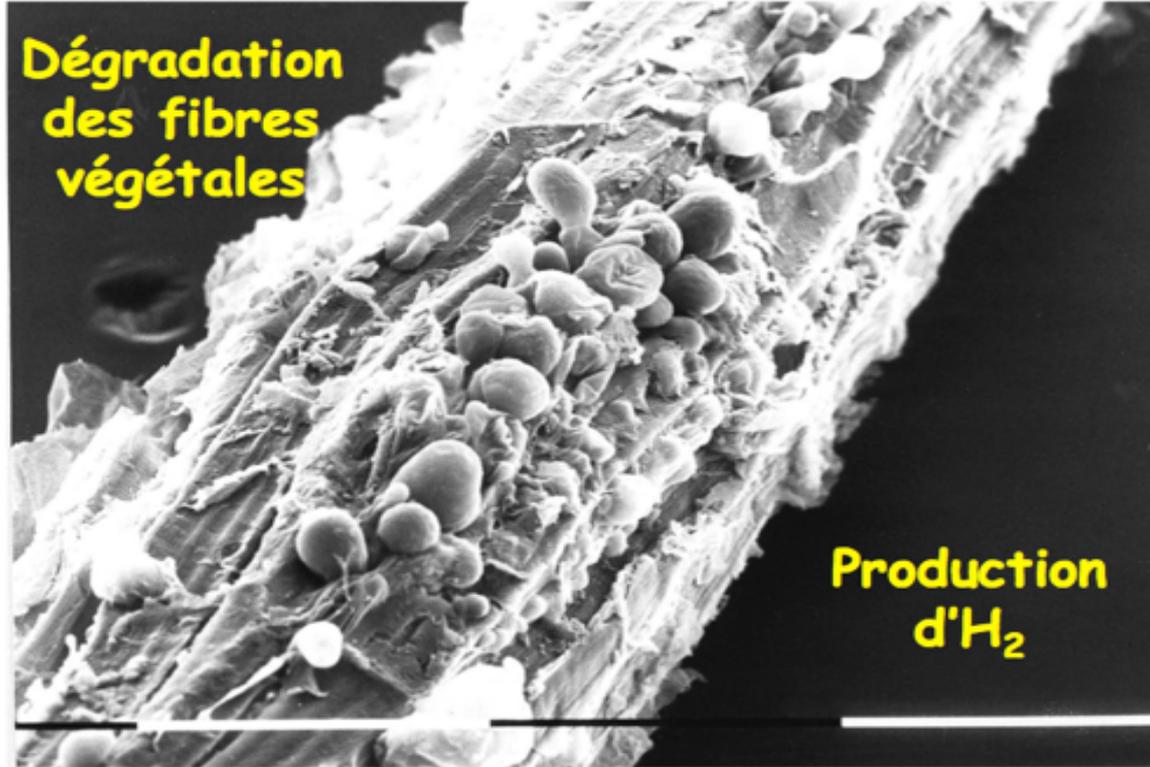
Fibre végétale



La cellulose, un polymère de glucoses



Rôle des champignons : dégrader les fibres végétales



Les champignons déstructurent les fibres végétales et dégradent cellulose et hémicellulose. Ils sont présents chez le cheval, l'éléphant...

Rôle des bactéries : dégrader les macromolécules



Les bactéries adhèrent sur les particules végétales et hydrolysent la cellulose, les pectines, l'amidon, les protéines...

Bactéries sur une fibre de cellulose

Rôle des Ciliés : dégradation, prédation, recyclage...

Les Ciliés se nourrissent de fibres végétales, de bactéries, de champignons... Ils régulent les populations du rumen.



Cilié endocytant un micro-organisme



16 *Cilié endocytant une fibre de cellulose*

Action des micro-organismes

Macromolécules : cellulose, pectine, amidon, hémicellulose

hydrolyse

Sucres simples (exemple : glucose)

cytosol du micro-organisme

glycolyse

Pyruvate

FERMENTATIONS

Acides gras volatils

CO₂

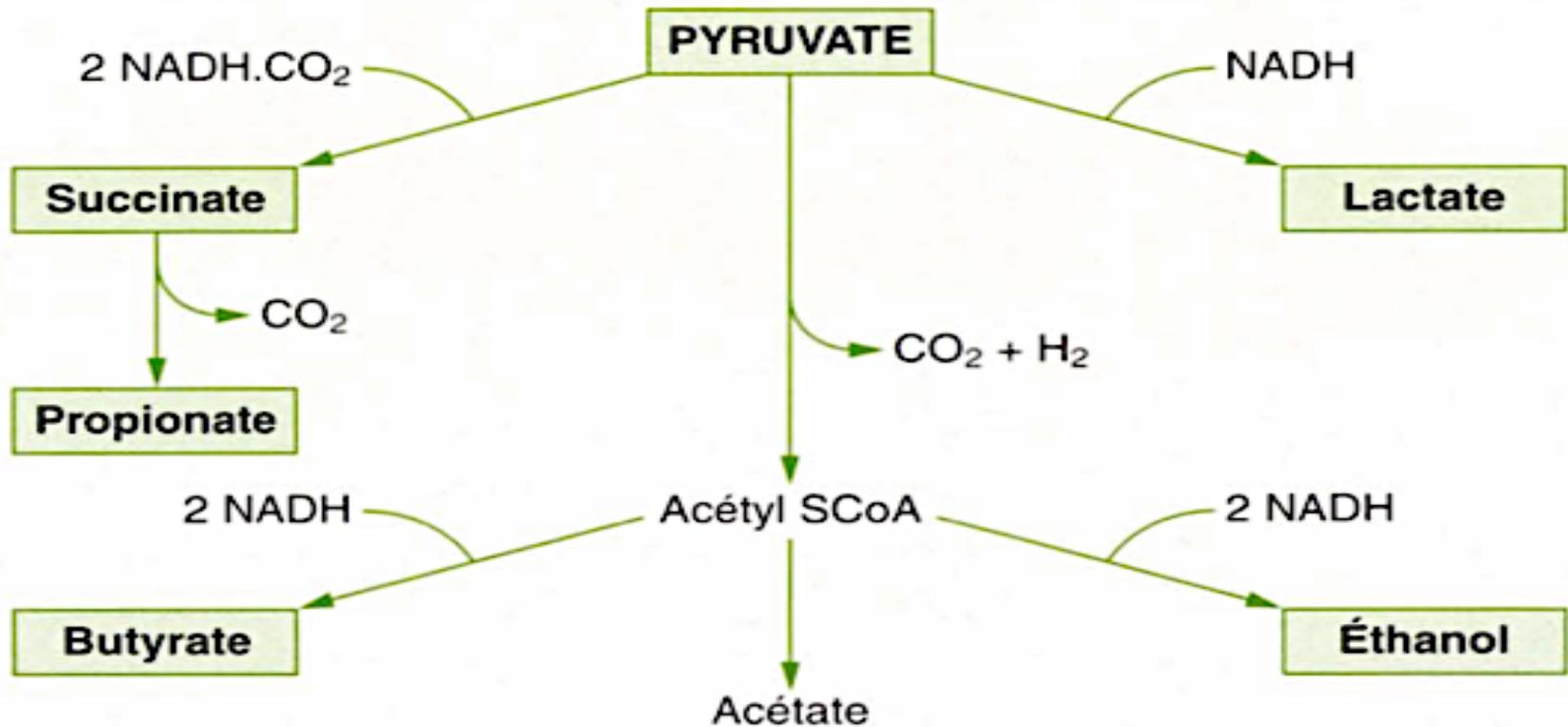
Acide lactique

Éthanol

Non retrouvés dans le rumen : pourquoi ?₁₇

ENZYMES

Détail des voies fermentaires



Succession de transformations entre micro-organismes



Métabolites terminaux de la fermentation de la cellulose par *Ruminococcus albus* en monoculture et en co-culture avec l'espèce méthanogène *Methanobrevibacter smithii* (d'après Miller [61])

Métabolites	Quantité produite (mol/100 mol d'héxose fermenté)	
	<i>R. albus</i>	<i>R. albus</i> + <i>M. smithii</i>
Acétate	89 ± 6	151 ± 10
Éthanol	81 ± 9	22 ± 2
Formate	14 ± 4	0
CO ₂	156 ± 3	98 ± 7
CH ₄	0	75 ± 5
H ₂	140 ± 13	0

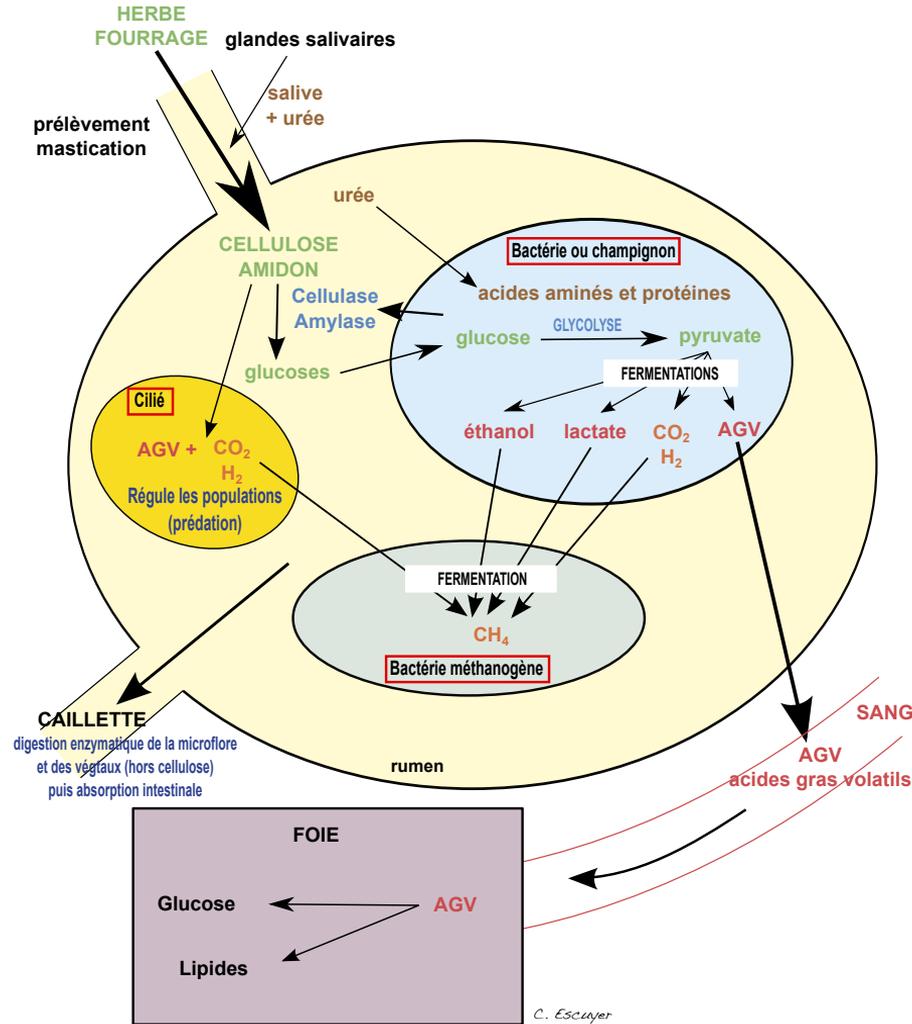
Succession de transformations entre micro-organismes

Métabolites terminaux de la fermentation de la cellulose par *Ruminococcus albus* en monoculture et en co-culture avec l'espèce méthanogène *Methanobrevibacter smithii* (d'après Miller [61])

Métabolites	Quantité produite (mol/100 mol d'héxose fermenté)	
	<i>R. albus</i>	<i>R. albus</i> + <i>M. smithii</i>
Acétate	89 ± 6	151 ± 10
Éthanol	81 ± 9	22 ± 2
Formate	14 ± 4	0
CO ₂	156 ± 3	98 ± 7
CH ₄	0	75 ± 5
H ₂	140 ± 13	0

Les bactéries méthanogènes utilisent les produits de *Ruminococcus* comme substrat métabolique : consommation de l'éthanol et du formate mais apparition de méthane

BILAN



C. ESCUYER

La digestion

Bouche : mastication et imprégnation de salive avec urée

Œsophage : conduit les aliments du rumen à la bouche, dans les 2 sens

Rumen : digestion de la cellulose et de l'amidon par la microflore et absorption des AGV

Bonnet : tri des particules

Feuillet : absorption d'eau

Estomac (= caillette) : digestion des protéines dont celles de la microflore

Intestin : digestion enzymatique (sucs issus du pancréas et bile issue du foie), action d'une autre microflore et absorption des nutriments

Côlon : digestion par microflore et absorption d'AGV et d'eau

Rectum : accumulation des bouses avant évacuation

La digestion : généralisation

Un appareil digestif est un ensemble d'organes parmi lesquels :

- le **tube digestif** où transitent les aliments : bouche, œsophage, estomac, intestin...
- des **organes** dits « **annexes** » mais indispensables : dents, muscles masticateurs, glandes (salivaires, foie, pancréas...)

Une **microflore** est associée : rumen des ruminants, cæcum des rongeurs...

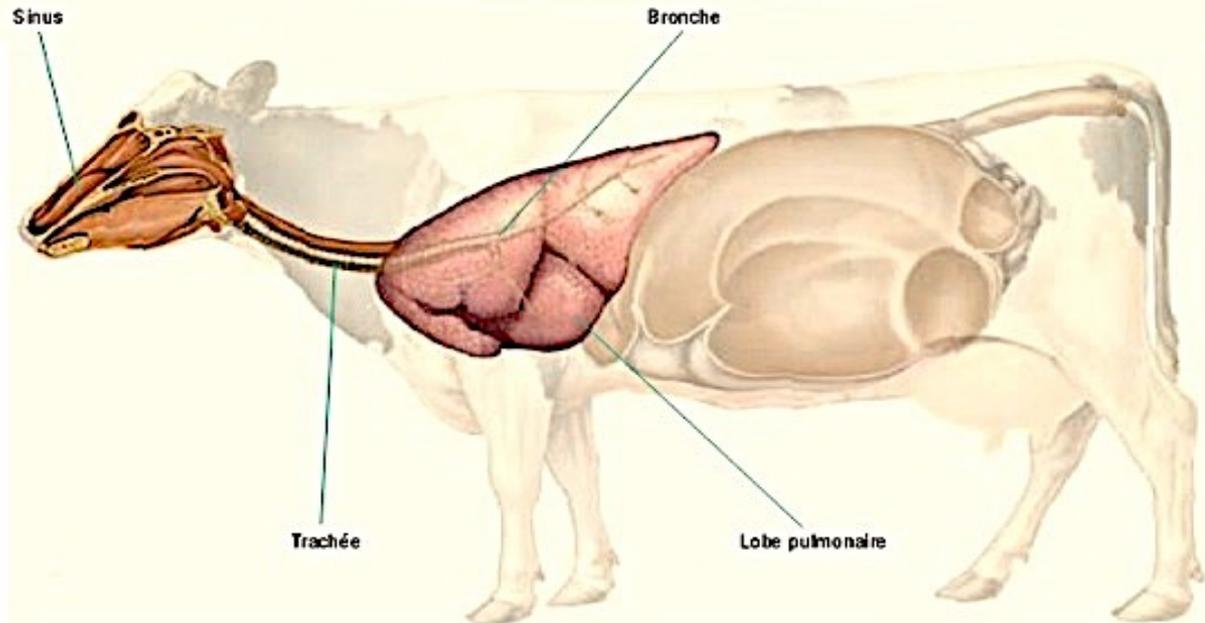
Le schéma général d'une digestion est :

- 1) Fragmentation mécanique
- 2) Fragmentation chimique
- 3) Absorption des nutriments
- 4) Évacuation des aliments non assimilés

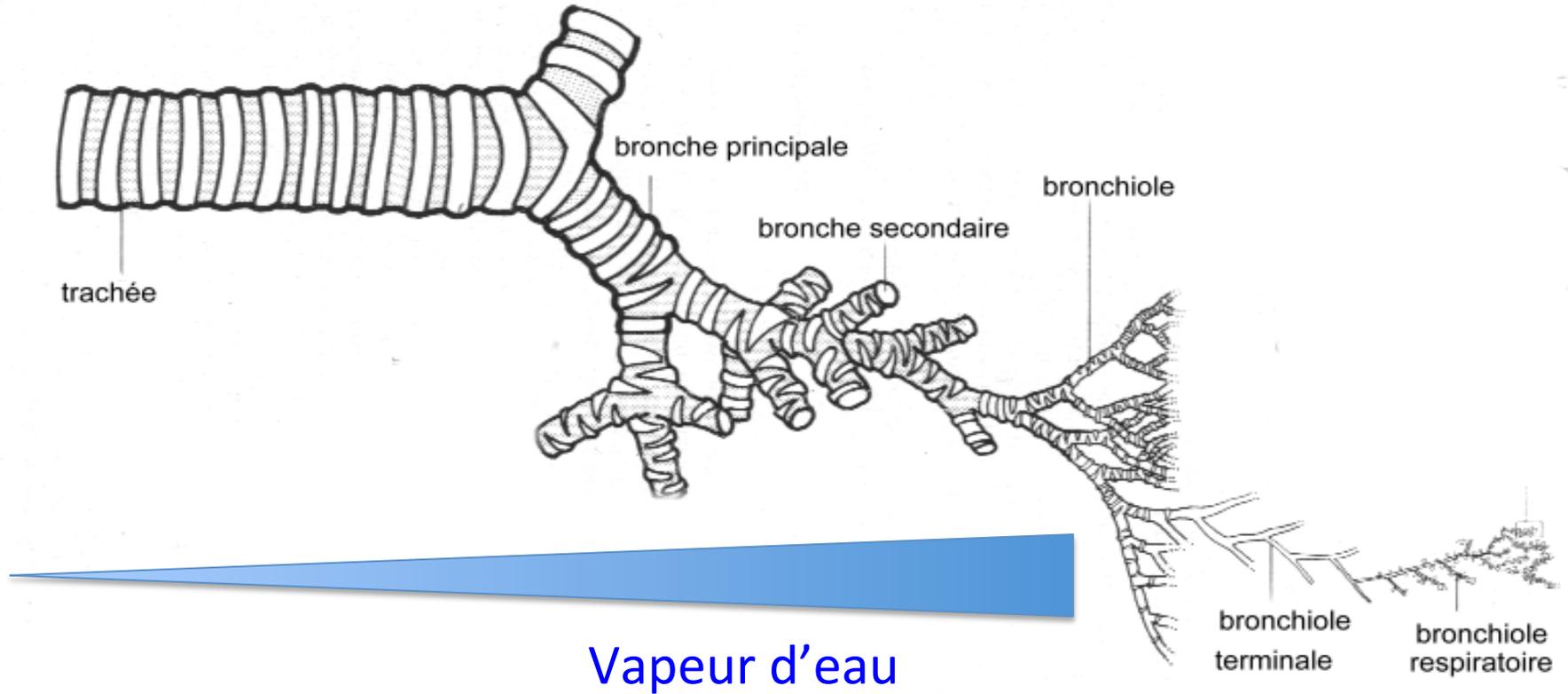
L'appareil respiratoire de la vache

Anatomie

Appareil respiratoire



Les voies respiratoires

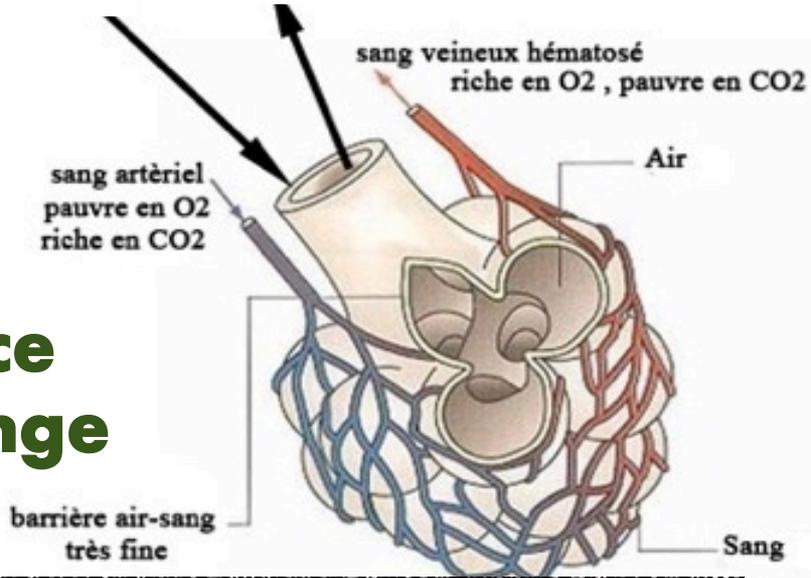
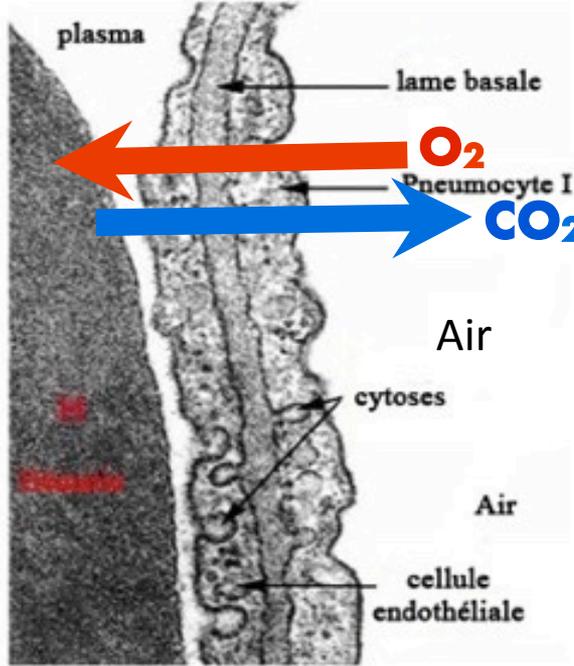




0,6 μm

Air inspiré
20% de O_2
0,03 % de CO_2

Air expiré
15% de O_2
5 % de CO_2

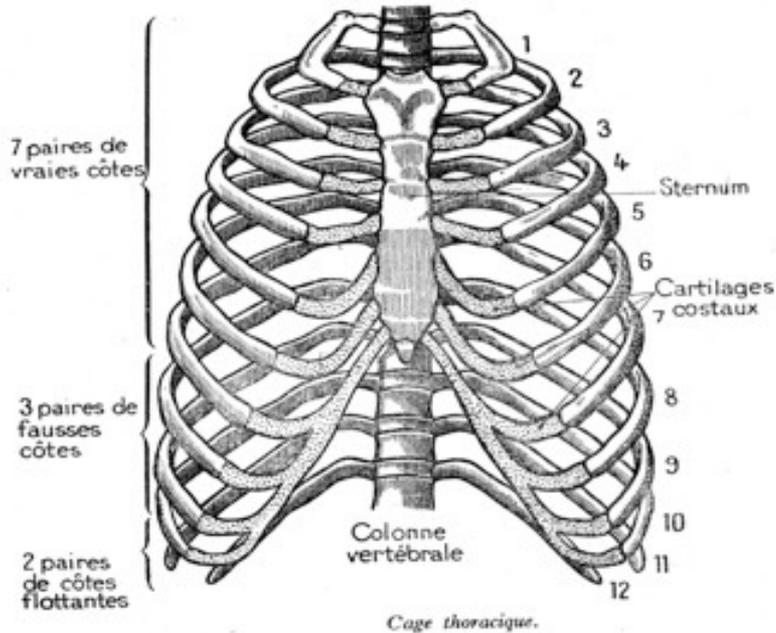


Surface d'échange

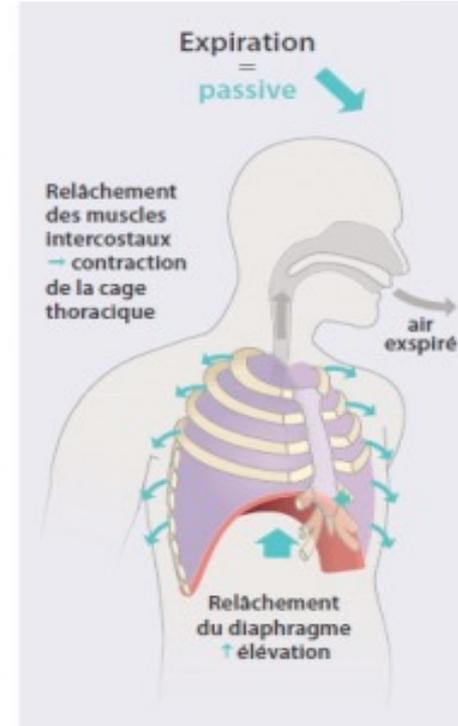
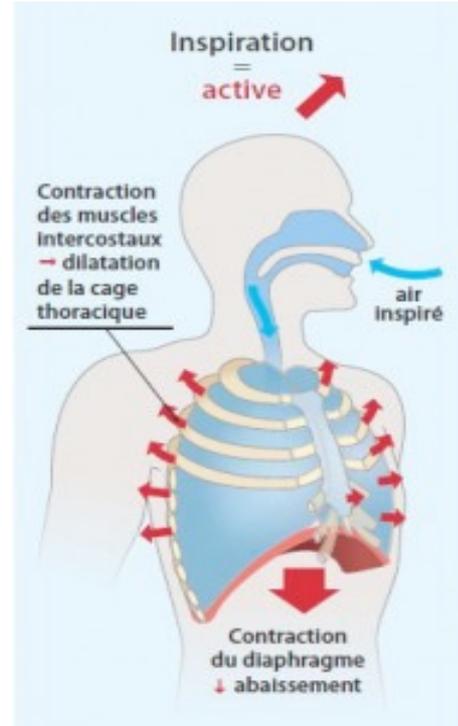


Finesse : 0,6 μm
Surface : 500 m^2
différence de pression

La ventilation



Cage thoracique +
plèvre : maintien

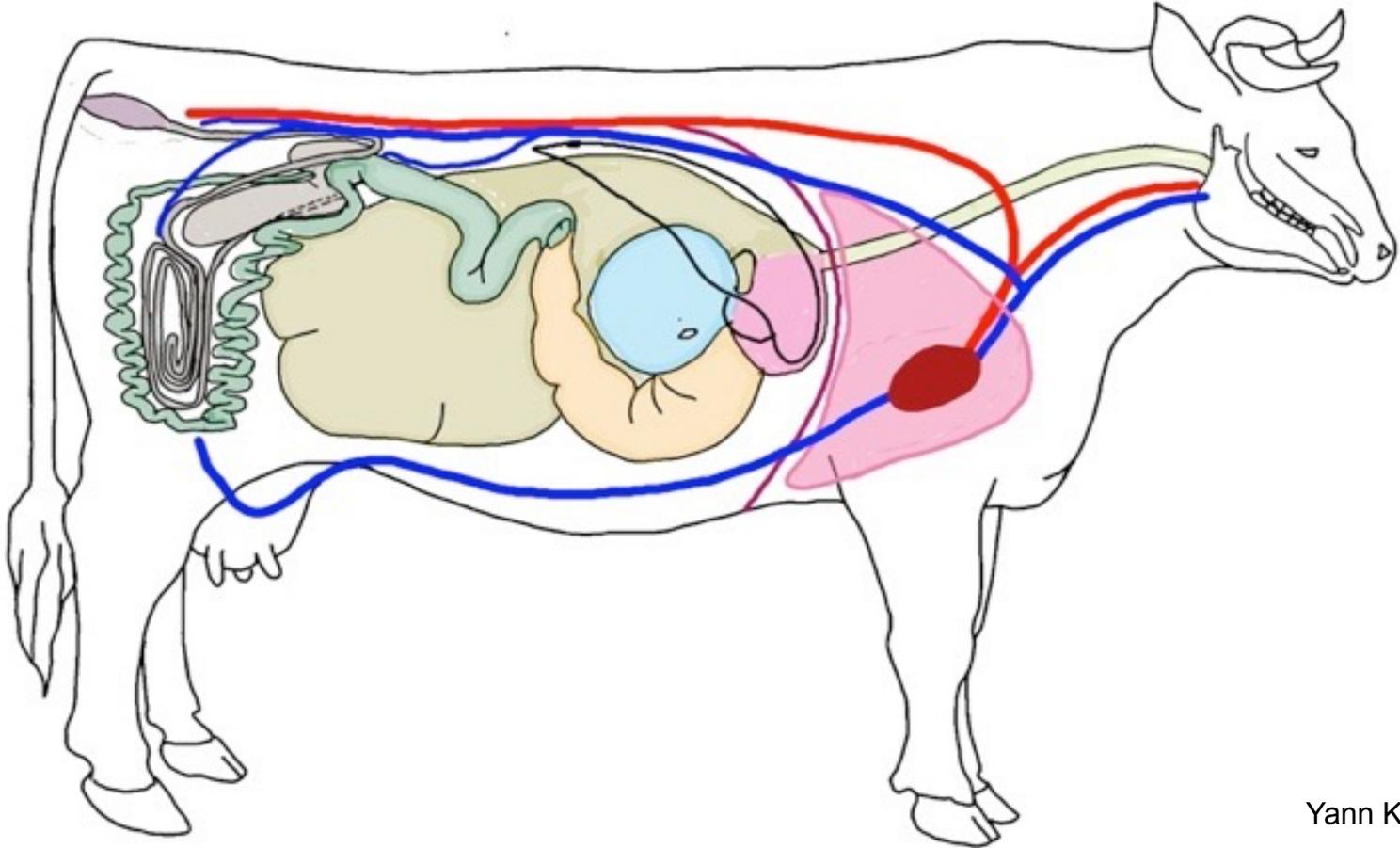


Mouvements des muscles :
ventilation

1. Les fonctions de nutrition de la vache

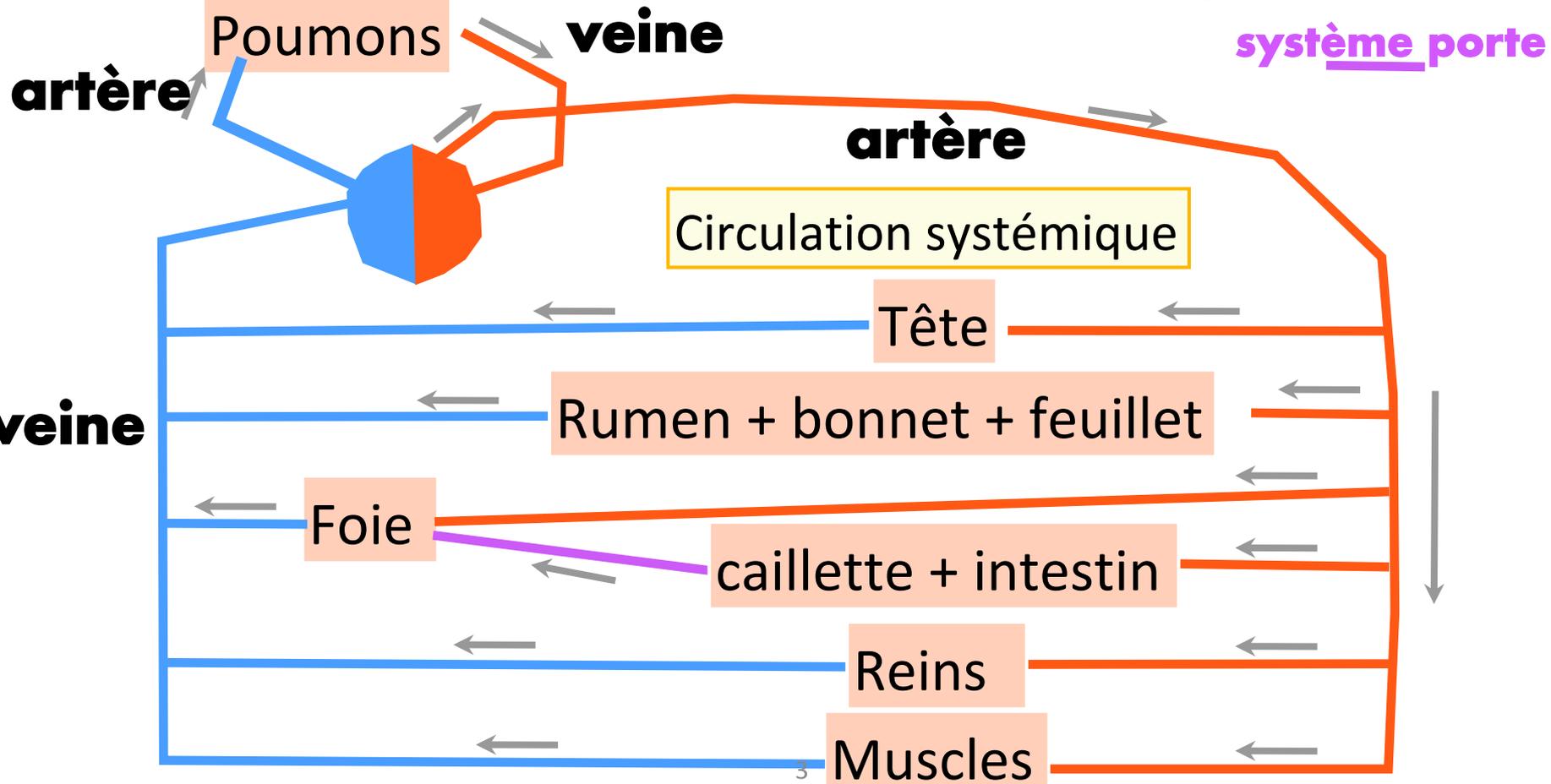
1.2. La circulation et la distribution du sang

La respiration et la circulation

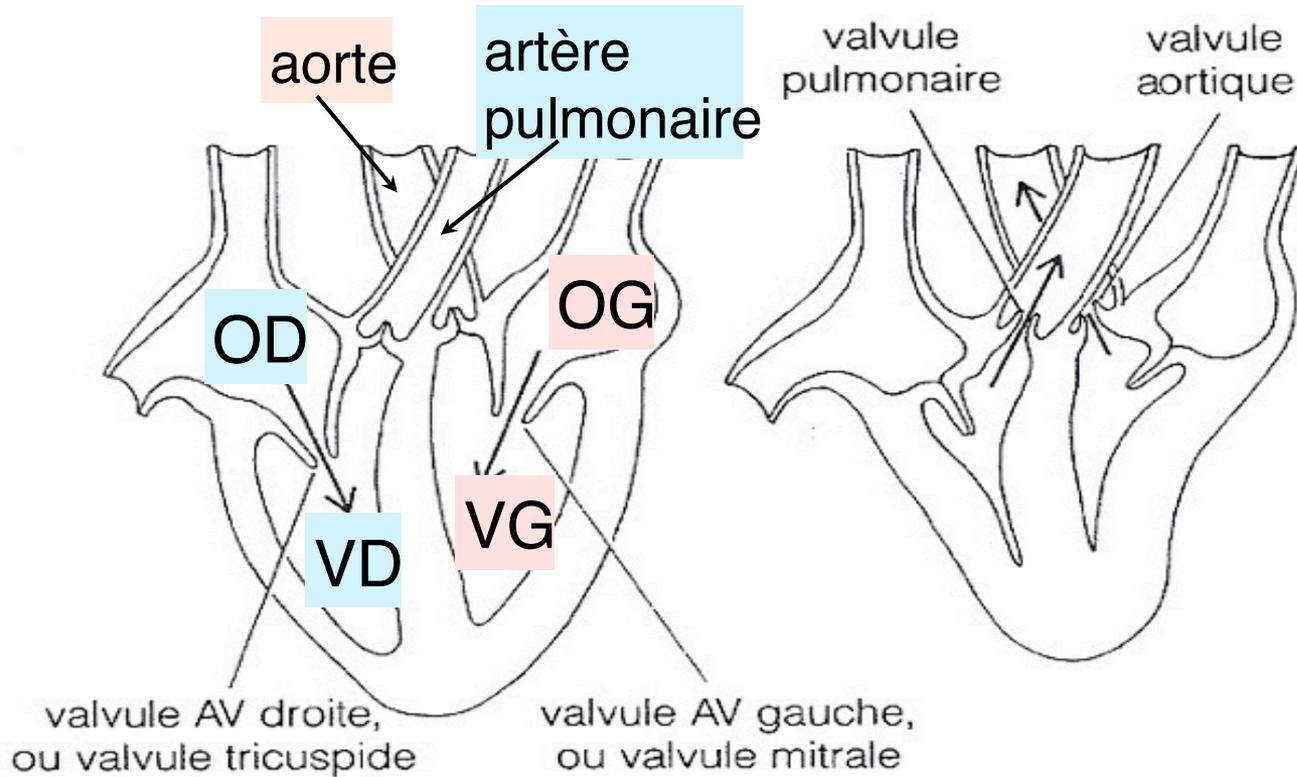


Le circuit du sang

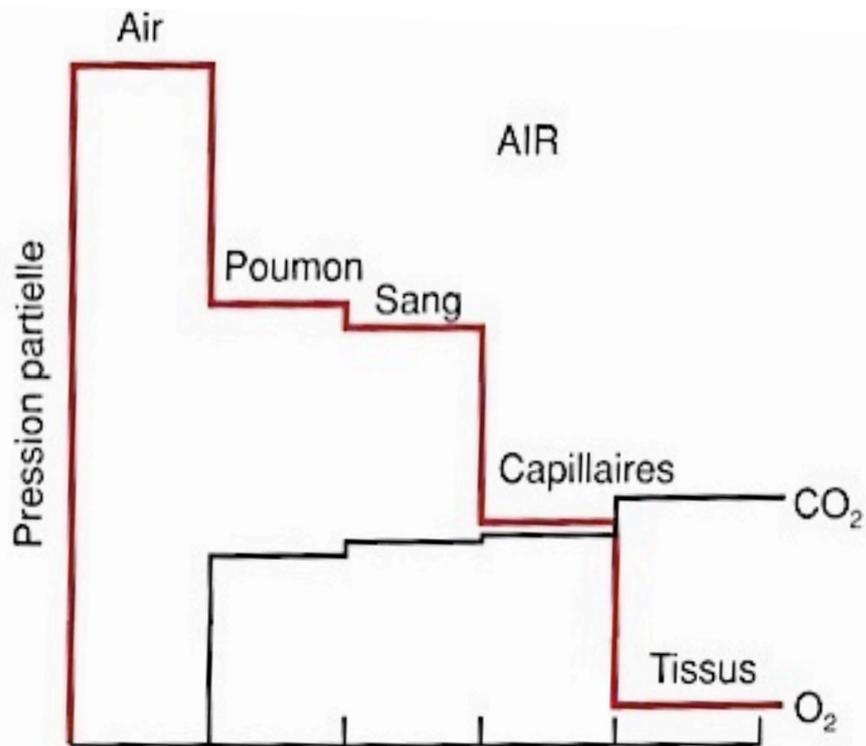
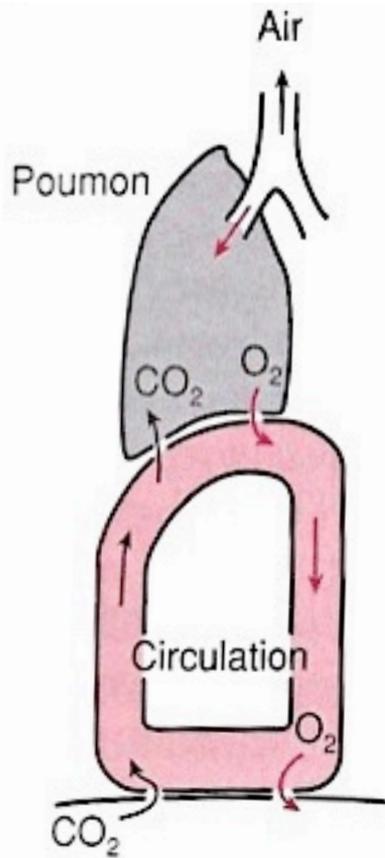
Circulation pulmonaire



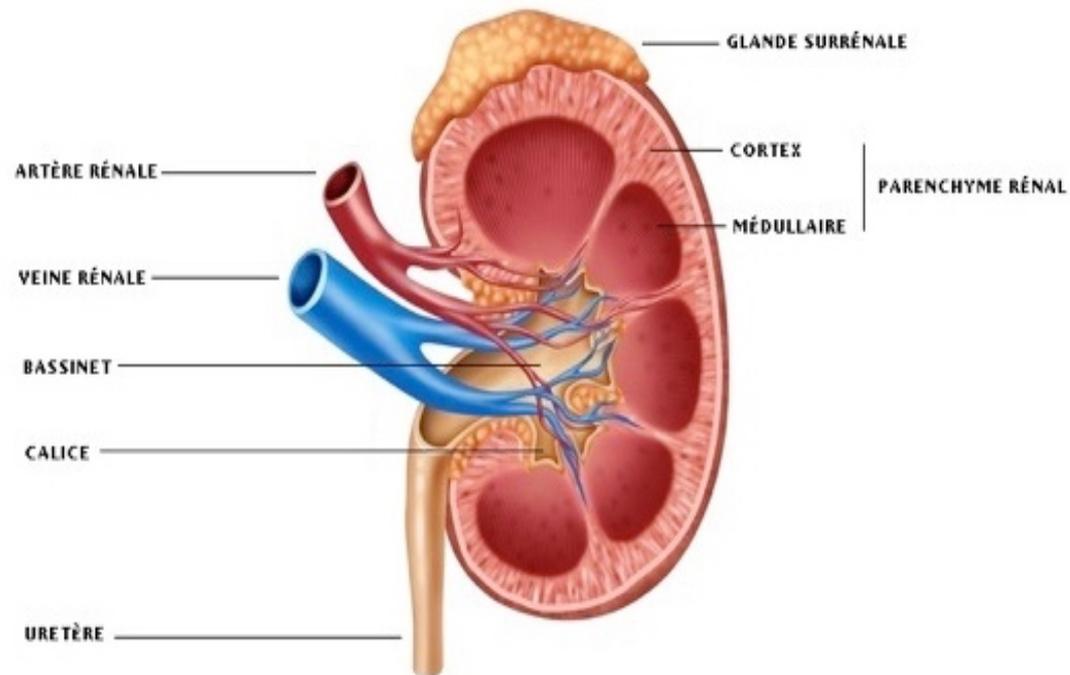
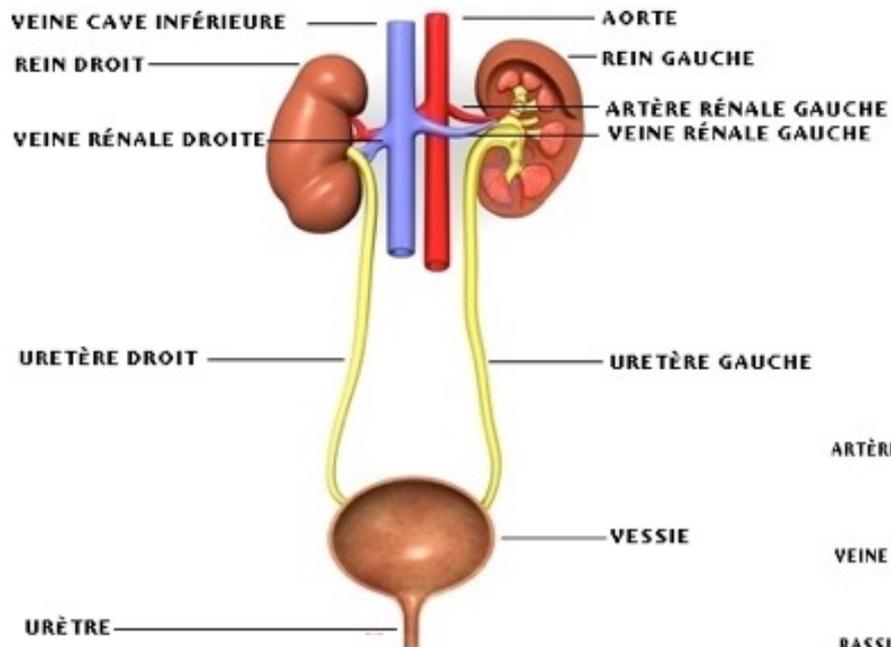
Le cœur, une double pompe



Les surfaces d'échange de gaz



Appareil urinaire



Fonctionnement d'un néphron

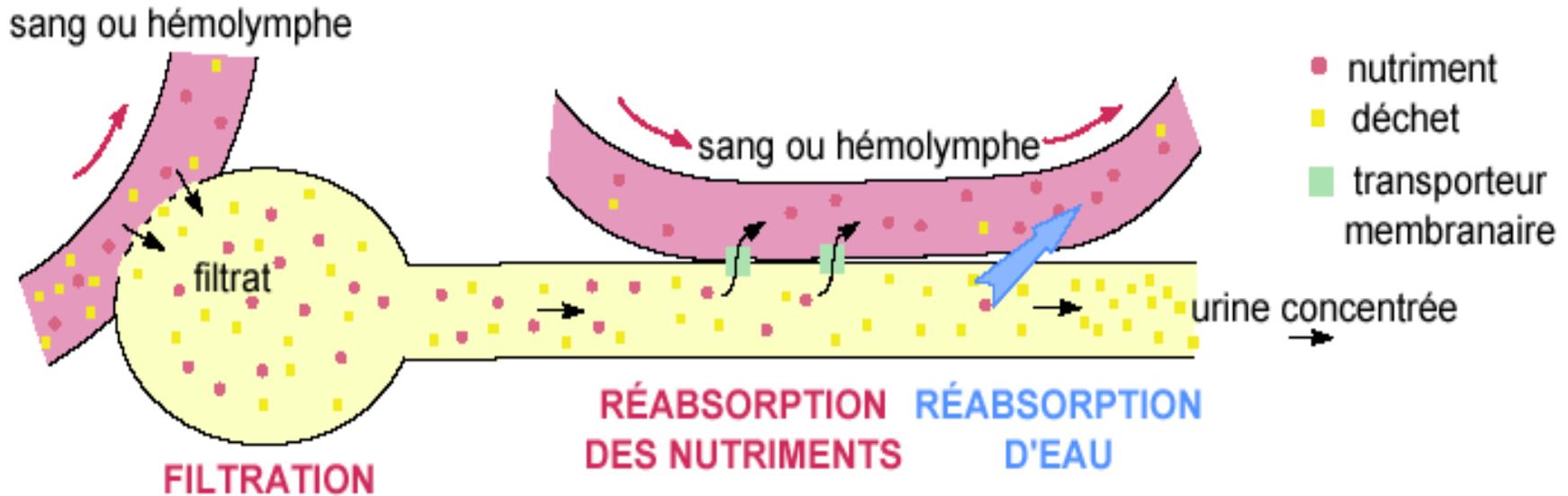
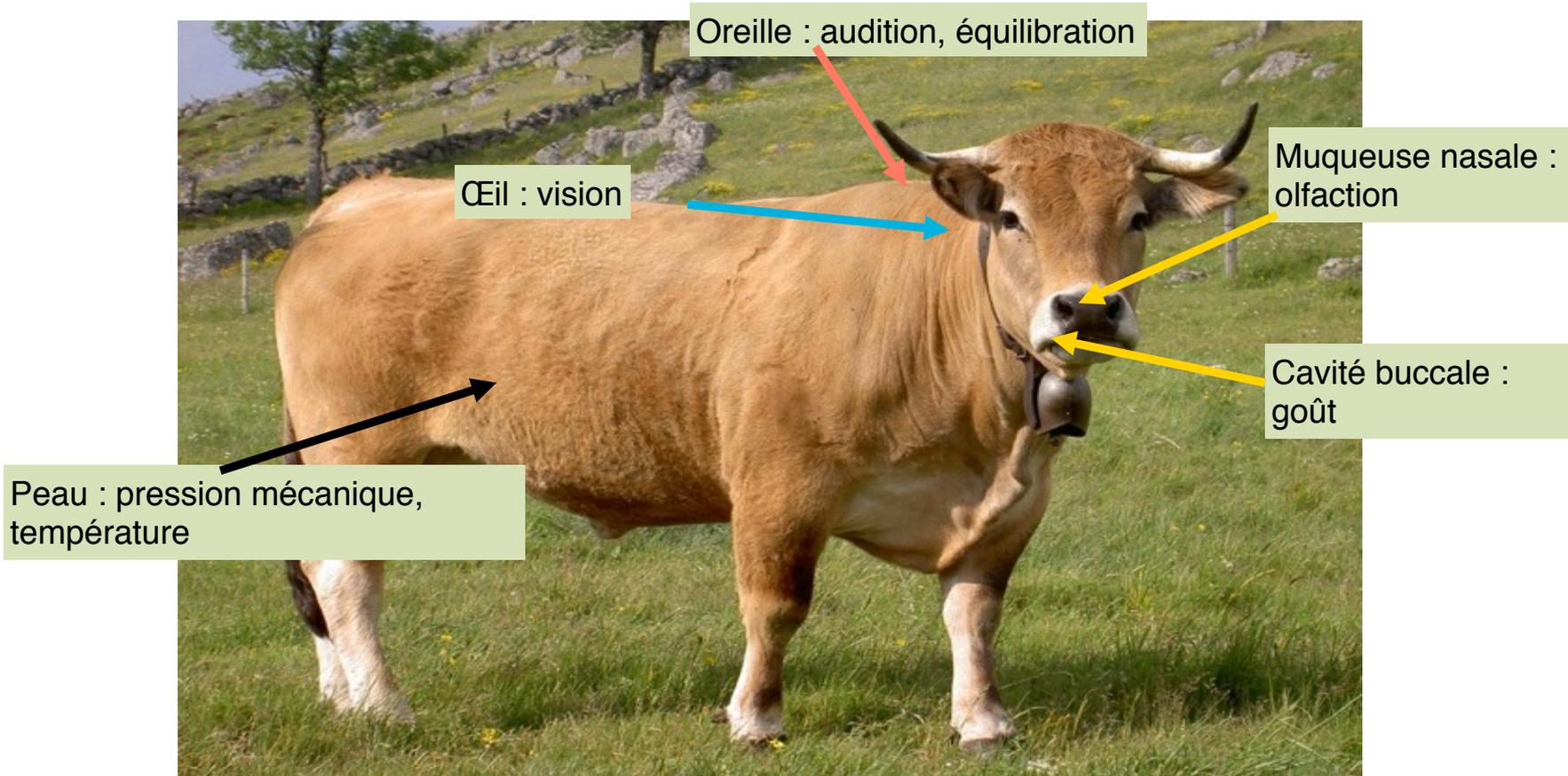


FIGURE 12.10 Les deux étapes de l'élaboration de l'urine dans les organes excréteurs.

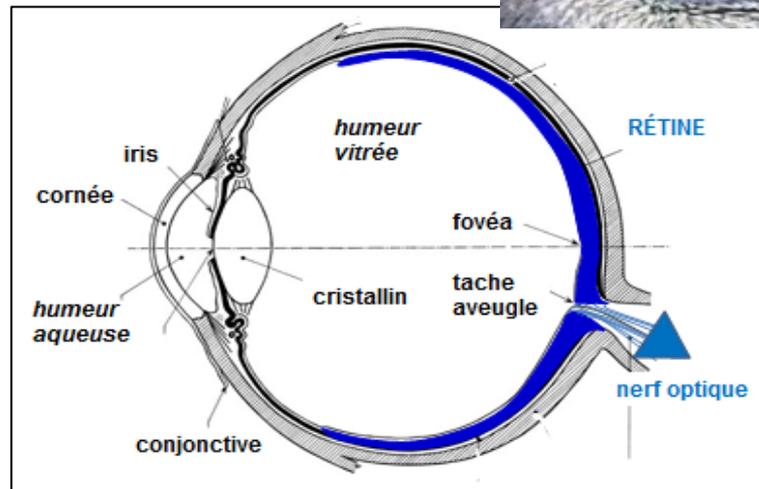
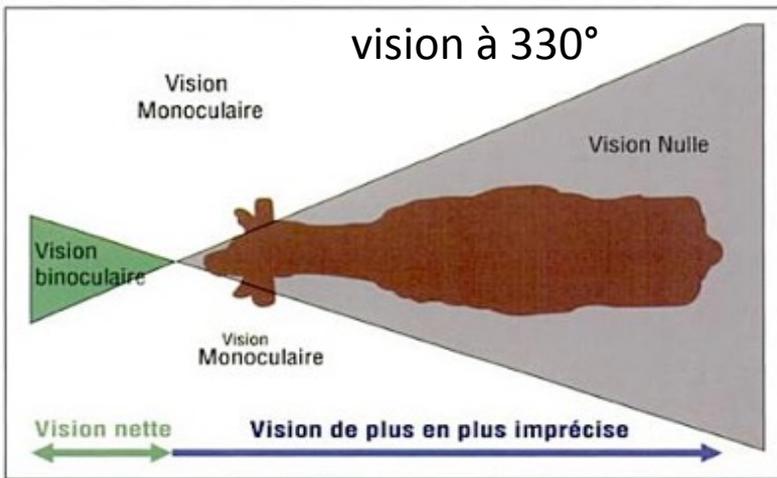
2. L'organisme en relation avec son milieu

2.1. Les fonctions de relation

Les sens de la vache

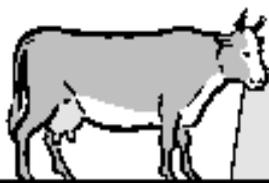


La vision chez la vache



Zone de vision supérieure

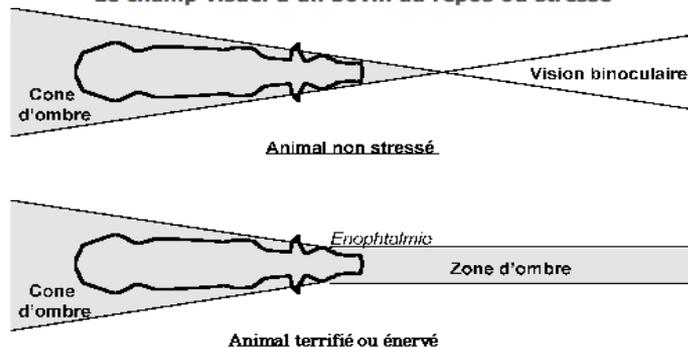
Zone de vision postérieure



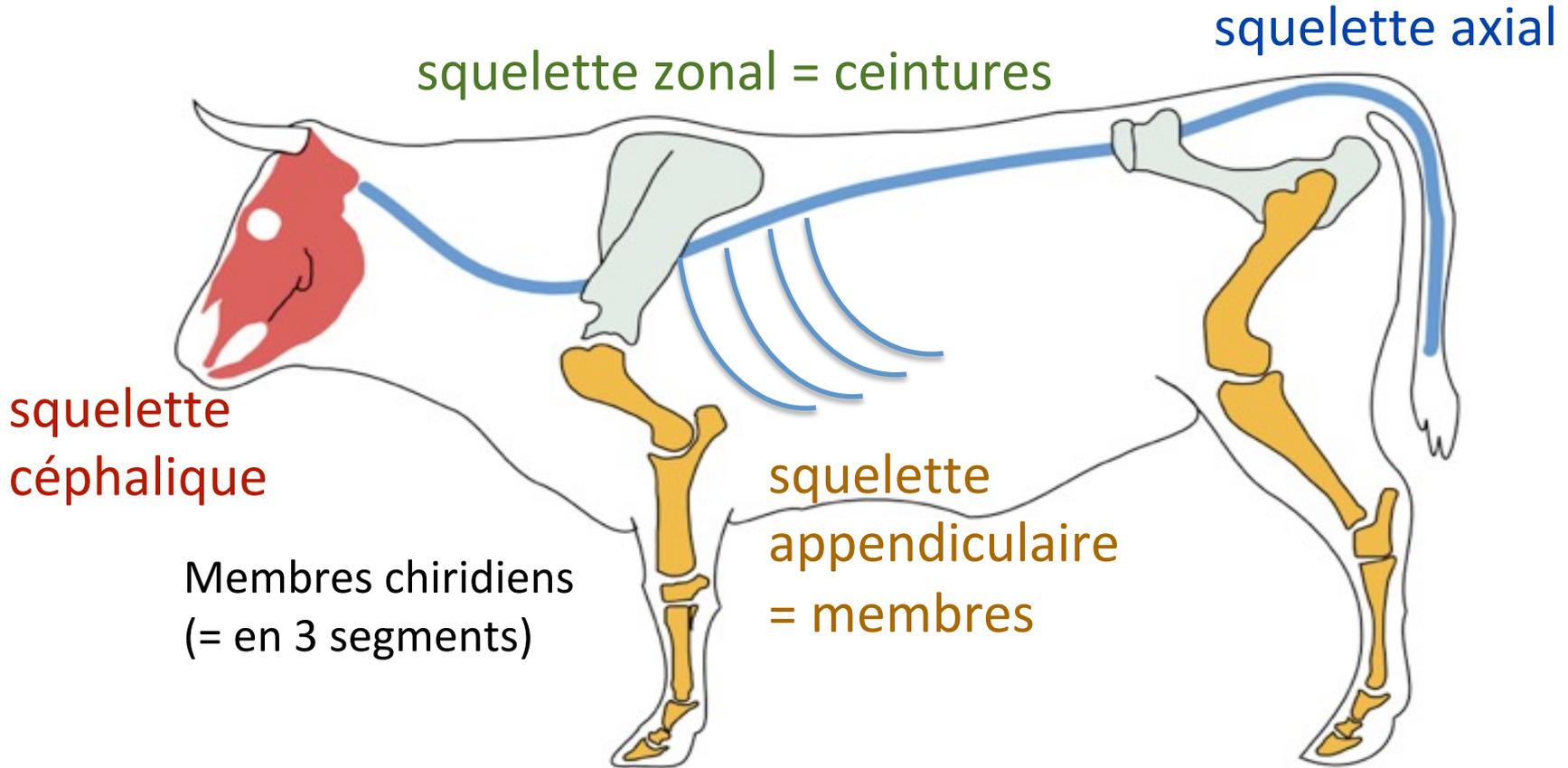
Zone de vision antérieure

1m

Le champ visuel d'un bovin au repos ou stressé



Squelette de vache

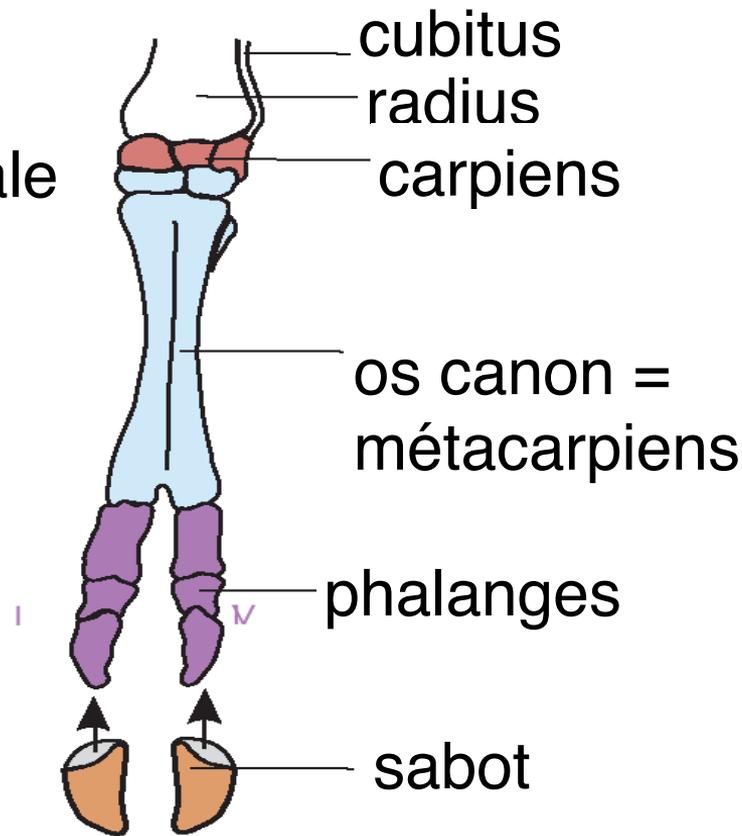


Remarque : les sabots n'appartiennent pas au squelette, ce sont des phanères.

Les membres de la vache

Quadrupède

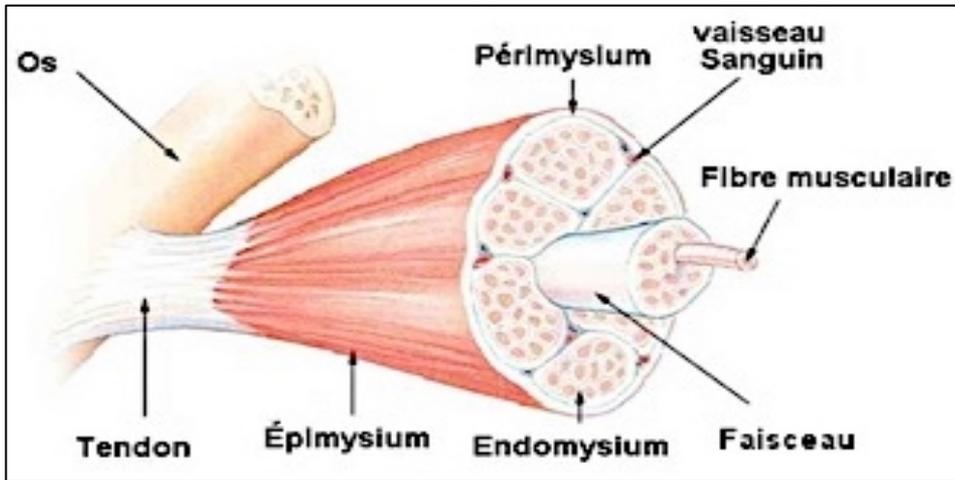
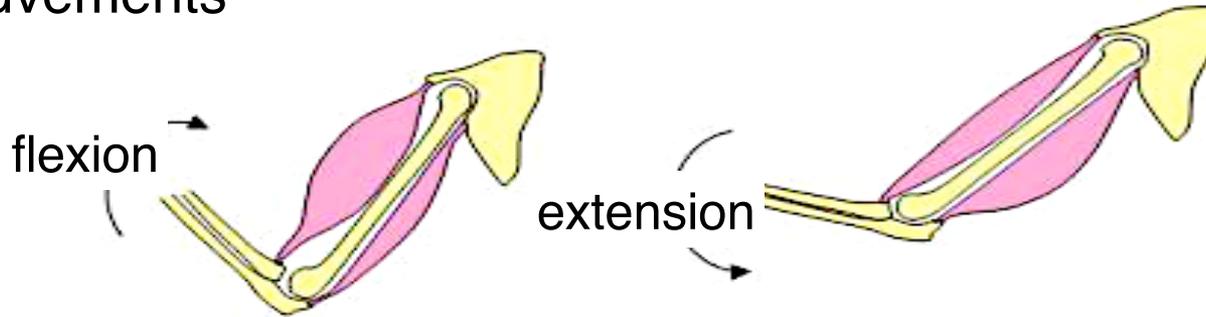
4 membres en position parasagittale



Extrémité du membre antérieur

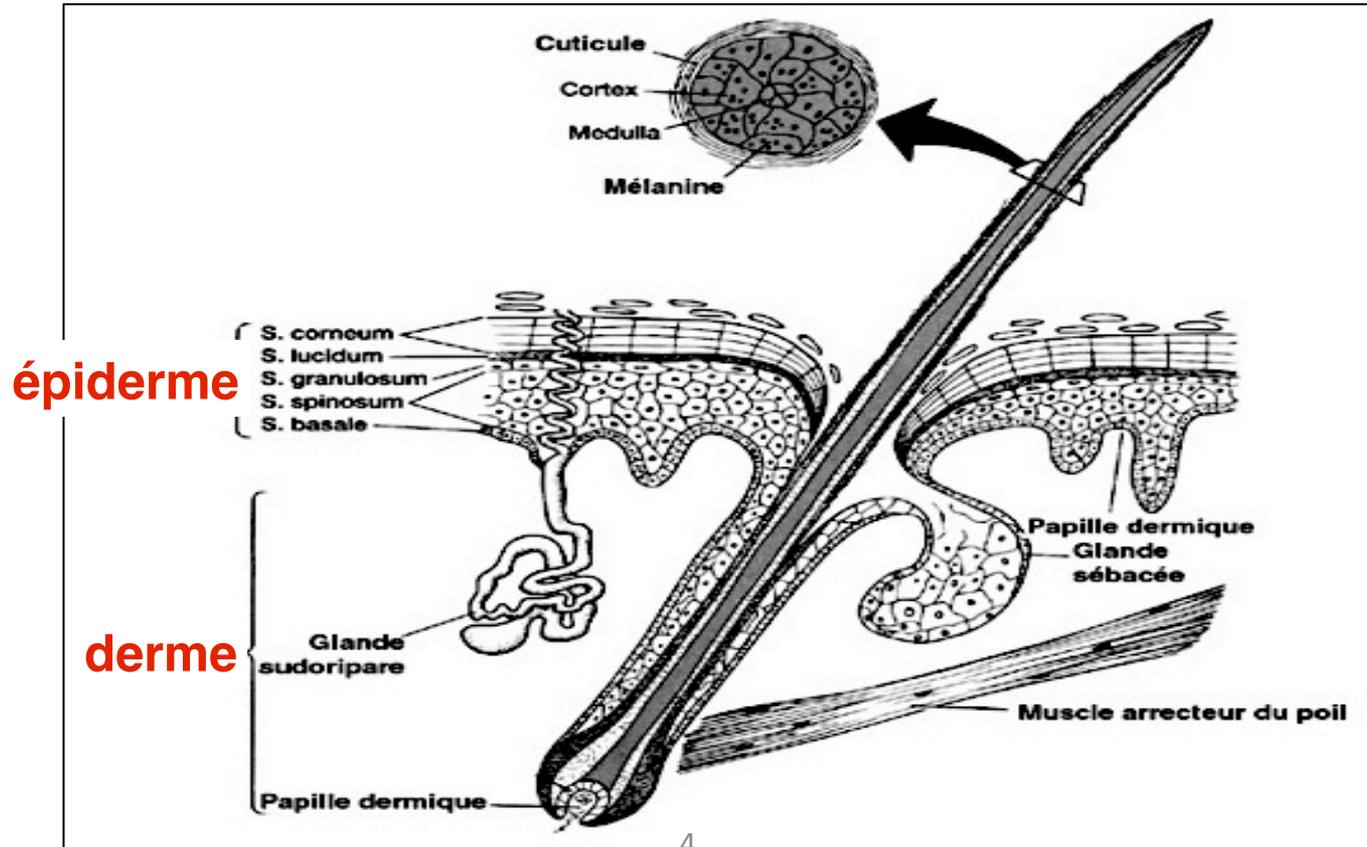
Muscles antagonistes

contraction et relâchements antagonistes permettant les mouvements



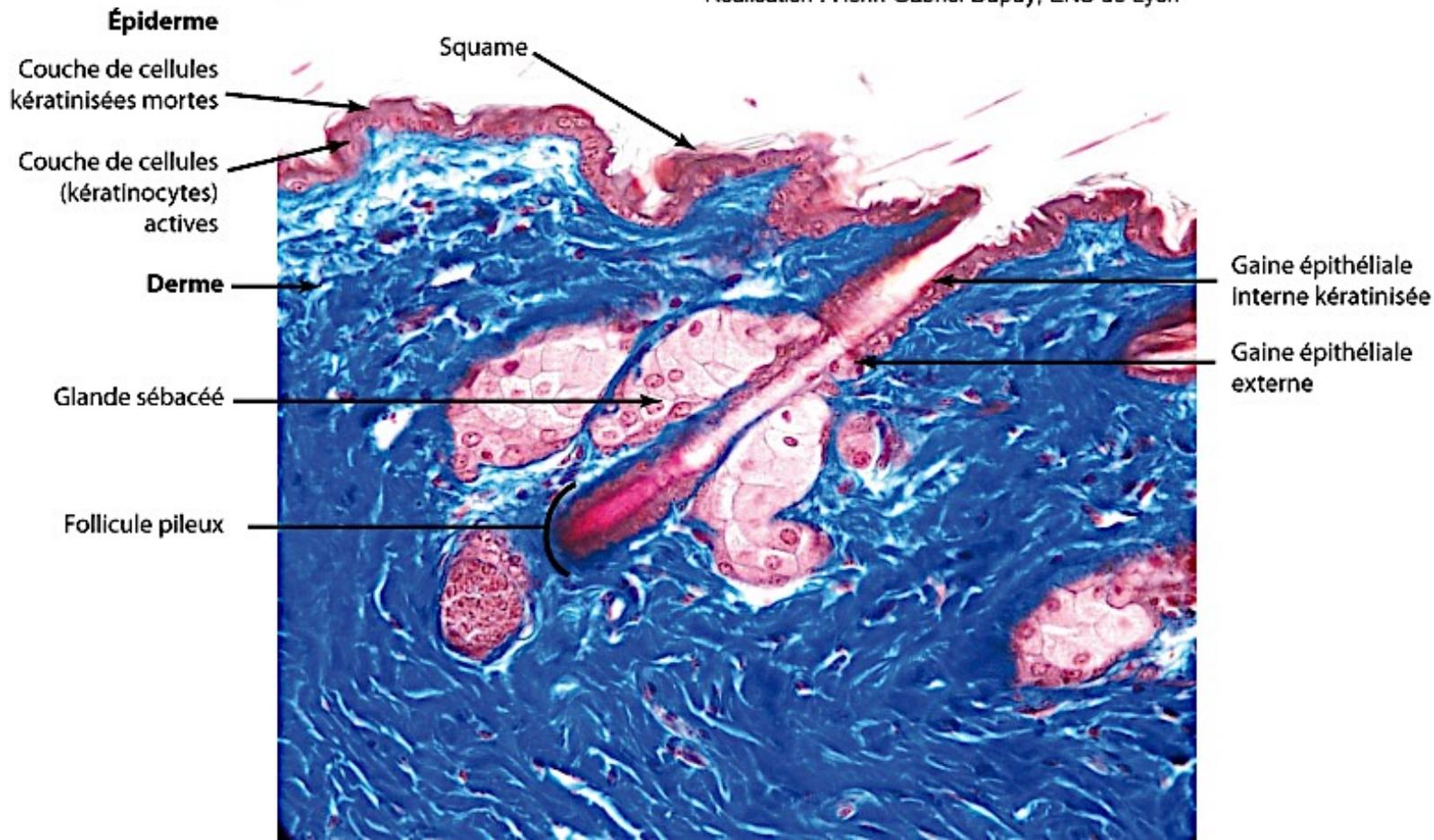
Endomysium, périmysium et épimysium sont des tissus conjonctifs qui entourent les cellules musculaires, les maintiennent regroupées en faisceaux, puis en muscle. Des nerfs parcourent également le muscle (non figurés ici). (<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/24614/ch01.html>).

Le tégument des mammifères

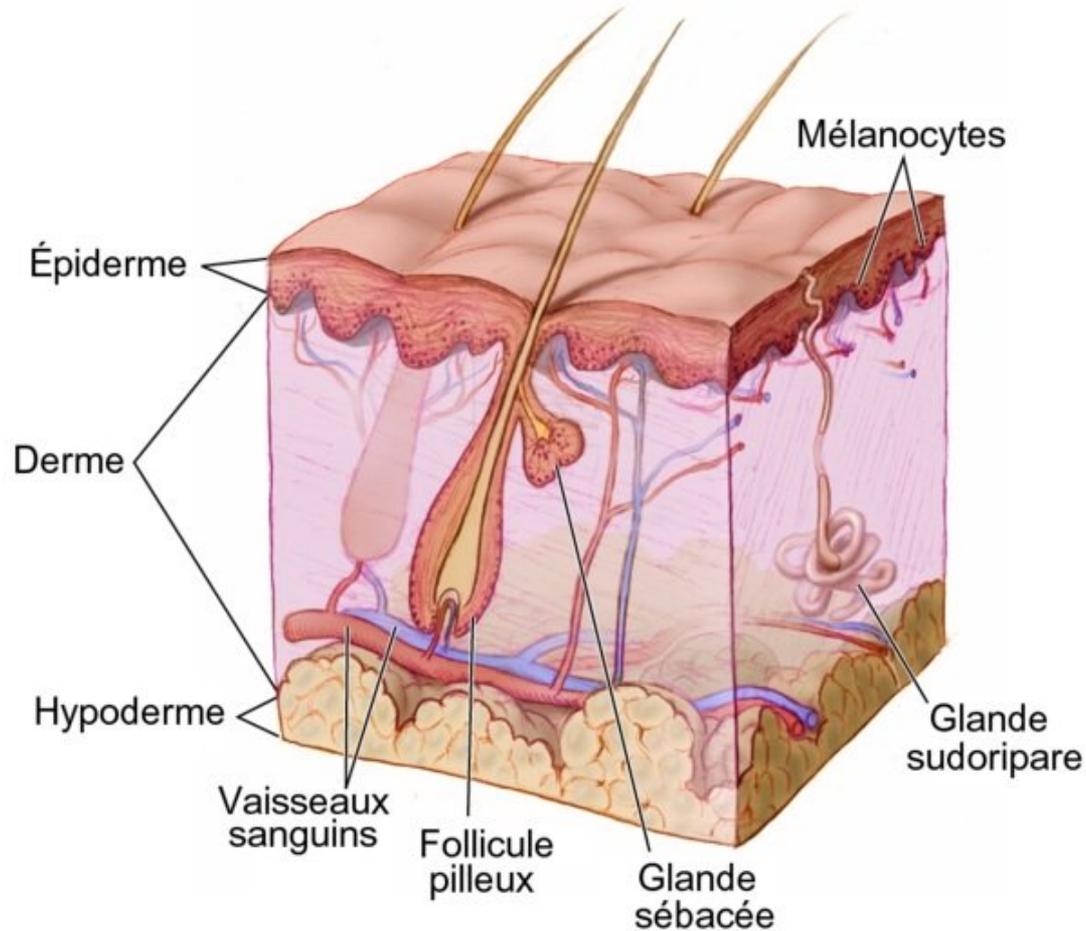


Le tégument des mammifères (souris)

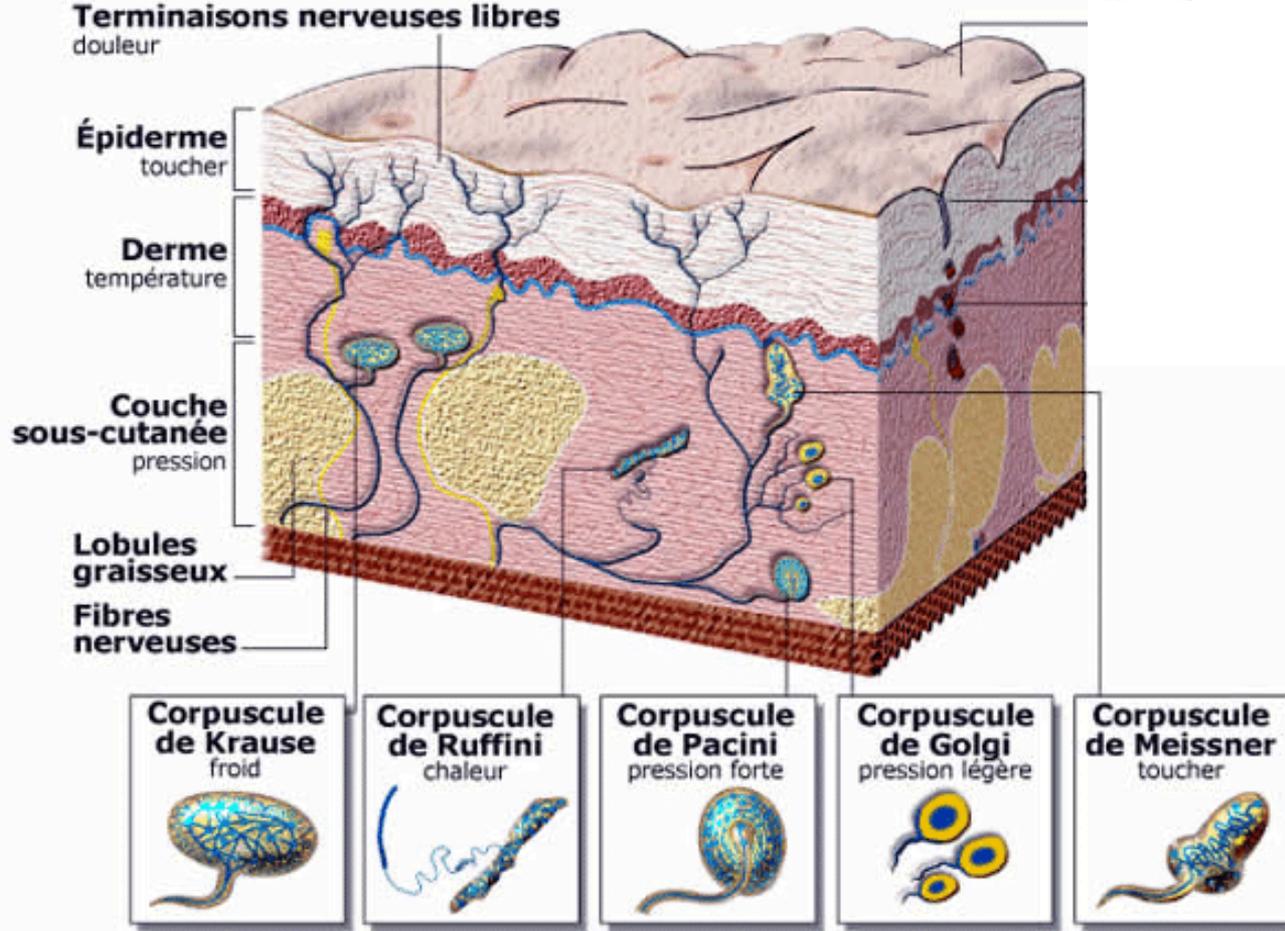
Réalisation : Henri-Gabriel Dupuy, ENS de Lyon



Vascularisation du tégument



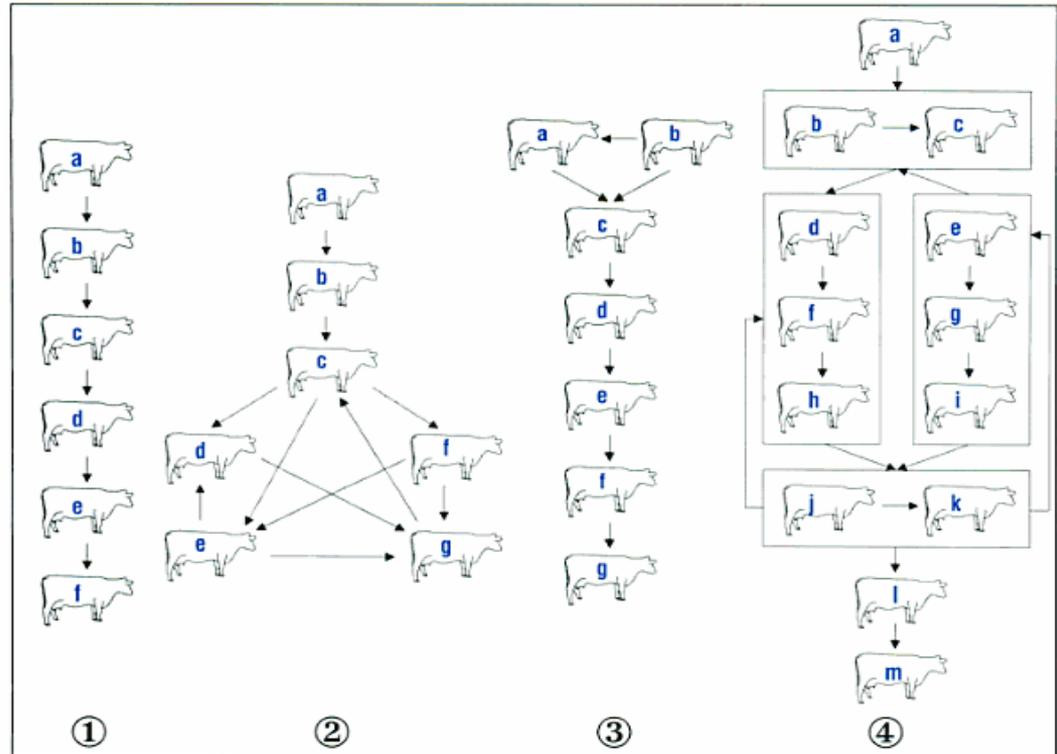
Sensibilité dans le tégument



Des relations de dominance possible



▲ Photo 3.3: Combat tête à tête entre deux génisses.



▲ Figure 3.1: Exemples de structures hiérarchiques de groupes de bovins femelles (d'après Bouissou, 2002).



Posture de tête et état de l'animal

Postures a priori sans danger pour l'homme :

- 1 Posture neutre
- 2 Posture confiante
- 3 Posture de soumission surtout utilisée entre animaux pour indiquer leur place dans la relation de dominance ou subordination

Postures synonymes de danger pour l'homme :

- 4 Posture agressive
- 5 Posture d'alerte précédant la fuite



1



2



3



4

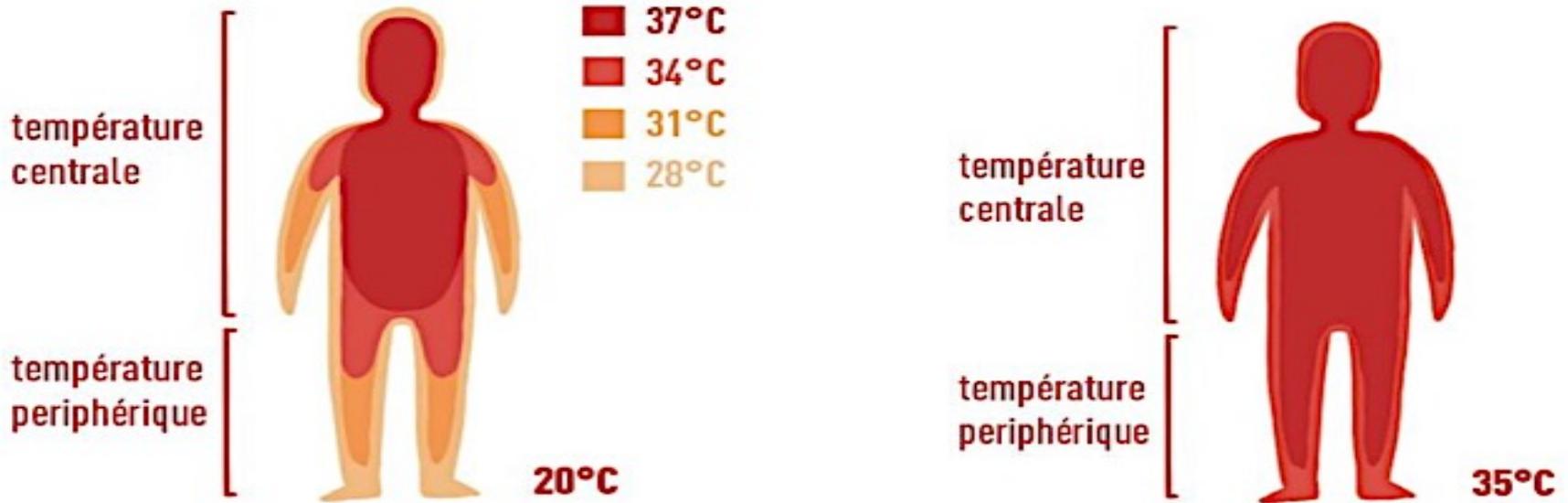


5

2. L'organisme en relation avec son milieu

2.2. Les régulations et adaptations au milieu variable

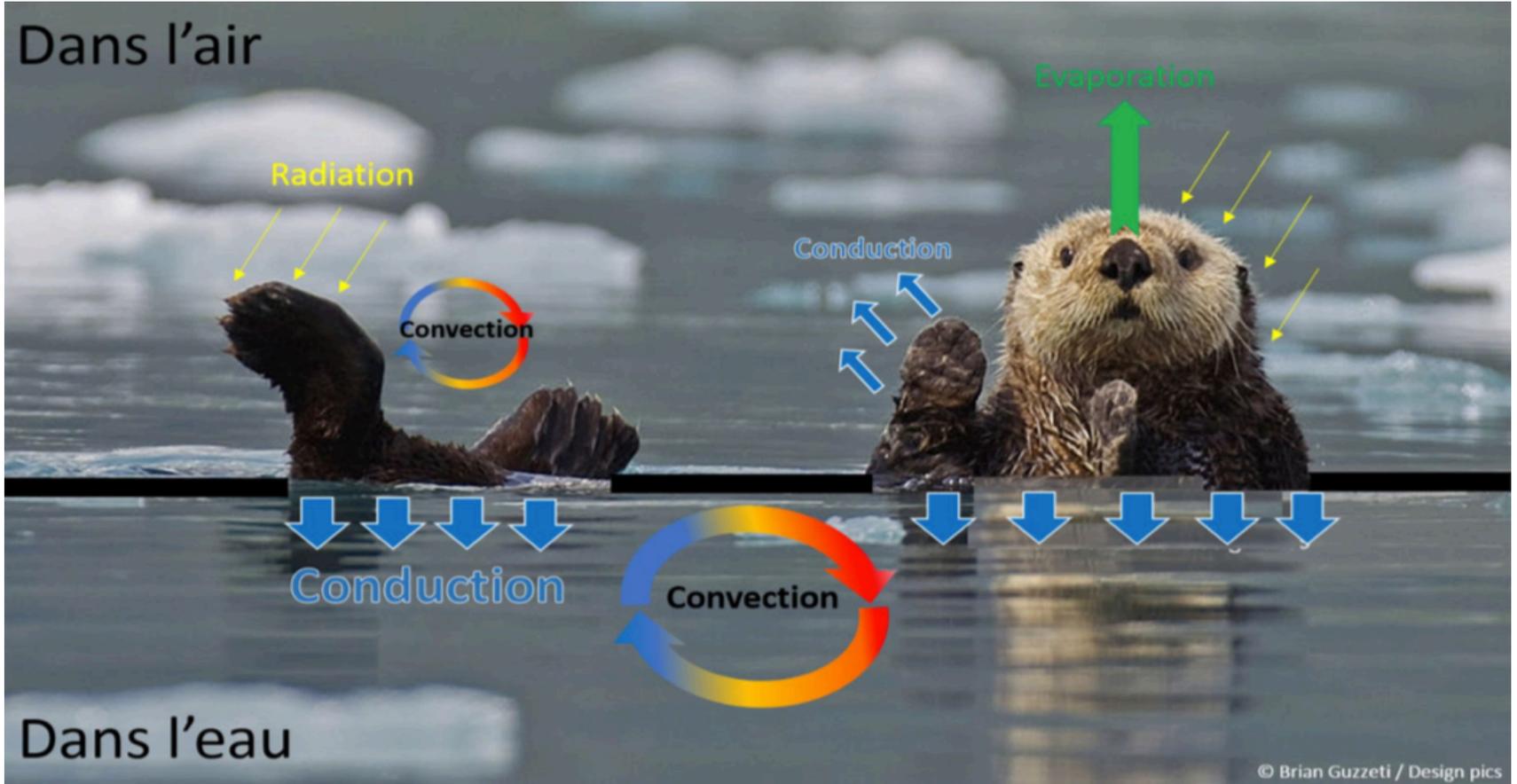
Température régulée des mammifères



Répartition de la chaleur chez l'Homme

Noyau = organes profonds à température stable (38 à 39°C chez la vache) : cœur, cerveau, rumen

Température régulée des mammifères



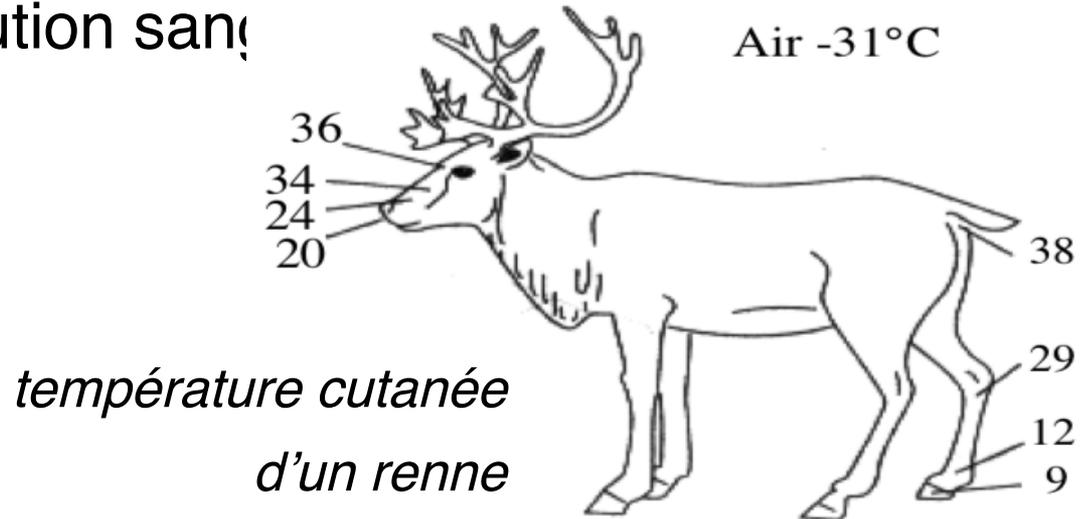
Réponses au froid

Thermogénèse

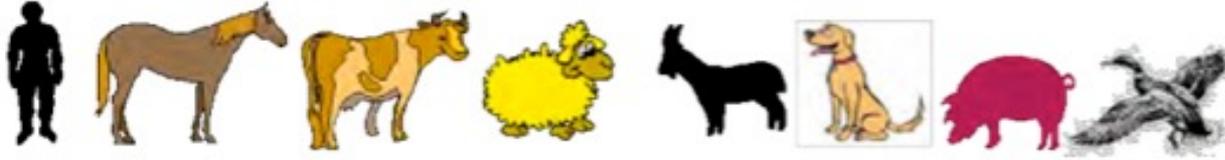
- stimulation hormonale du métabolisme des cellules
- frisson

Transferts thermiques

- régulation de la distribution sanguin
- muscles horripilateurs

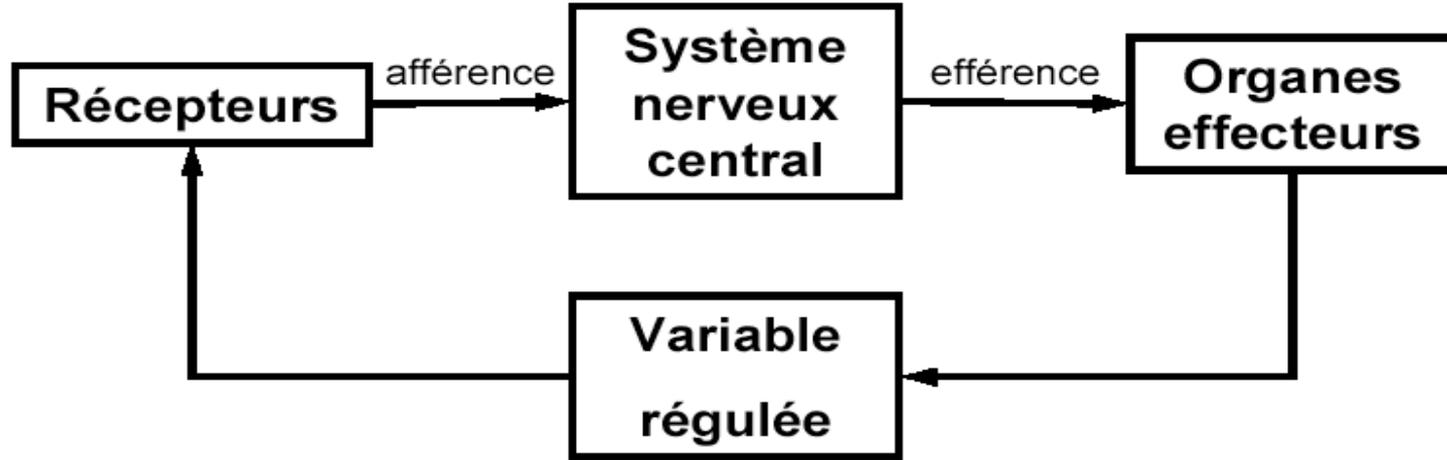


Réponses au chaud

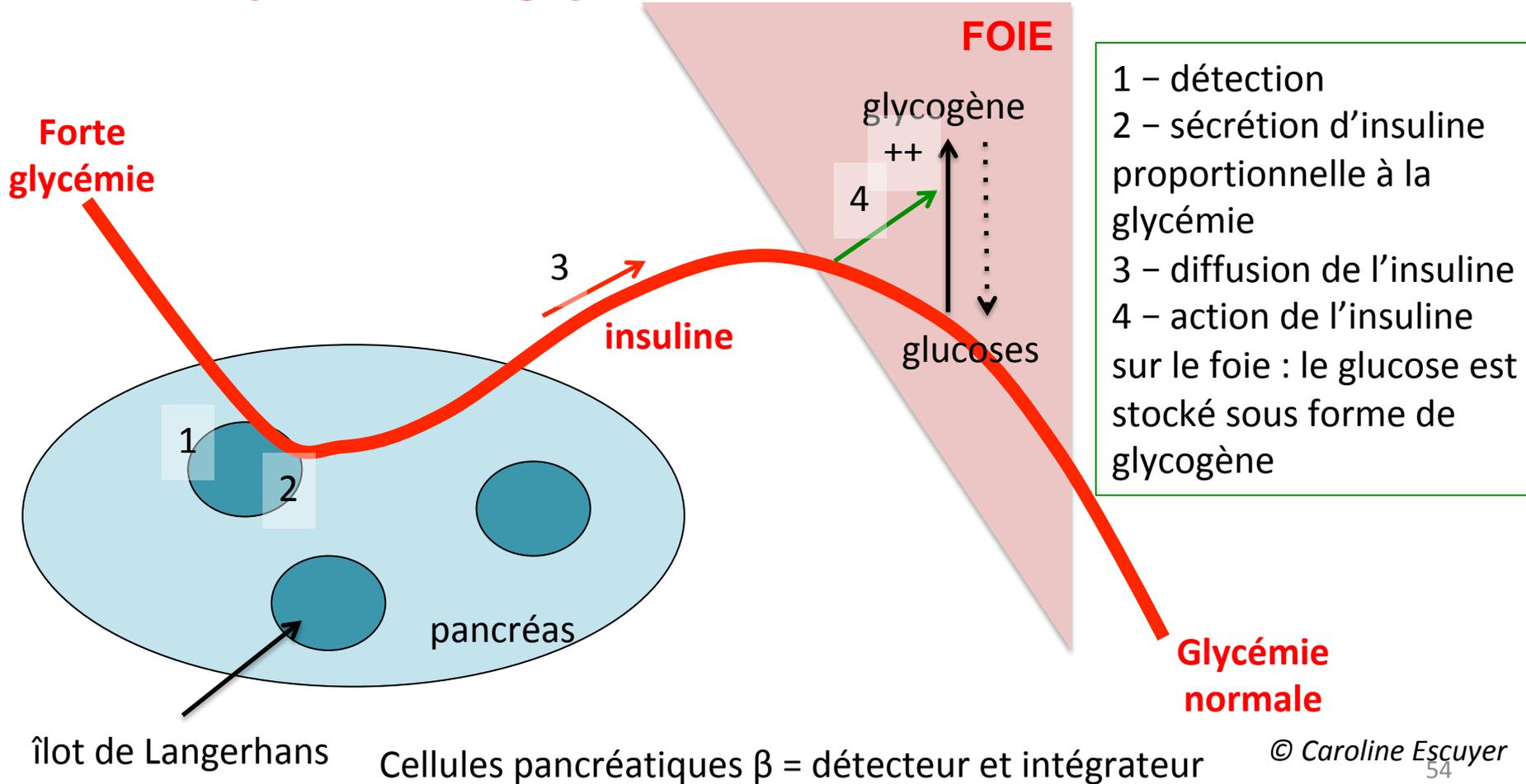


Proportion de la perte d'eau pour la thermorégulation entre polypnee et sudation.

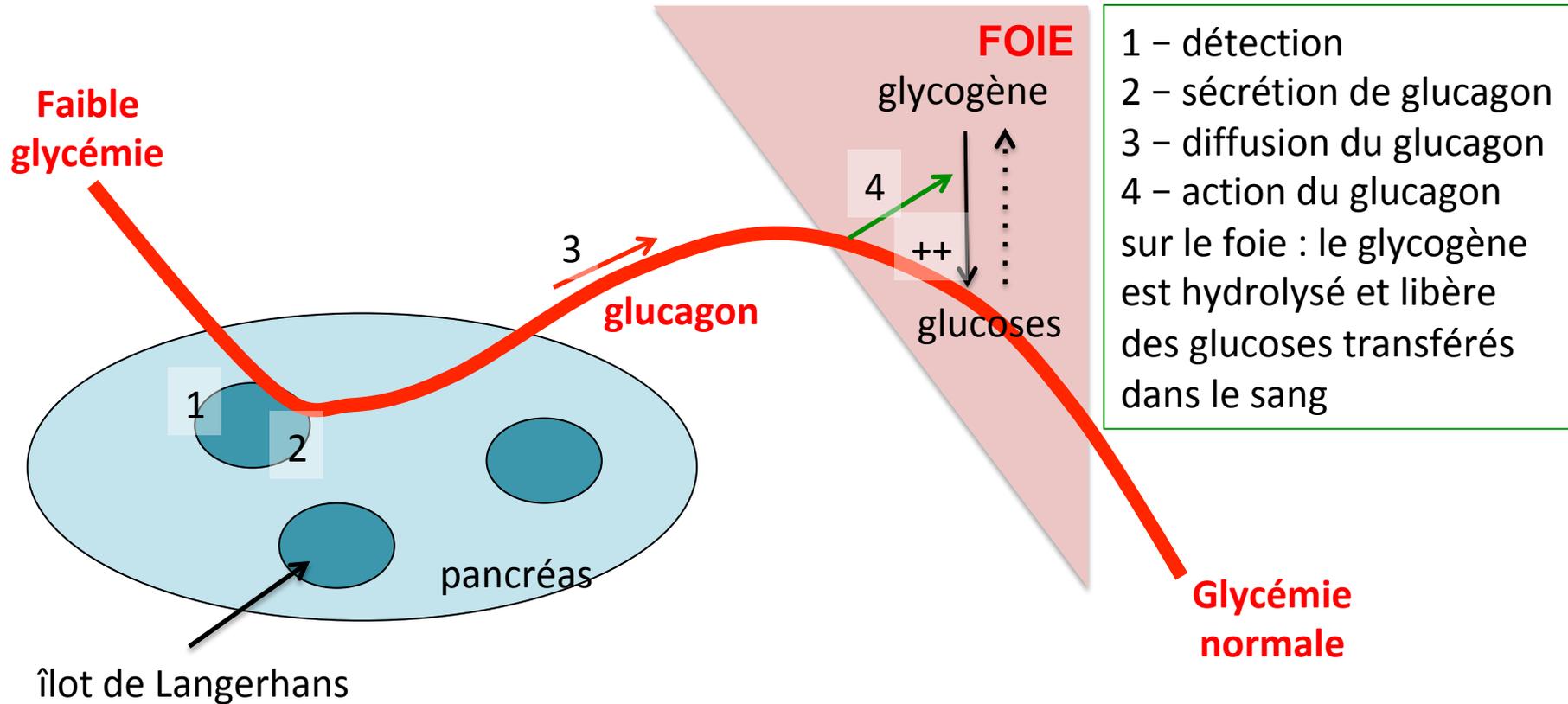
Boucle de régulation



Exemple de la glycémie : une voie hormonale



Exemple de la glycémie : une voie hormonale



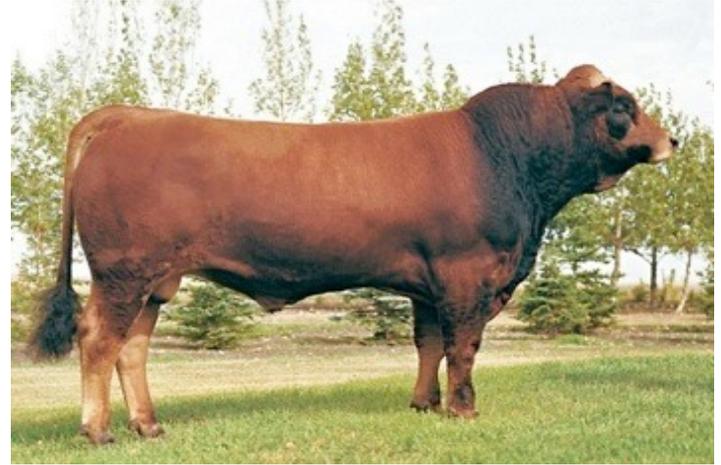
3. L'organisme, sa reproduction et son développement

3.1. Une reproduction sexuée

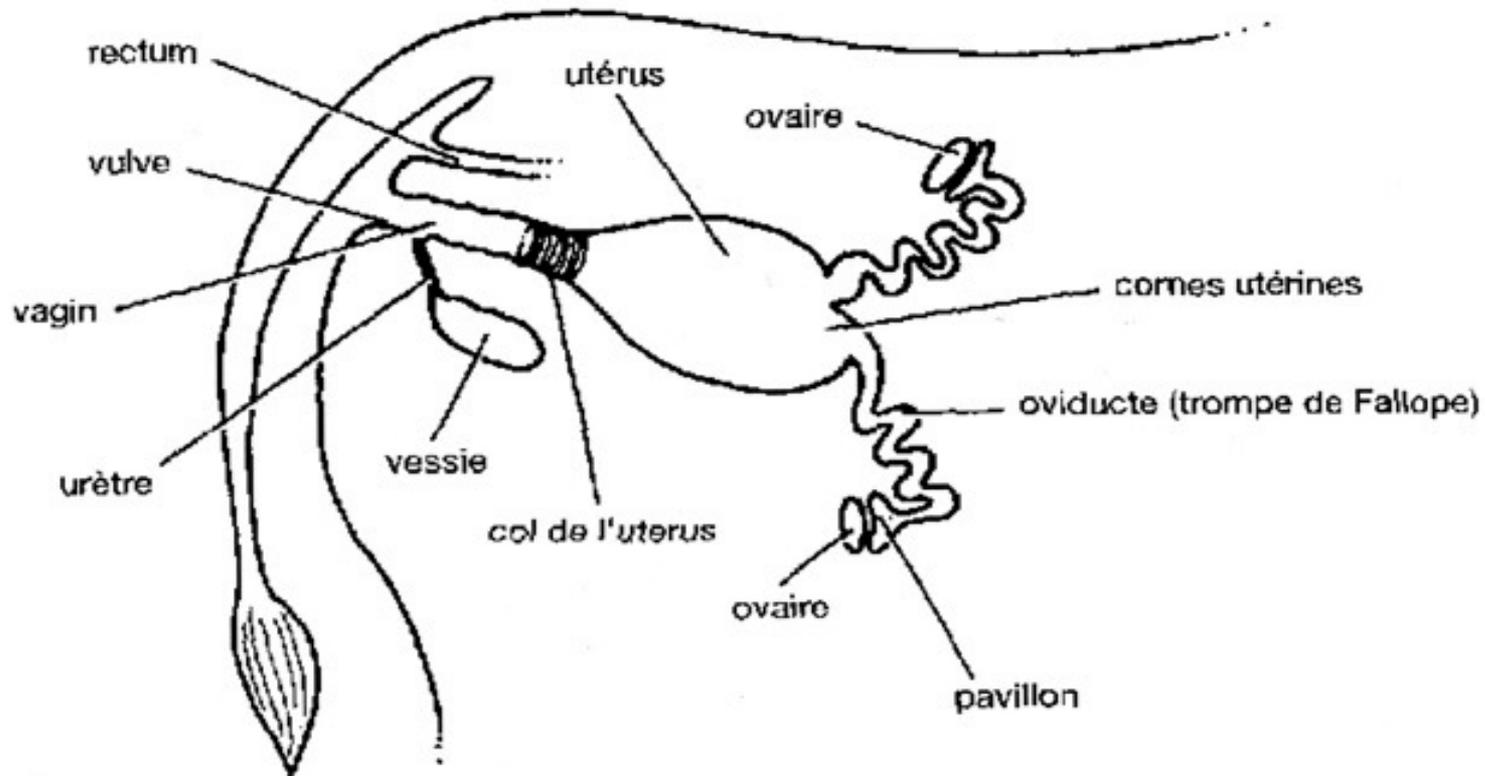
Dimorphisme sexuel

exemple de la race tarine (ou tarentaise)

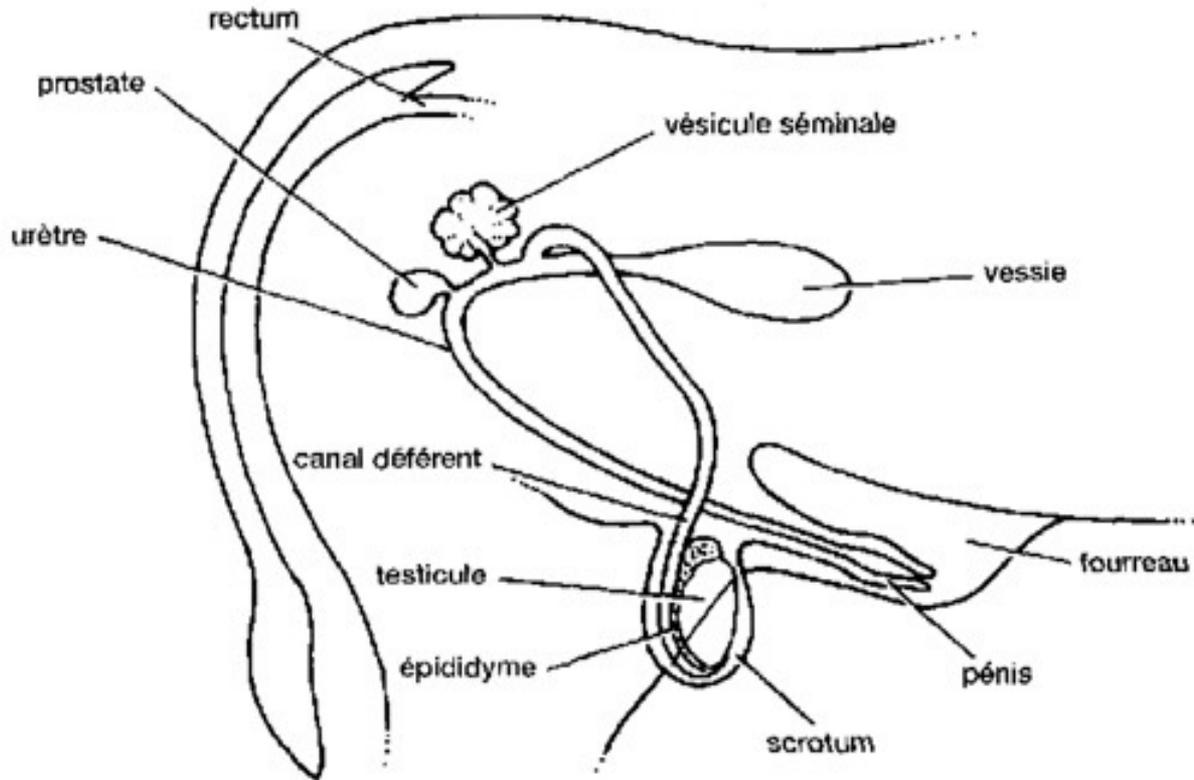
- Robe fauve plus foncée chez le mâle
- Profil légèrement concave chez la femelle, rectiligne chez le mâle
- Développement plus marqué de la musculature, encolure, chez le mâle
- Poids adulte 800 kg chez le mâle, 550 – 600 kg chez la femelle



Appareil génital femelle



Appareil génital mâle



Comportement reproducteur

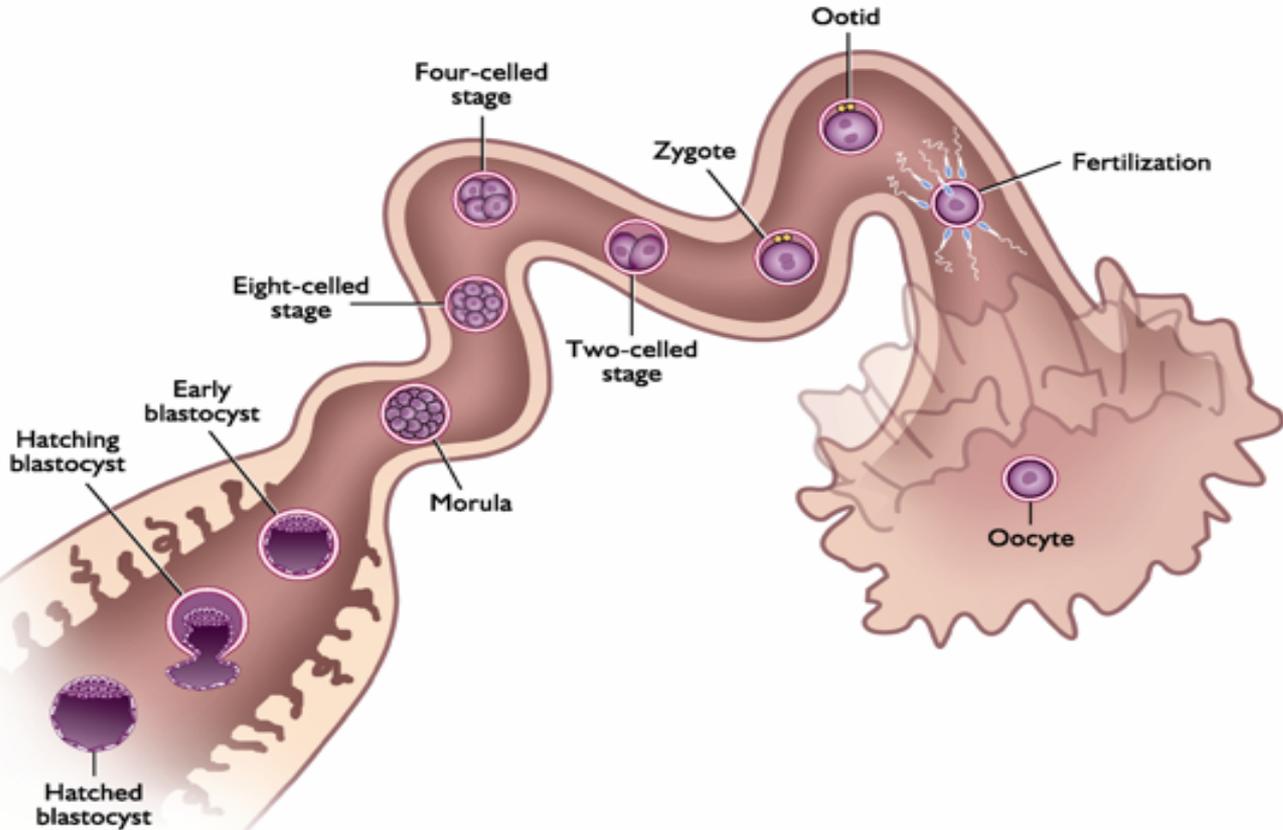
chevauchement lors de l'œstrus



3. L'organisme, sa reproduction et son développement

3.2. Un mode de reproduction de type mammifère

Développement de l'embryon



Le placenta cotylédonnaire

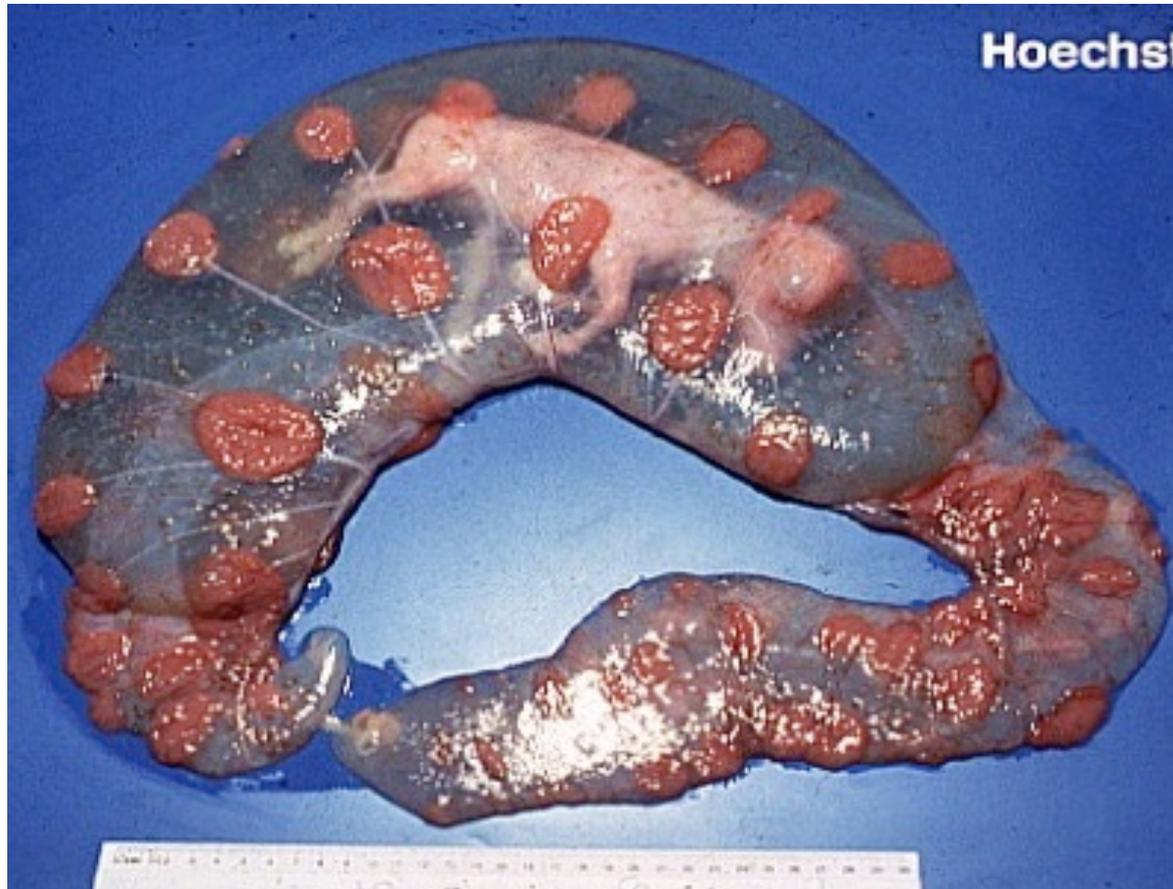


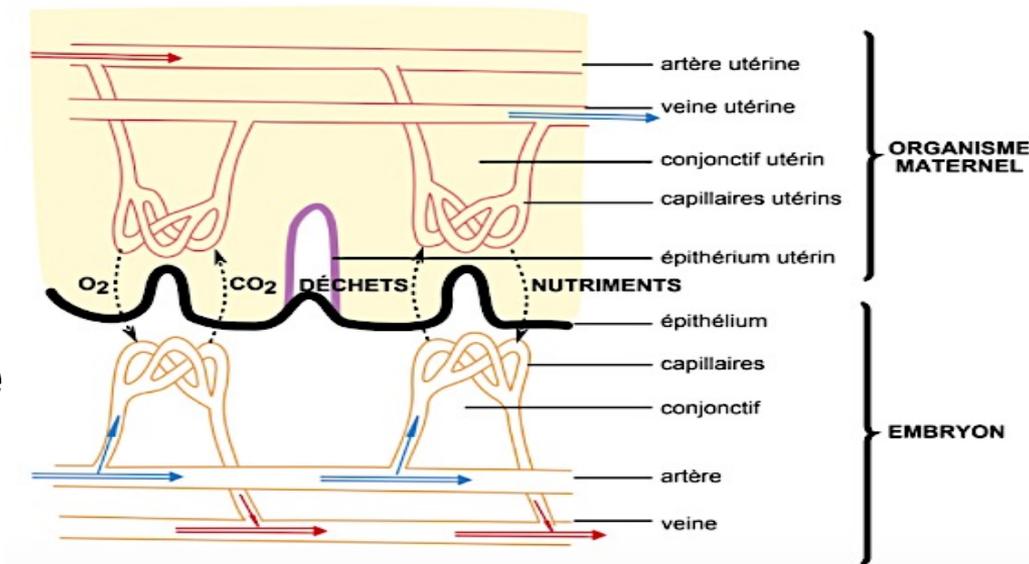
TABLEAU 11. 2 ÉCHANGES TROPHIQUES ENTRE VACHE ET EMBRYON ET LEURS MODALITÉS.

Fonction	Sang maternel	Filtre placentaire	Sang de l'embryon
Nutrition	eau	diffusion	
	Sels minéraux Na ⁺ , Ca ²⁺	Transports actifs primaires	
	glucose	Diffusion facilitée (en symport avec Na ⁺)	
	Acides aminés		
	Vitamines A, C	diffusion	
Respiration	O ₂	diffusion	
		diffusion	CO ₂
Excrétion		diffusion	Urée, déchets azotés



Les échanges placentaires

Une surface d'échange entre sang maternel et sang foetal



Pis : 2 paires de mamelles associées



La lactation

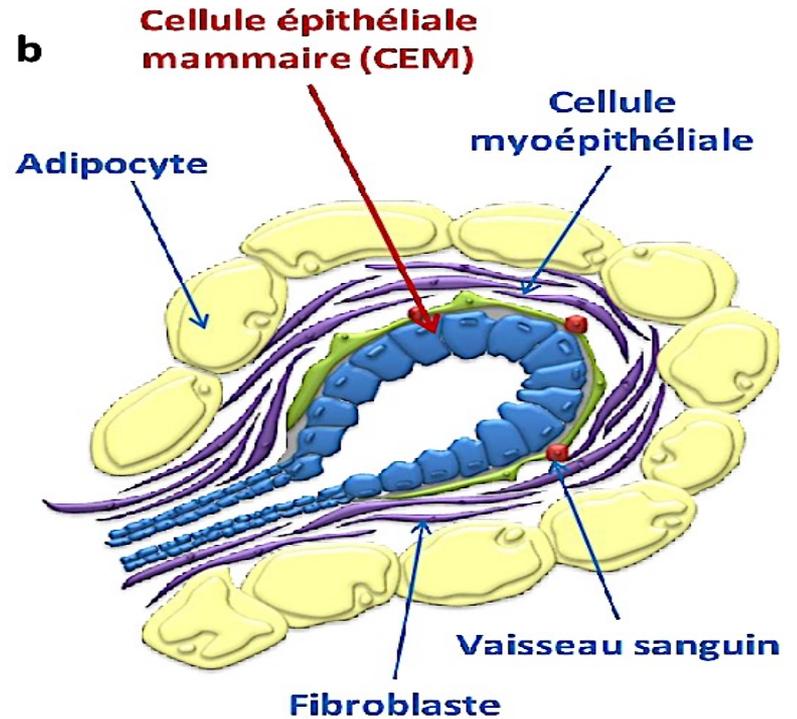
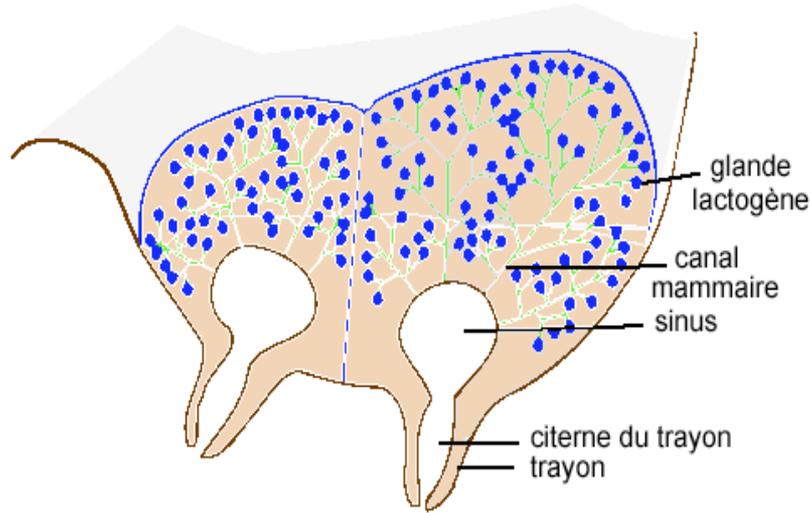
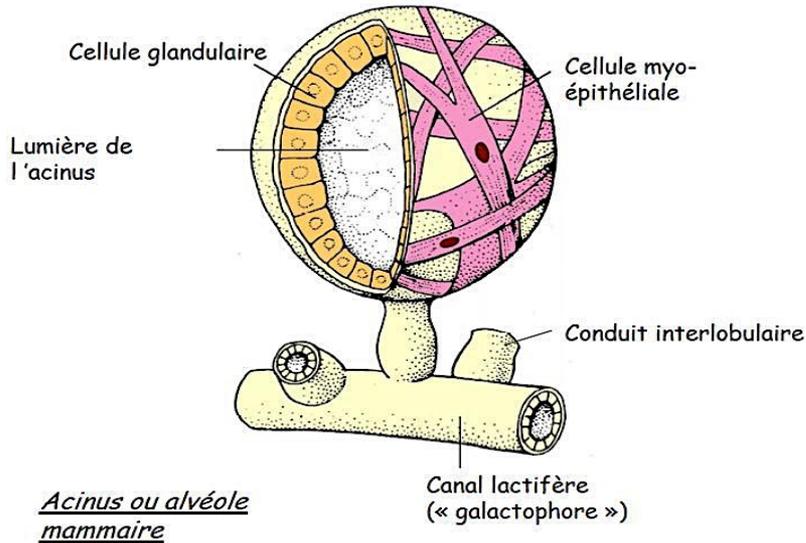
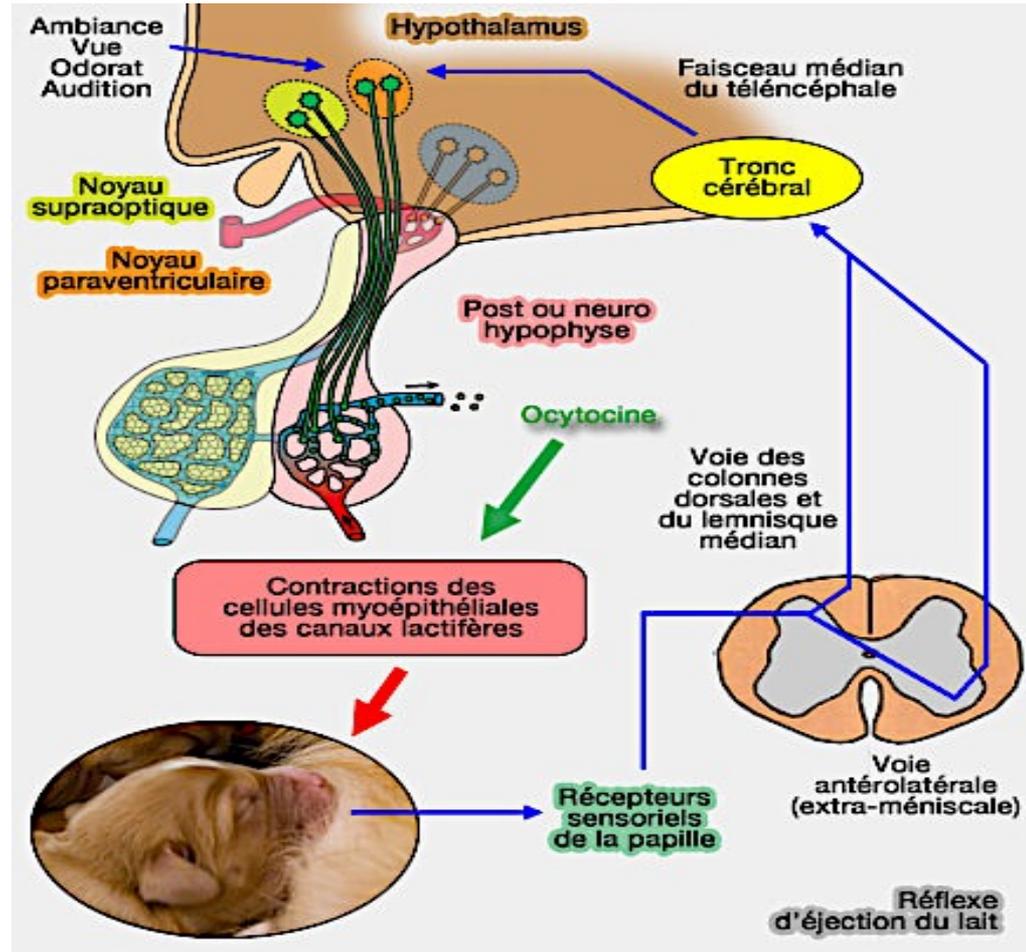


FIGURE 11.14 Organisation du pis de vache. (D'après Beaumont et Cassier)

Le contrôle de la lactation



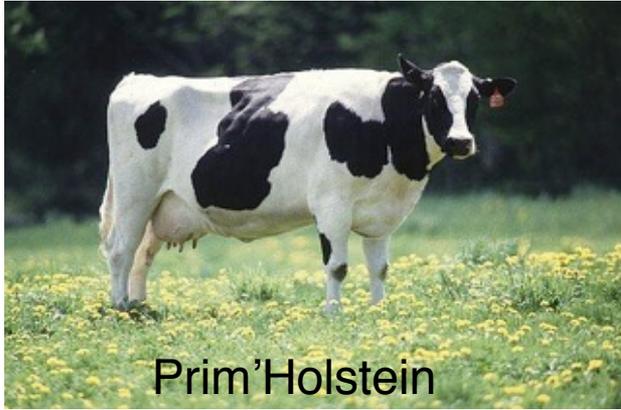
Source : VetagroSup Lyon



3. L'organisme, sa reproduction et son développement

3.3. Intervention de l'Homme sur les bovins

Races laitières



Prim'Holstein



Montbéliarde



Abondance

Durée de lactation
300 – 330 j

Production
2000 – 7000 L /305 j
(tarissement 60 j avant nouveau vêlage)

Races allaitantes : à viande



Dimitri, taureau limousin



Goliath, taureau aubrac



Alcapone, taureau charolais

Objectifs de sélection

	 Races laitières (traites)	 Races allaitantes (non traites)
Caractères liés au produit	Q MP (kg / lactation) Q MG (kg / lactation) Teneur du lait en MP (g/kg) Teneur du lait en MG (g/kg)	Vitesse de croissance (g/j) Développement musculaire Faible adiposité
Caractères fonctionnels	Fertilité des vaches Santé de la mamelle Morphologie de la mamelle Longévité fonctionnelle	Fertilité des vaches Facilité de naissance des veaux Valeur laitière des mères

Contrôle de la reproduction

Monte « naturelle » :

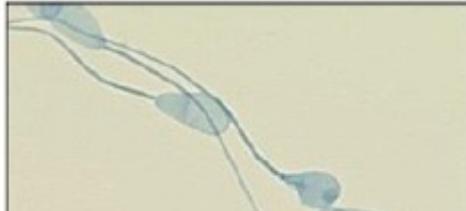
30-40 vaches / taureau / an

=> 15-30 veaux / taureau / an

Insémination artificielle :

10 000 à 100 000 veaux par taureau

Possibilités de déterminer le sexe
(différence de masse entre spz X et Y)



Éjaculat : 20 mL soit 3 milliards de spz =>
300 fractions pour insémination



Effet de la castration sur la croissance

Critère	Sexe	Taureau	Mâle castré	Génisse ou vache
Croissance		+++	++	+
Poids adulte		+++	++	+
Précocité		+	++	+++
Engraissement		+	++	+++
Tendreté		+	++	+++
Couleur		+++	++	+

+++ élevé ++ moyen + faible

Les critères entourés sont ceux qui correspondent aux aspects les plus favorables à la production de viande.

D'après C. CRAPLET, La viande de bovin.

3. L'organisme, sa reproduction et son développement

3.4. La vache, entre héritage et adaptation : une histoire évolutive

Les fonctions vitales

Fonction de nutrition

alimentation
respiration
excrétion
circulation

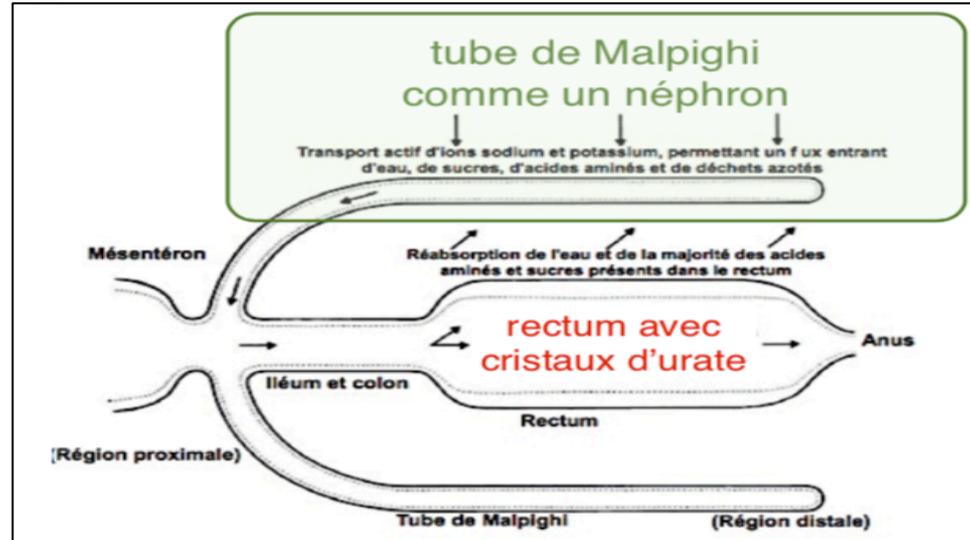
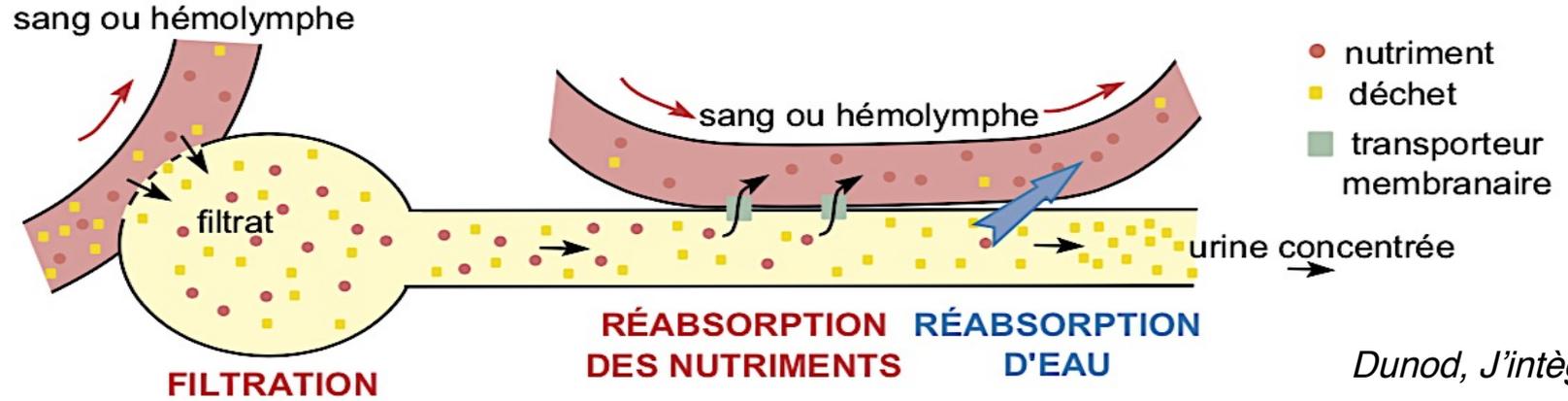
Fonction de relation

perception sensorielle
intégration
protection
locomotion

Fonction de reproduction

reproduction sexuée
développement et croissance

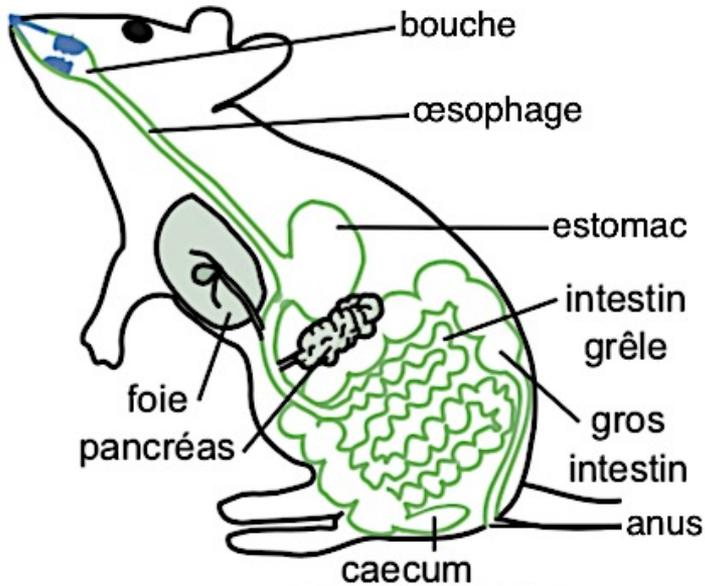
Excrétion, un mode universel... ou presque



Cas des Insectes

Alimentation : même schéma général

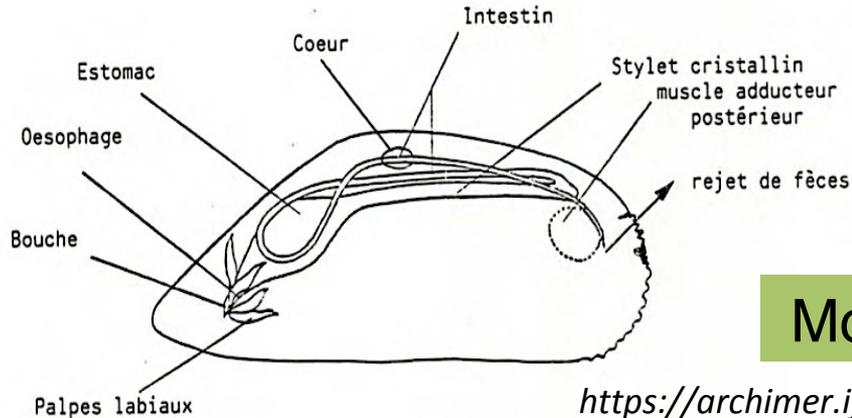
Souris



Dunod, j'intègre

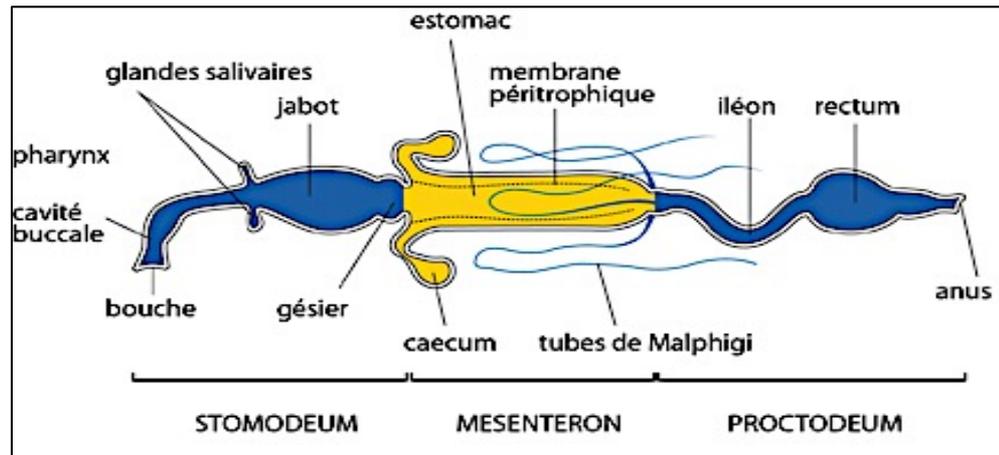
Cæcum particulier

Criquet



Moule

<https://archimer.ifremer.fr>



<https://www.zoologie-uclouvain.be>

La locomotion dans l'air

corps surélevé au-dessus du sol
membres porteurs et articulés
musculature associée



4 pattes

queue participant à l'équilibre

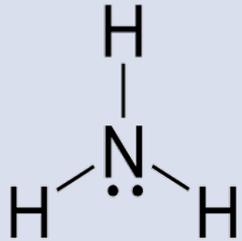
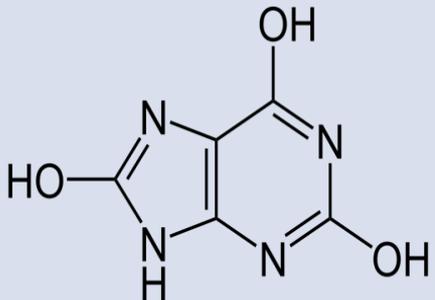
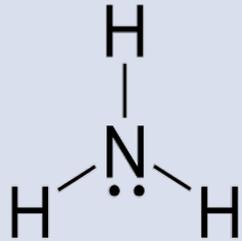
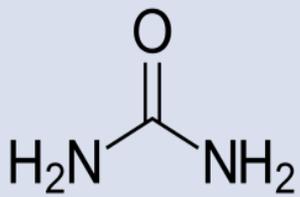


6 pattes

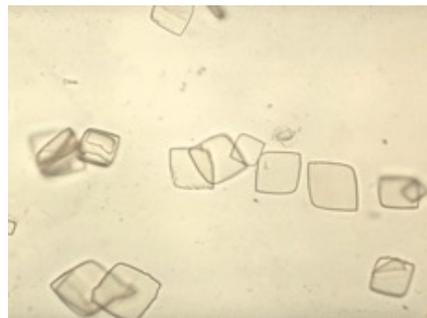
pattes postérieures repliées en Z

2 paires d'ailes

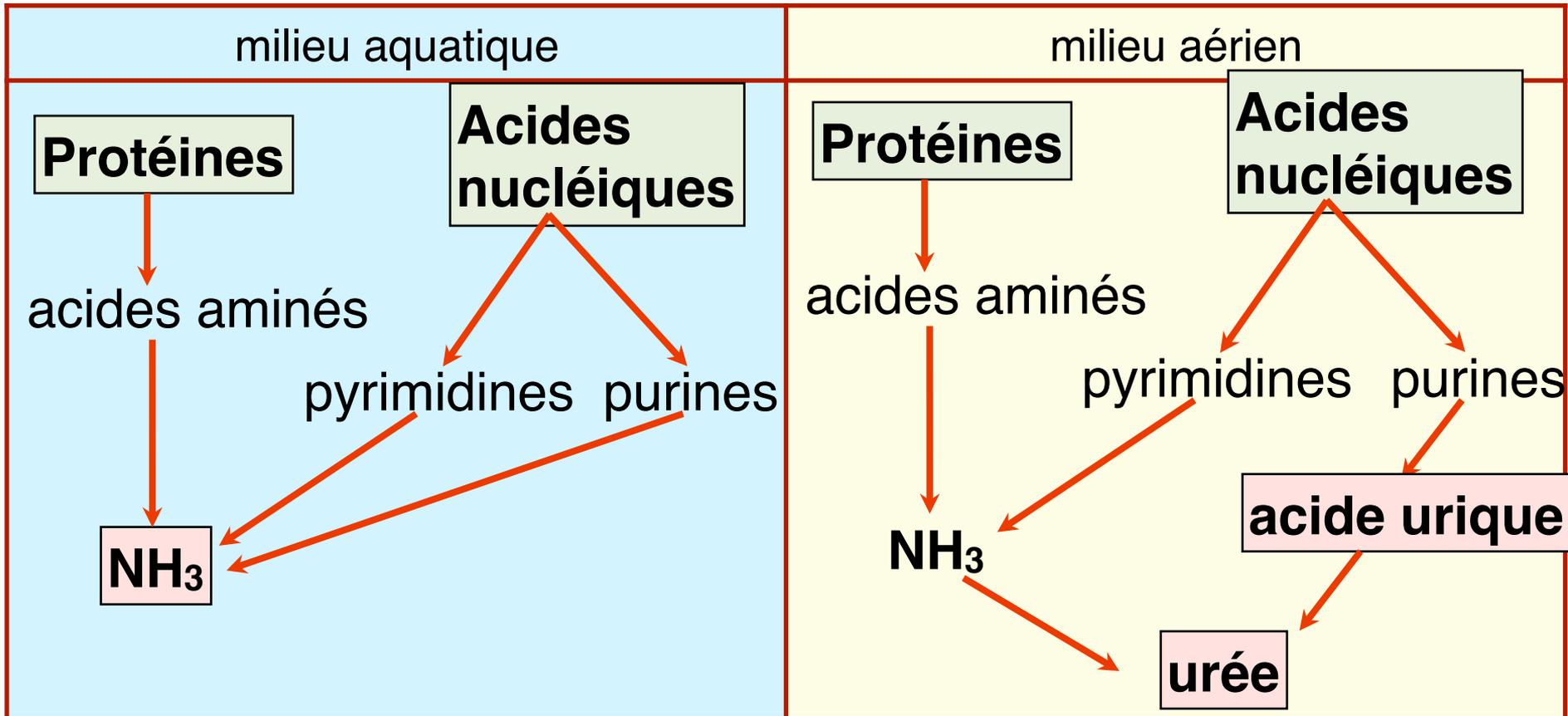
Excrétion azotée

Moule	Criquet	Téléostéens	Souris
Ammoniac NH_3	Acide urique	Ammoniac NH_3	Urée
			
Solubilité 52,4 mM	Solubilité : 1,5 μM	Solubilité 52,4 mM	Solubilité 39,8 mM

cristaux d'acide urique



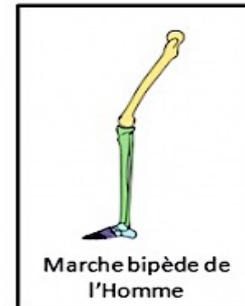
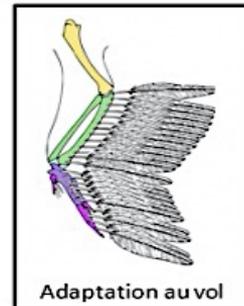
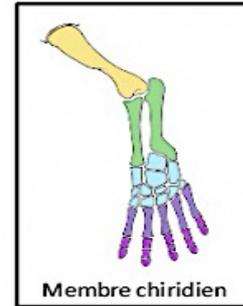
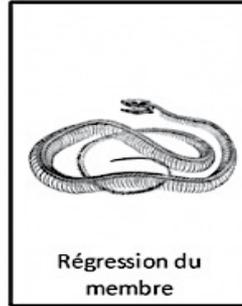
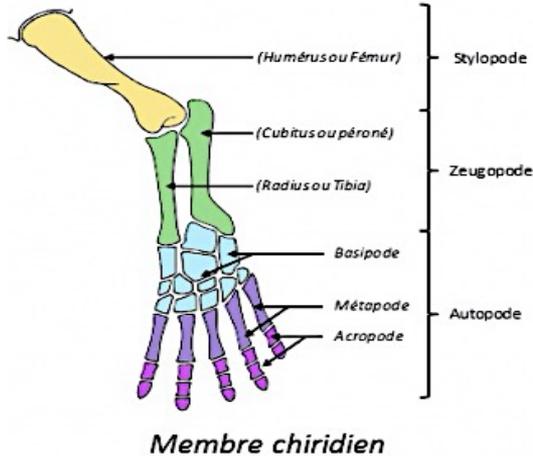
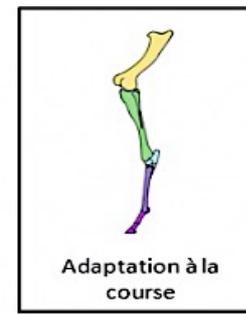
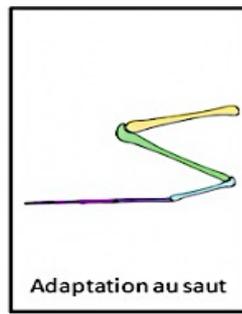
Excrétion azotée



Influence du milieu de vie

Membres homologues

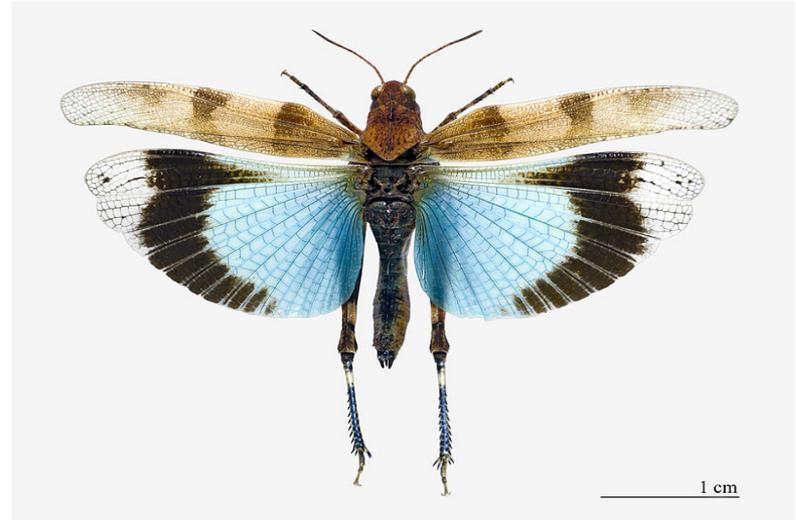
mais adaptations différentes selon le mode de locomotion



Ailes analogues



Source : pistesvertes.fr



Cliché : Didier Descouens

Mêmes caractéristiques liées au vol en milieu aérien

Pas d'origine embryologique commune

Influence du mode de vie

Moule et Coquille Saint Jacques (*Pecten*)
2 Mollusques bivalves de milieu aquatique

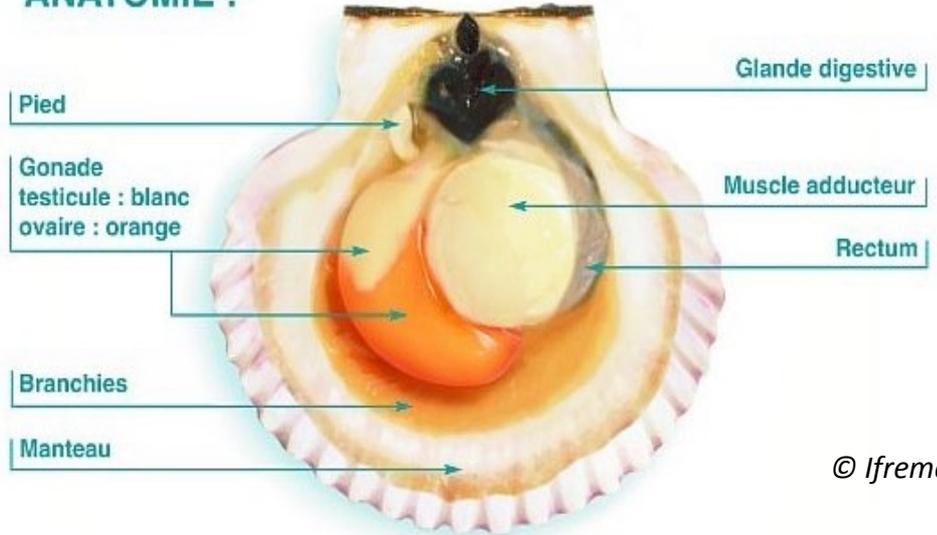


Nombreux ocelles

Locomotion par claquement des valves : gros muscle adducteur

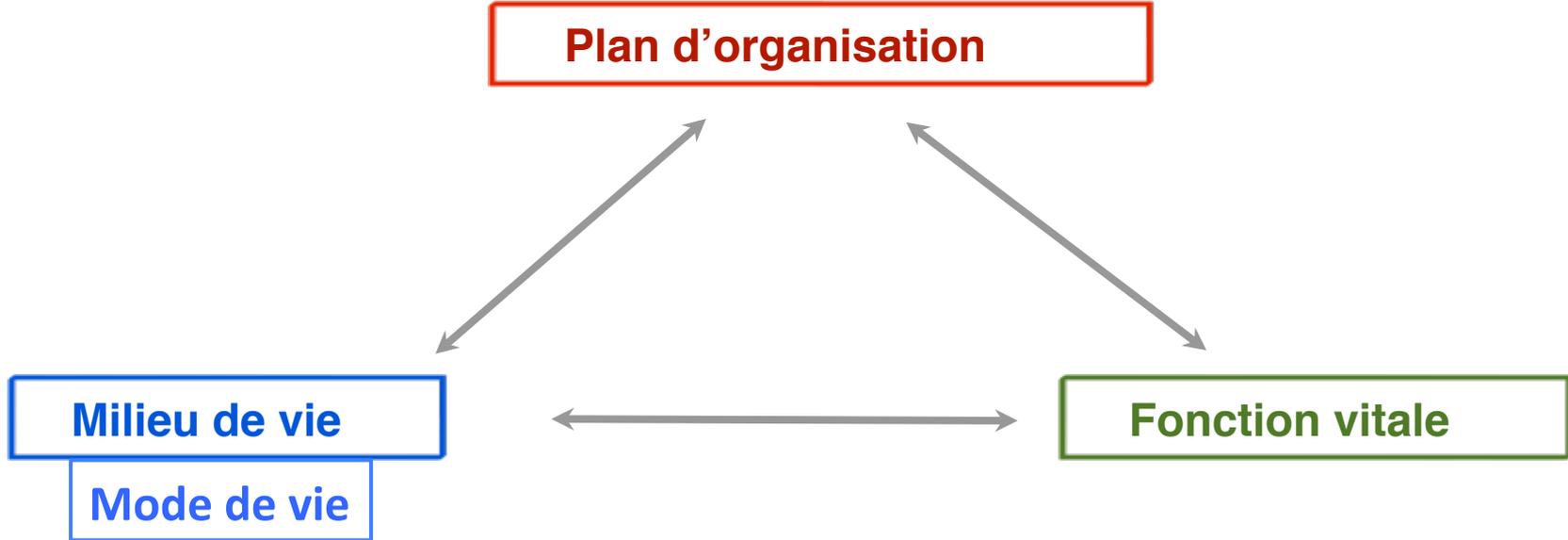
Pecten : mode de vie libre

ANATOMIE :



© Ifremer

Il ressort de ce chapitre les relations suivantes :



Il ressort aussi l'idée d'adaptation évolutive liée à la pression du milieu

Il existe de plus des relations temporelles à l'échelle de la vie de l'animal mais aussi à l'échelle de l'évolution

Classification de la vache

(d'après INPN)	Groupe	
Règne	Métazoaire	Organisme pluricellulaire à cellules différenciées, présentant une bouche permettant d'ingérer des aliments
	Bilatérien	Possède une symétrie bilatérale et présente une tête
	Deutérostomien	Présence d'un endosquelette et d'un système nerveux central
Embranchement	Chordé	Métamérie discrète mais encore visible (vertèbres) Système nerveux dorsal et appareil circulatoire clos
Sous-embranchement	Crâniote	Présence d'un crâne (squelette céphalique)
Infra-embranchement	Vertébré	Présence d'une colonne vertébrale, corps en 3 parties (tête, tronc et queue) et tégument avec derme et épiderme
	Gnathostome	Présence de mâchoires
	Ostéichthyen	Squelette osseux
	Sarcoptérygien	Possède des membres contenant des muscles
Super-classe	Tétrapode	Présence de 2 paires de membres osseux, chiridiens (= composés de 3 parties)
	Amniotes	Développement embryonnaire dans un amnios
Classe	Mammifère	Corps couvert de poils et présence de glandes mammaires
Infra-classe	Euthérien	Animal vivipare sans poche marsupiale
Ordre	Artiodactyle	Axe des membres postérieurs passant entre les doigts 3 et 4
Sous-ordre	Ruminant	Estomac à 4 poches
Famille	Bovidé	Deux doigts par pied, deux cornes creuses
Sous-famille	Boviné	
Genre	Bos	Critères morphologiques (taille, couleur...)
espèce	taurus	