

SV-A-I REGARDS SUR UN ORGANISME MÉTAZOAIRE : UN BOVIDÉ

INTRODUCTION

Quelle est l'organisation et le fonctionnement chez la vache, des systèmes accomplissant les grandes fonctions caractéristiques d'un organisme animal ?

Quelles sont les interrelations entre ces fonctions ?

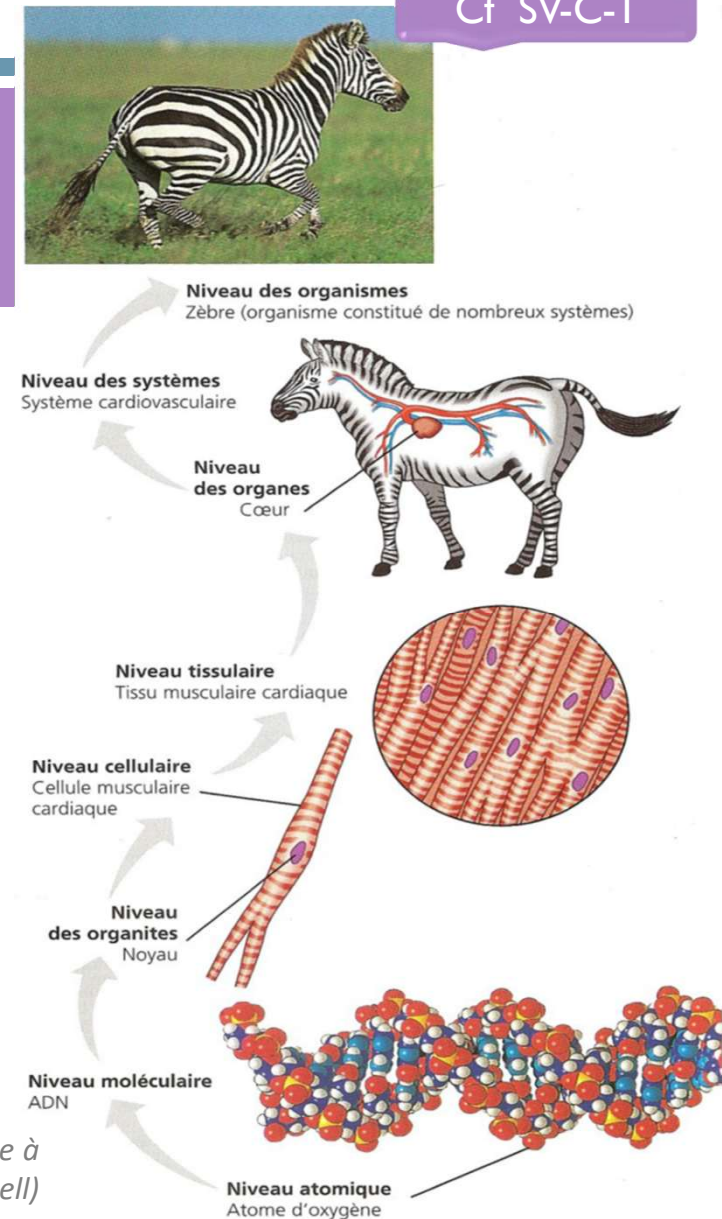
Quelle est leur dimension adaptative et évolutive ?

Extrait du B.O.

Savoirs visés	Capacités exigibles
Les vaches appartiennent au groupe des Métazoaires et à la famille des Bovidés. Les différents appareils de l'organisme sont reliés aux fonctions de nutrition, reproduction et relation. Certaines de leurs caractéristiques sont liées au milieu de vie. La compartimentation de l'appareil digestif permet l'ingestion d'aliments (hétérotrophie), leur simplification en nutriments et leur absorption, ainsi que l'égestion de la matière non absorbée. Le microbiote du rumen par son action joue un rôle majeur dans l'origine des nutriments utilisés par la vache. Les nutriments sont distribués dans l'ensemble de l'organisme par l'appareil circulatoire et entrent ainsi dans le métabolisme cellulaire. L'appareil respiratoire assure les échanges gazeux liés au métabolisme énergétique aérobie. L'appareil excréteur élimine les déchets azotés et contribue à l'équilibre hydrominéral de l'organisme.	- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une vache au sein d'une classification phylogénétique des Métazoaires. - Construire un schéma fonctionnel synthétique des appareils impliqués dans la fonction de nutrition. - Argumenter la complémentarité et la coopération fonctionnelle des différents appareils. - Mettre en relation l'organisation structurale et fonctionnelle de différents appareils et l'adaptation de l'organisme au milieu aérien

INTRODUCTION

- organismes vivants = ensemble de molécules organiques : glucides, lipides, protéines et acides nucléiques (C réduit).
- **Cellule** = unité fondamentale du vivant = système thermodynamiquement ouvert
- Organismes pluricellulaires $\Rightarrow$ **cellules différenciées**
- Cellules aux des fonctions similaires regroupées en **tissus**
- Différents tissus assurant une fonction commune $\Rightarrow$ **organes**
- Différents organes concourant à la même fonction $\Rightarrow$ **appareil** ou **système** (exemple : l'appareil digestif).
- **Plan d'organisation** d'un organisme = agencement de ses différents organes et appareils.



Les différents niveaux d'organisation du vivant : de l'atome à l'organisme (Campbell)

INTRODUCTION

Les organismes vivants sont caractérisés par leurs capacités :

- à se **maintenir en vie**
 - ⇒ puiser dans l'environnement matière et énergie nécessaires
 - ⇒ conversions énergétiques
- à se **développer** selon une certaine organisation
- à se **reproduire**
- à **modifier leur physiologie** et/ou leur **comportement** en réponse à des stimuli externes



Vache Normande



Vache Limousine

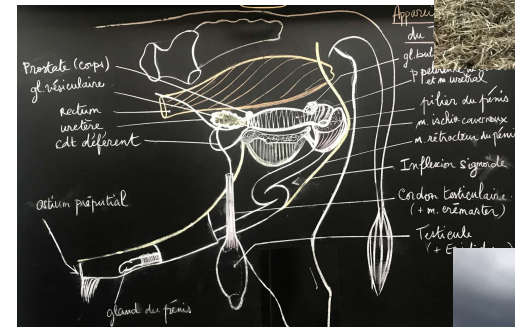


Schéma d'anatomie Pr. Henry Chateau ENVA



Vache Aubrac

LES 3 FONCTIONS VITALES

- Fonction de **relation**
 - Sous-fonction de **locomotion**

 - Fonction de **nutrition (s.l.)**
 - Sous-fonction de **nutrition (s.s) = digestion (s.l)**
la vache est un chimioorganohétérotrophe
- Rem : la circulation est un système de distribution et non une fonction en tant que telle.*
- Sous-fonction de **respiration**
 - Sous-fonction d'**excrétion**
- Fonction de **reproduction**



Relation



Nutrition



Reproduction

Quelle est l'organisation et le fonctionnement chez la vache, des systèmes accomplissant les grandes fonctions caractéristiques d'un organisme animal ?

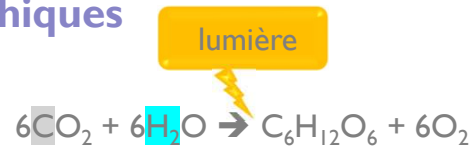
Quelles sont les interrelations entre ces fonctions ?

Quelle est leur dimension adaptative et évolutive ?

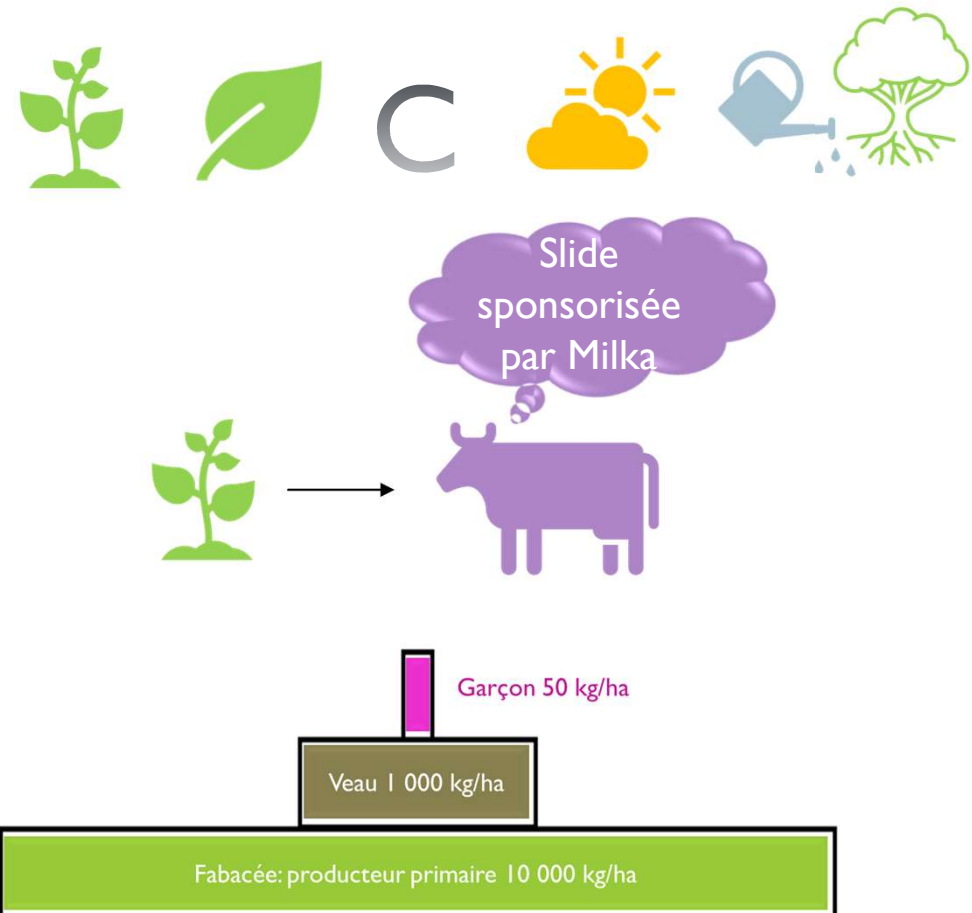
A. UN EXEMPLE D'UN ÉCOSYSTÈME DE FABACÉES: LA PRAIRIE PÂTURÉE

2. Place des fabacées au sein de l'écosystème : des producteurs primaires à la base des réseaux trophiques

Rappels Photosynthèse



- Les fabacées = végétaux = **autotrophes au carbone et à l'azote**
 - **phototrophes** : l'énergie lumineuse qui permet la synthèse de matière organique
 - Photolithotrophes: source minérale d'électrons
 - Photolithoautotrophes (pour C, N, P, ...): synthèse de sa propre matière organique
 - **Réseau trophique**: producteur primaire → consommateur primaire (phytophage) → consommateur secondaire (zoophage)...
- ⇒ replacer les fabacées à la base d'un réseau trophique
 ⇒ Construire des pyramides écologiques.
 ⇒ Interactions interspécifiques entre les Fabacées et d'autres organismes peuplant l'écosystème.



A. UN EXEMPLE D'UN ÉCOSYSTÈME DE FABACÉES: LA PRAIRIE PÂTURÉE

Cf slide 43/186 de SV-A-2

2. Place des fabacées au sein de l'écosystème : des producteurs primaires à la base des réseaux trophiques

Types trophiques

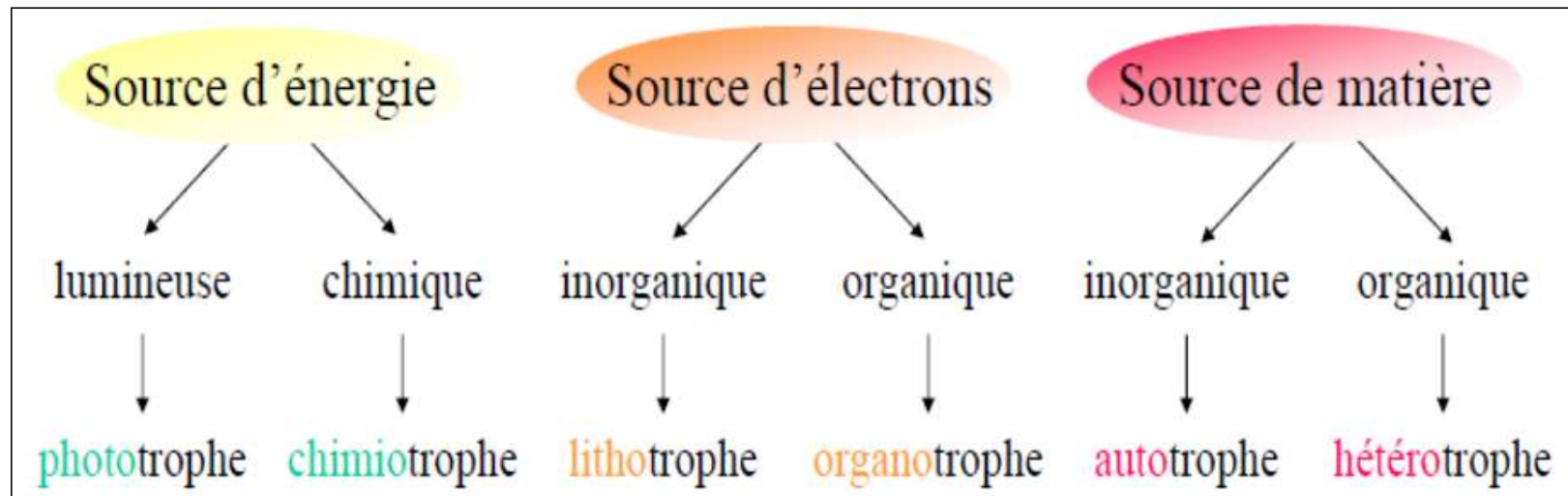
Type trophique : (du verbe grec *trophus*, « nourrir ») : spécifie la manière dont un être vivant constitue sa propre matière organique.

Origine de l'énergie

Origine du pouvoir réducteur (source d'électrons)

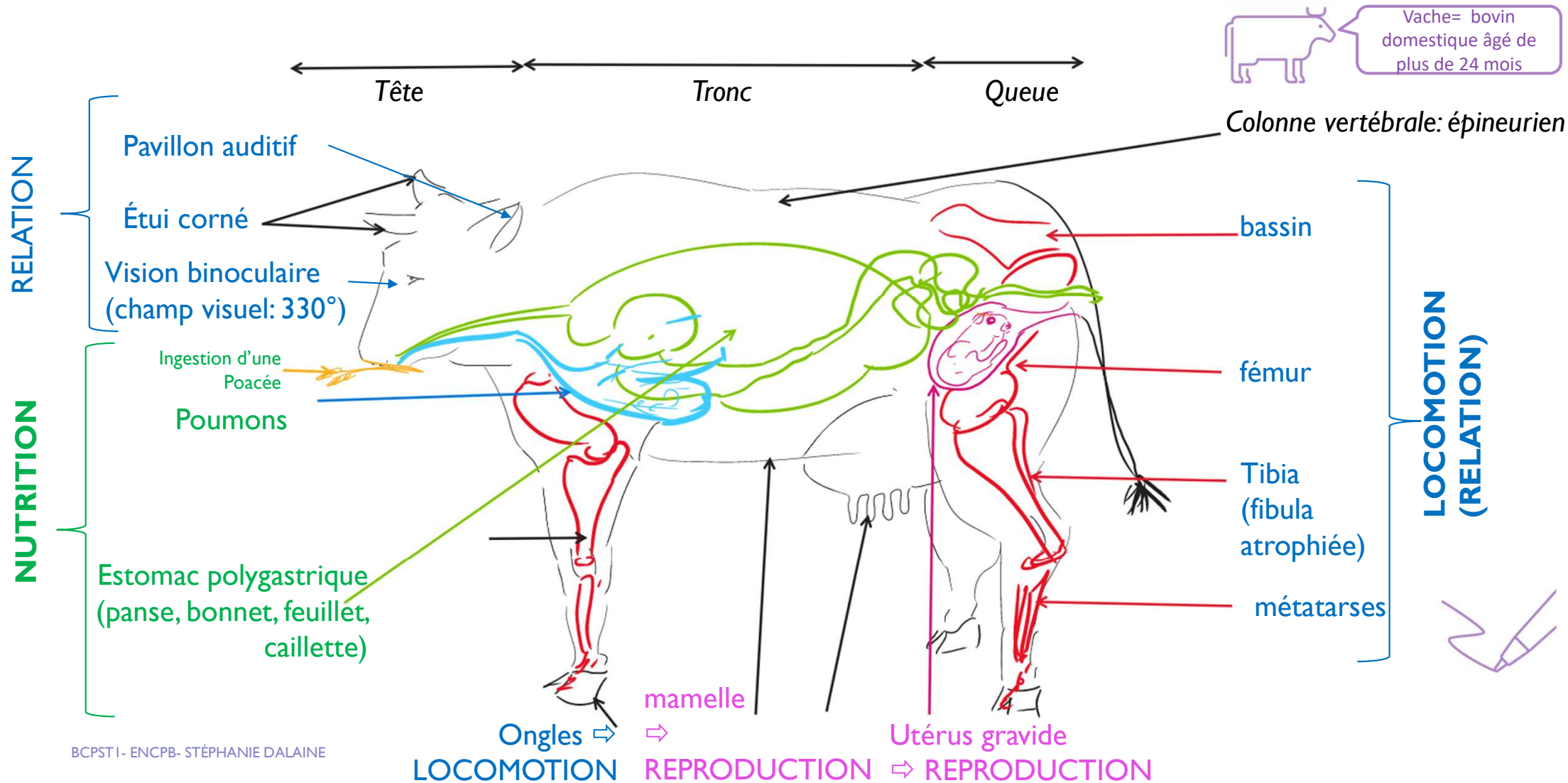
Origine de la matière (source de carbone)

permettent de définir différents **types trophiques**



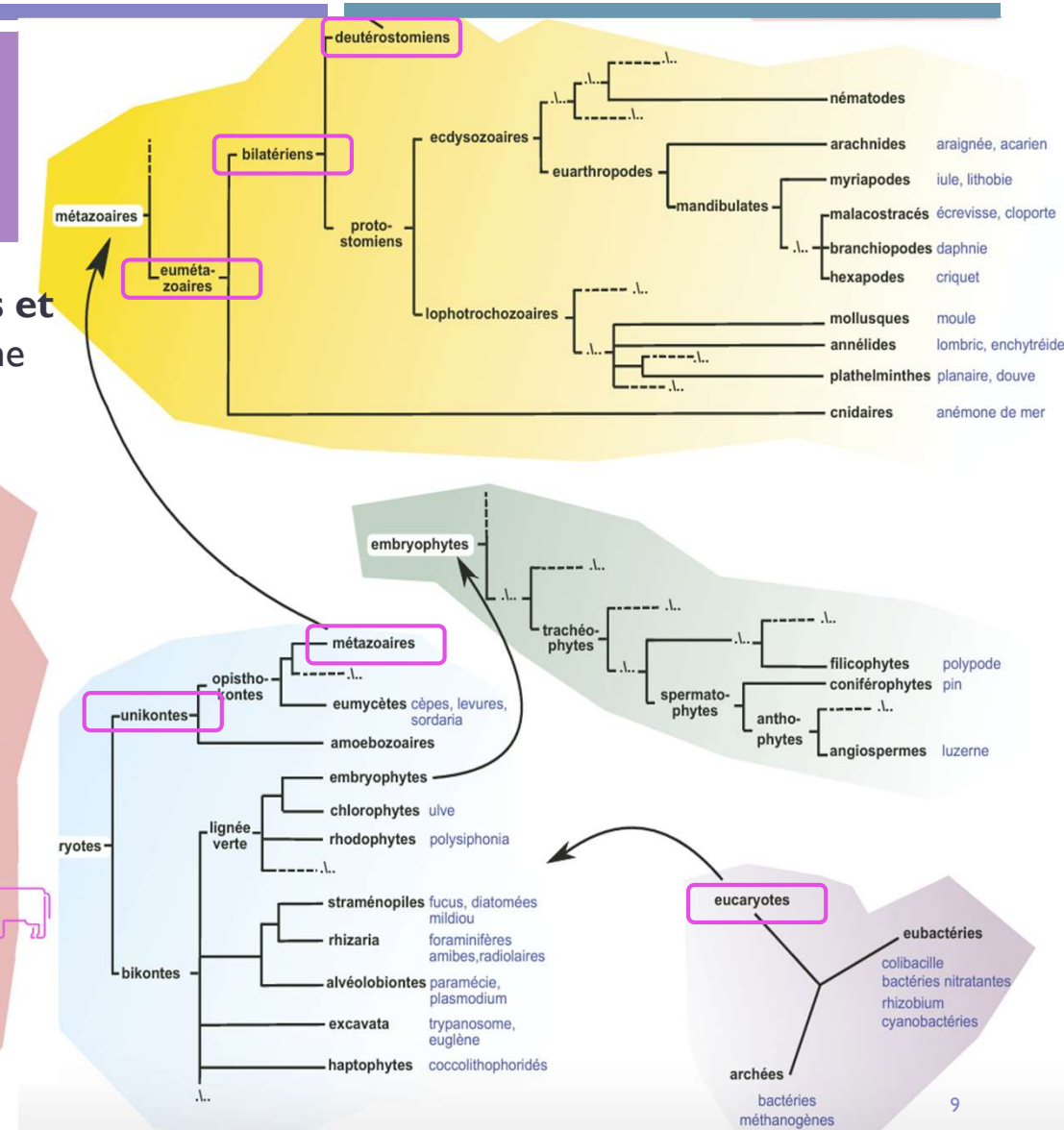
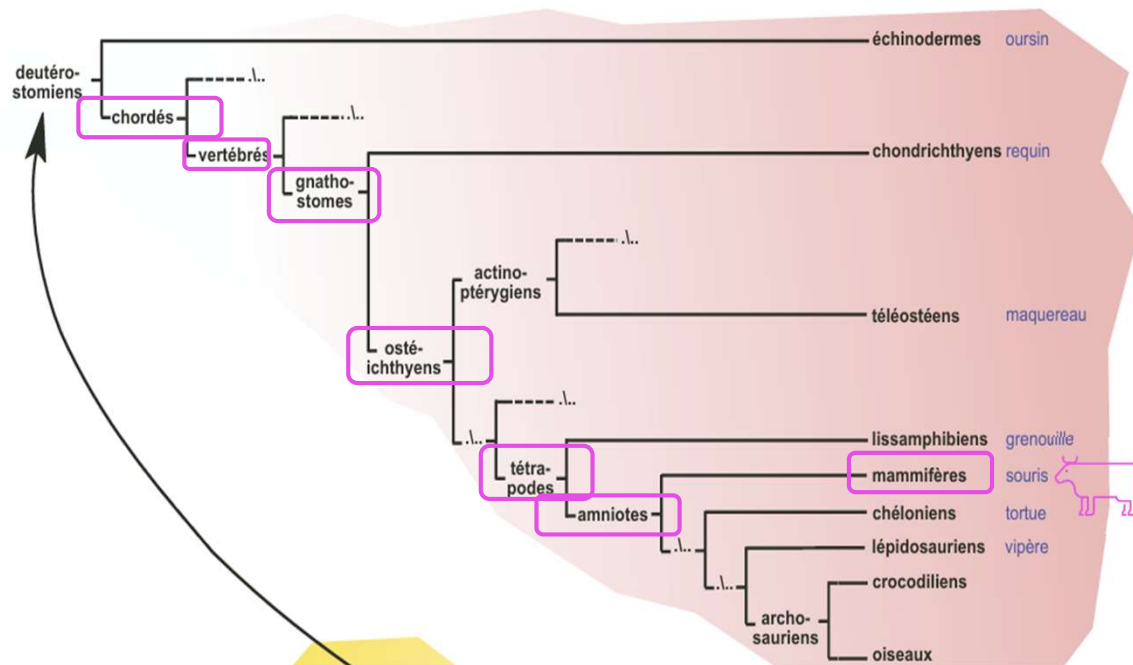
Différents types trophiques
Microbiologie - BELKHIRI 2019

LES FONCTIONS VITALES CHEZ LA VACHE



INTRODUCTION

- Identifier les principaux **caractères morphologiques et anatomiques** pour positionner une vache au sein d'une classification phylogénétique des Métazoaires.



POSITION SYSTÉMATIQUE DE *BOS TAURUS*

Eucaryote

Unikonte

Métazoaire (règne)

Vertébré

Tétrapode

Amniote

Mammifère (classe)

Euthérien

Cétartiodactyle

Ongulé (ordre)

Ruminant

Bovidé

POSITION SYSTÉMATIQUE DE *BOS TAURUS*



③ VERTÉBRÉ



*En italique, non visible
par une approche
uniquement
morphologique*

tête tronc queue

③ Crâne + colonne vertébrale VERTÉBRÉ

Dos

② BILATÉRIEN

11 Étui corné
⇒ BOVIDÉ
Pas de canines ni d'incisives
⇒ BOVIDÉ
antérieur

Ceinture pelvienne

Amnios ⇒ AMNIOTE ⑤
postérieur

Utérus ⇒ EUTHÉRIEN ⑦
stylopode

Organes composés de
plusieurs cellules
① MÉTAZOAIRE

zeugopode

Poils ⇒ MAMMIFÈRE ⑥

Polygastrique avec un
rumen

⑩ ⇒ RUMINANT

4 membres
locomoteurs
⇒

④ TÉTRAPODE

autopode

Sabot corné

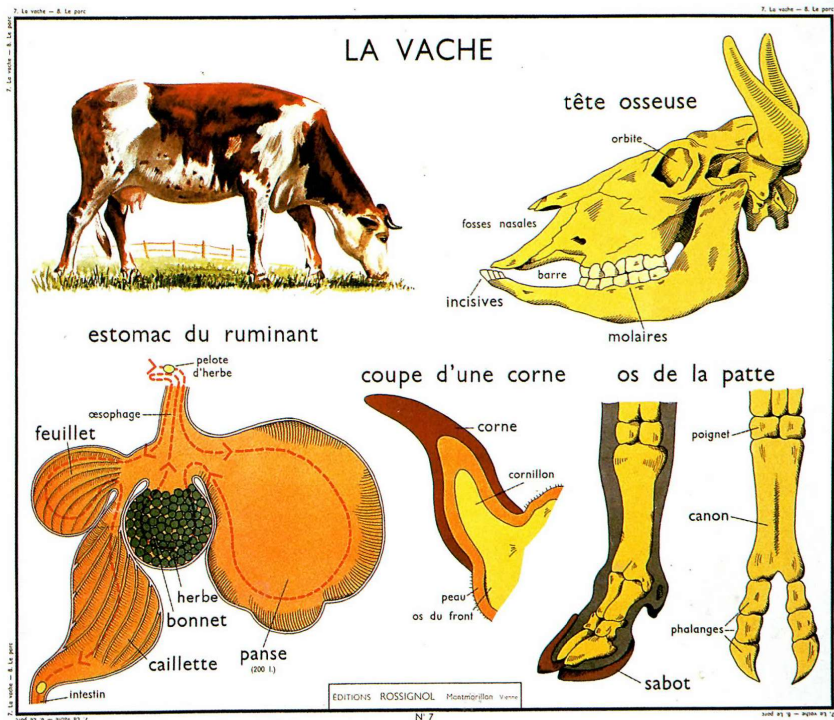
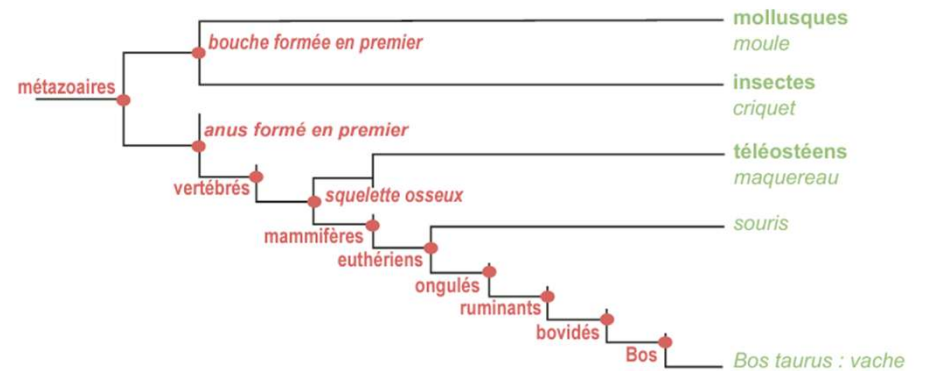
⑨ ⇒ ONGULÉ

ventre mamelle

Nombre pair de doigts

⑥ MAMMIFÈRE ⇒ CÉTARTIODACTYLE ⑧

INTRODUCTION: POSITION SYSTÉMATIQUE

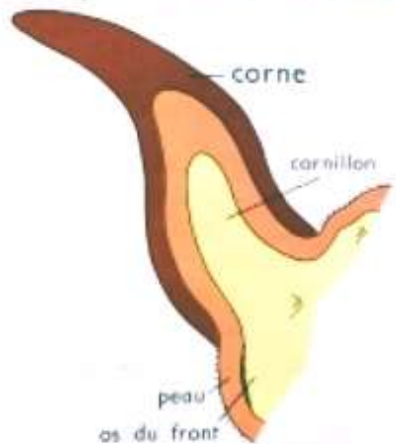


- Les différents caractères morphologiques et anatomiques de la vache permettent de définir sa position systématique :
 - animal pluricellulaire → **métazoaire** ;
 - axe nerveux, dorsal, protégé par des vertèbres → **vertébré** ;
 - membres pairs locomoteurs munis de doigts → **tétrapode** ;
 - Développement de l'embryon dans une membrane renfermant le liquide amniotique → **amniote** ;
 - poils et mamelles → **mammifère** ;
 - Séparation des voies digestives et uro-génitales, développement embryonnaire vivipare long, grâce au placenta → **euthérien** ;
 - Nombre pair de doigts → **cétartiodactyle** ;
 - Phalanges protégées par un sabot corné, la locomotion digitigrade → **ongulé** ;
 - Cornes, absence d'incisives supérieures, « estomac » à quatre poches → **ruminant** ;
 - Cornes osseuses recouvertes d'un étui corné → **bovidé**.

CARACTÉRISTIQUES DE LA POSITION SYSTÉMATIQUE DE BOS TAURUS



coupe d'une corne



bovidé



vertébré



ruminant

tétrapode

cétartiodactyle

ongulé

ruminant



RACES DE VACHES: LAITIÈRES, MIXTES, ALLAITANTES



Race mixte : la Montbéliarde



Race laitière : la Prim Holstein



Race à viande : la Limousine



Race rustique : la Salers



Race à viande : la Charolaise



Vache allaitante

Prim'Holstein

Grande taille, robe noire et blanche.

66 %

du cheptel français



LAITIÈRE

Montbéliarde

Grande taille, robe pie rouge, très grands yeux.

16 %

du cheptel français



MIXTE
dominante
LAITIÈRE

Normande

Grande taille, robe tricolore (blanc, marron clair et foncé), « lunettes autour des yeux ».

9 %

du cheptel français



MIXTE

Abondance

Taille moyenne, robe rouge acajou pie, excellente marcheuse et habituée des montagnes.

0,9 %

du cheptel français



LAITIÈRE

Brune

Grande taille, robe unie variant du gris foncé à l'argenté.

0,7 %

du cheptel français



LAITIÈRE

Simmental française

Taille moyenne, robe pie rouge variant du clair au foncé, très bonne reproductrice.

0,6 %

du cheptel français



MIXTE

Pie rouge

Grande taille, robe marron clair et blanc, cornes en croissant.

0,4 %

du cheptel français



MIXTE

Tarentaise (Tarine)

Grande taille, robe tricolore (blanc, marron clair et foncé), « lunettes autour des yeux ».

0,3 %

du cheptel français



LAITIÈRE

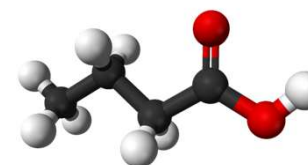


Races laitières

Taux protéiques et butyreux variables

⇒ Lait vs fromage, beurre

Butyreux : acide
butyrique = AGV
cf SV-D-2-I



Acide butyrique: $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$

SV-A-I REGARDS SUR UN ORGANISME MÉTAZOAIRE : UN BOVIDÉ

I- L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

I- L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

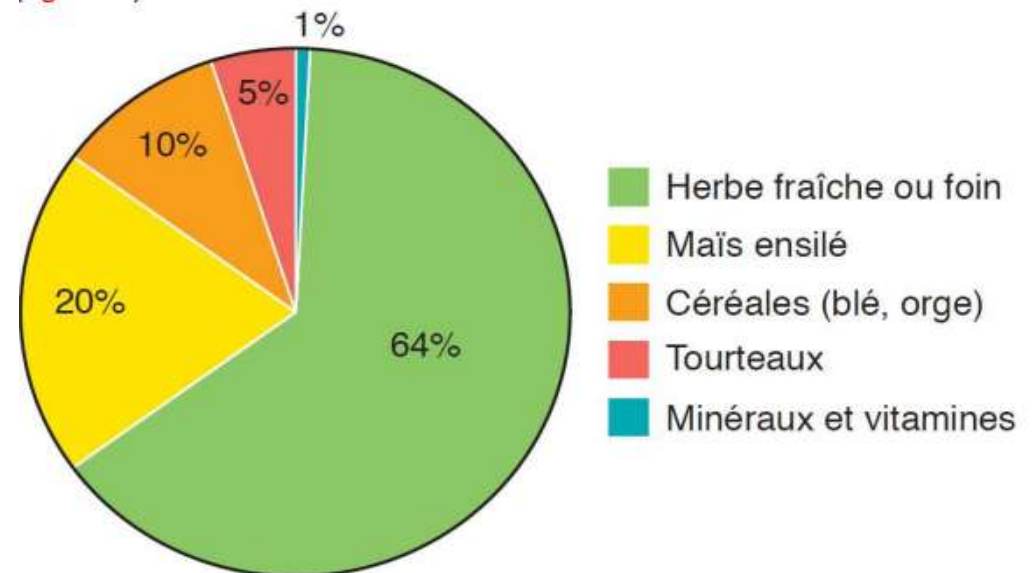
I. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache

I.1. Aspects quantitatifs et qualitatifs

Quelques chiffres:

- masse moyenne d'une vache (tout dépend de la race, tout dépend de la balance...) ~ 550 kg pour une Prim'Holstein
- 2 traites/jour
- 25 à 40 L lait/ jour (autant en bouse...)
- Consommation: 3% de sa masse en MS/jour soit 20kg de MS/j
- Organisme **phytophage** (herbe), mais dans le cadre d'un agrosystème, compléments alimentaires (**tourteaux de soja**, lin, tournesol, colza; minéraux; ensilages; barre Mars)
- Fauche des fourrages au printemps et en été => conservation sous bâche = ensilage : anaérobie=> fermentation lactique => alimentation acide et sucrée (« choucroute ») => aliment plus riche d'un point de vue énergétique

Fourrage (n.m.): plante servant à l'alimentation du bétail
Ensilage (n.m.): méthode de conservation de l'herbe fraîche
Foin (n.m.): herbe séchée
Tourteau (n.m.): farine produite à partir des résidus récupérés après extraction (tourteau de soja riche en protéines)



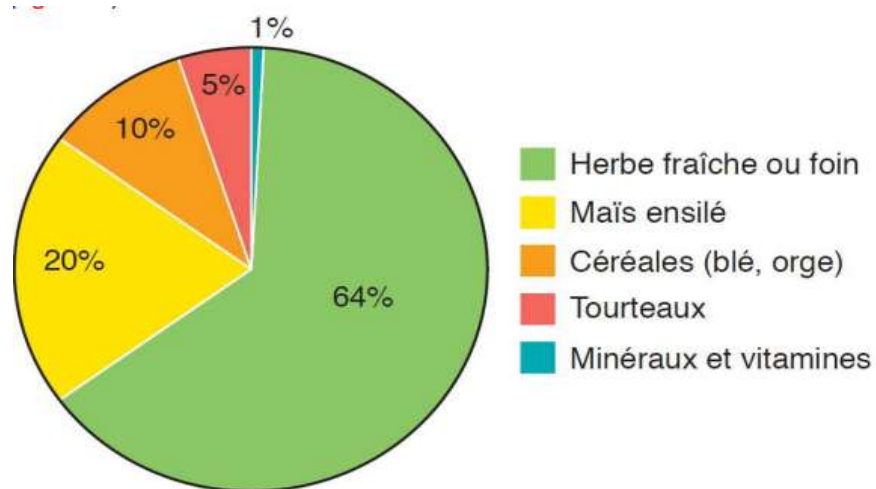
Alimentation typique et moyenne d'une vache laitière en France. D'après SEGARRA et al. (2014)

I- L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

I. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache

I.2. L'alimentation d'une vache varie



Troupeau au pré : dans le Jura



Stabulation libre



Nourriture à l'étable : compléments alimentaires.

Saisons

- Belle saison : **fourrages verts**
- Mauvaise saison : **fourrages secs + fourrages ensilés + fourrages plus ou moins séchés**

Type de production

En fonction du cycle de reproduction



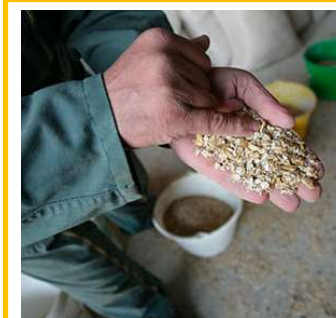
Bloc de sel



Foin (herbe séchée au soleil)



Ensilage (fermentation lactique sans O₂)



compléments alimentaires



Germes de soja



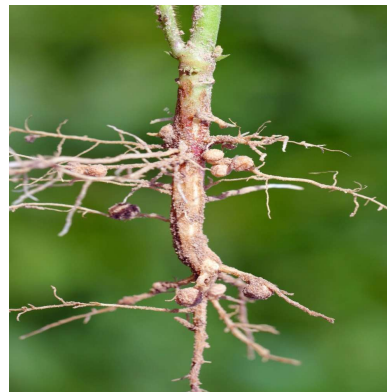
Gousse de petit pois



Fleur de pois de senteur



Cassoulet du Sud-Ouest



Nodosités racinaires

Thigmotropisme de haricot sur du maïs



Météorisation d'une chèvre trop gourmande en trèfle

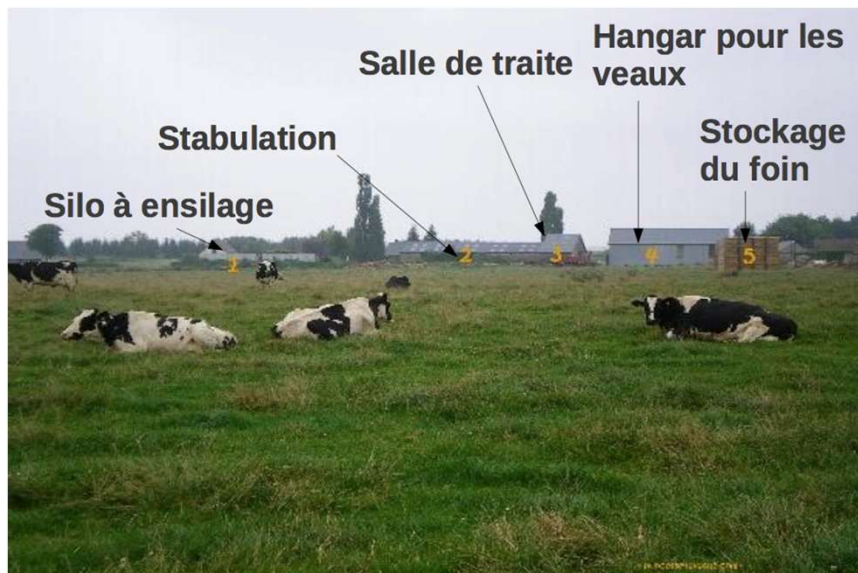
- **Appareil végétatif**
Racine → Symbiose = Nodosité → météorisation
- ✓ Feuille composée, folioles, vrilles, thigmotropisme
- **Appareil reproducteur**
- ✓ Péricorolle: Corolle → papilionacée
- ✓ Zygomorphe Gynécée
- ✓ Carpelle unique pluriovulé
- ✓ Ovaire → gousse = légume
- ✓ Grain de pollen triaperturé

Possibilité aussi de météorisation chez la vache en cas d'excès d'ingestion de légumineuses fraîches

Alpage: pâturage de haute montagne

Estive: pâturage d'été en montagne

Transhumance: migration du bétail de la plaine vers la montagne en été



Une ferme standard



Élevage extensif : troupeaux dans les pâturages en Vanoise (Alpes)



2 traites par jour

Machine à traire mobile

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

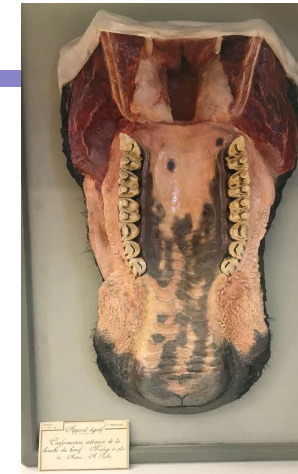
- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

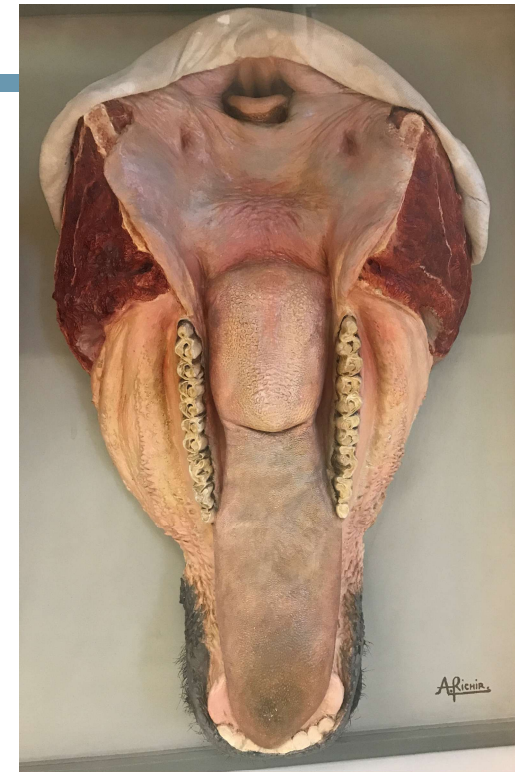
2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptée



Dîtes
Aaaa!

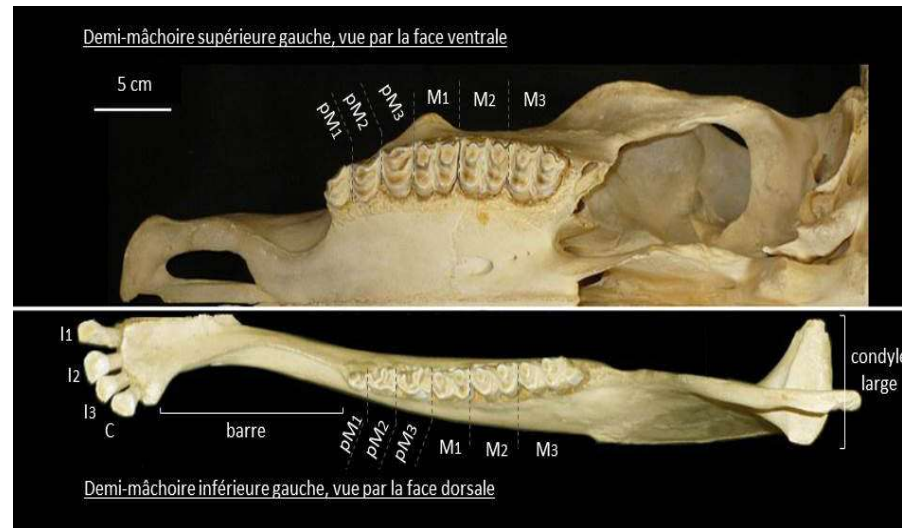


Demi- mâchoire supérieure Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

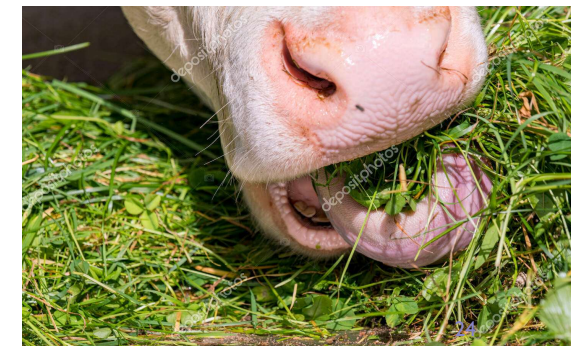


Demi- mâchoire inférieure
Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

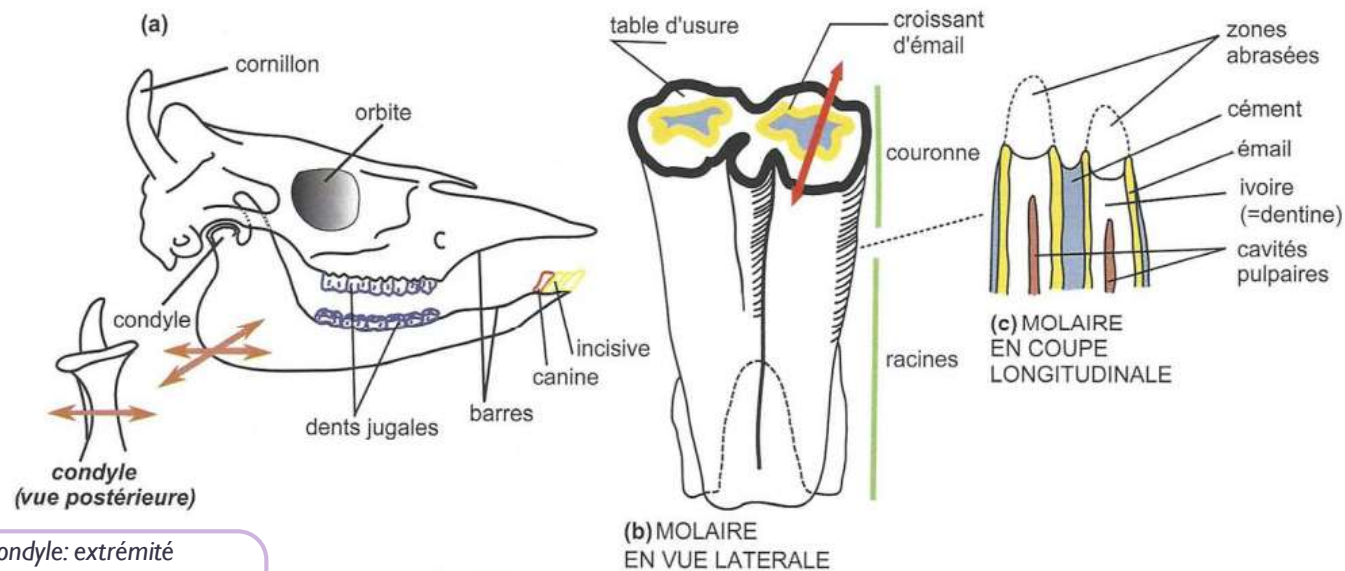
- Bourrelet corné
- Langue (ingestion en vrac)
- Denture
 - Formule dentaire
 - 6 dents jugales
 - Canine incisiforme
 - Régime herbivore avec table d'usure (Poacées et silice)



$$\frac{0}{3} I + \frac{0}{1} C + \frac{3}{3} pM + \frac{3}{3} M$$



2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptée



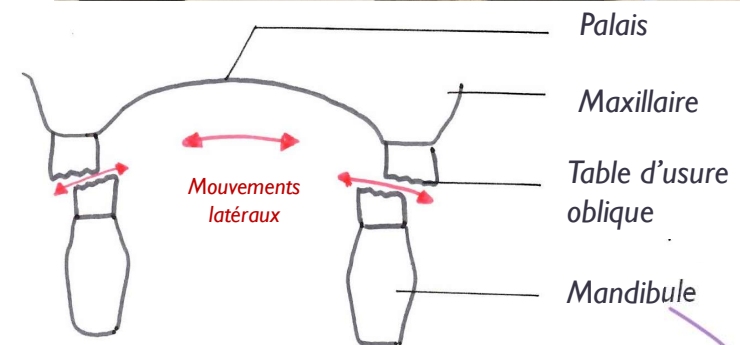
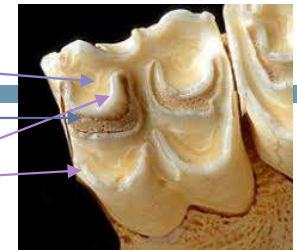
Condyle: extrémité articulaire arrondie d'un os
Mandibule: os de la mâchoire inférieure

(a) Squelette céphalique (les flèches indiquent le sens du mouvement). (b) et (c) Dent jugale: aspect général et coupe longitudinale (la double flèche indique le plan de coupe)

Dentine (croissance continue)

Cément (croissance continue)

émail



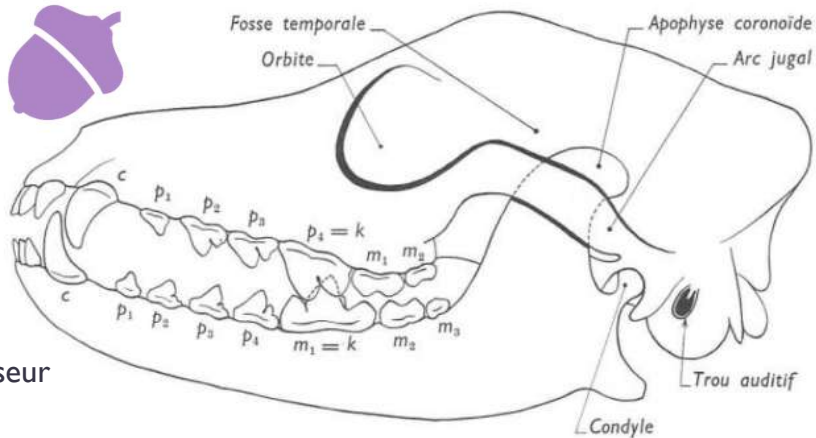
- Dents **jugales** à **croissance continue**
- Mouvements latéraux très étendus permis par les condyles articulaires
- NB: aliments **non mastiqués** mais directement envoyés au rumen pour digestion chimique et mécanique, la **mastication apparaît dans un 2nd temps**: principe de la **rumination**

Rappel : une formule dentaire indique le nombre de chaque type de dents dans une demi-mâchoire supérieure et une demi-mâchoire inférieure.

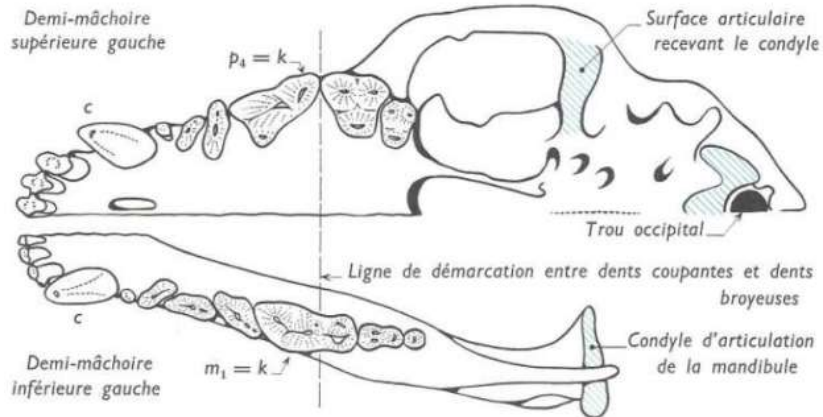
Denture du Chien (espèce plutôt carnassière)

Figure d'après VINCENT (1962)

Tête osseuse du Chien.



- Canine en croc
 - Prémolaires tranchantes = sécodonte
- ⇒ Carnassier ou chasseur



Denture du Chien.

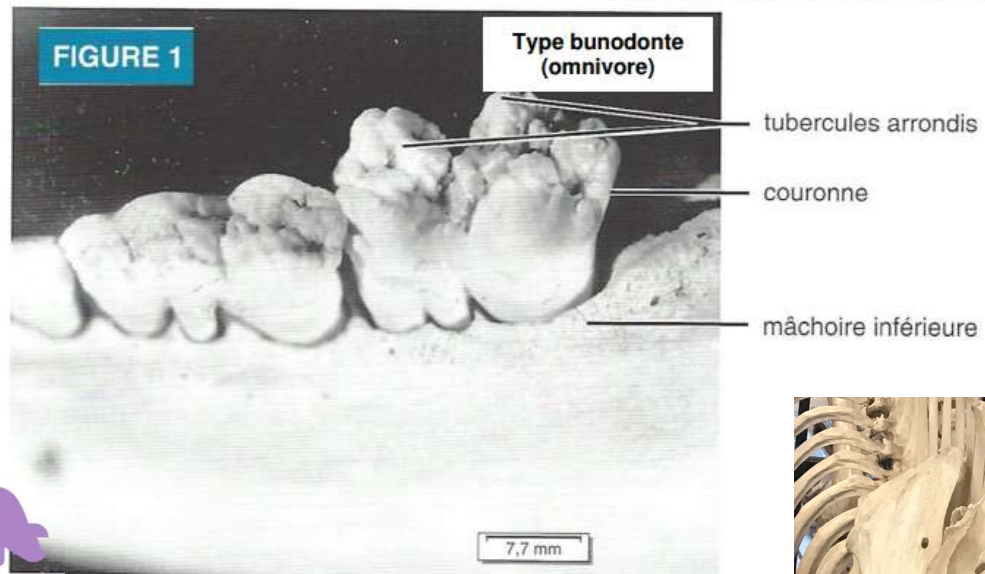


Musée Fragonard (ENVA)
(S. Dalaine)



Denture de types bunodonte, secodonte, sélénodonte

Figure d'après HEUSSER & DUPUY (2015)



■ Canine

⇒ Carnivore

■ Prémolaire avec tubercules arrondis = bunodonte

⇒ Omnivore

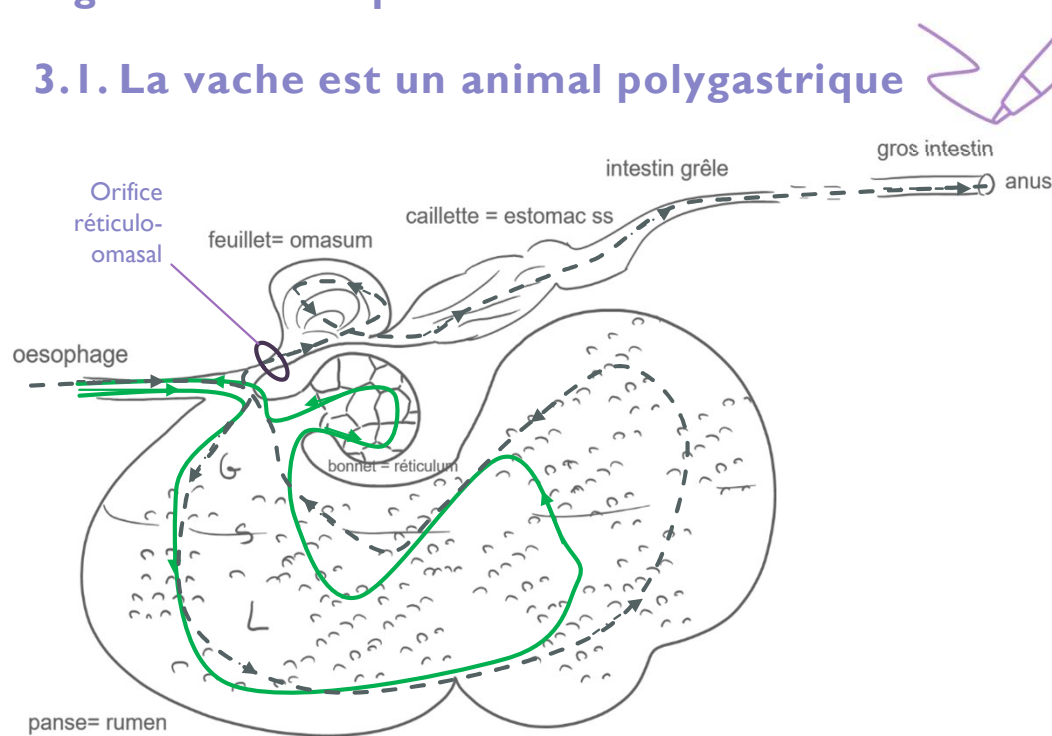


I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique

3.1. La vache est un animal polygastrique



Les 4 estomacs de la vache, un ruminant polygastrique (S. Dalaine)

Réticulum = réseau = bonnet



Panse = Rumen



Bonnet = Réticulum



Feuillet = Omasum



Caillette = Abomasum

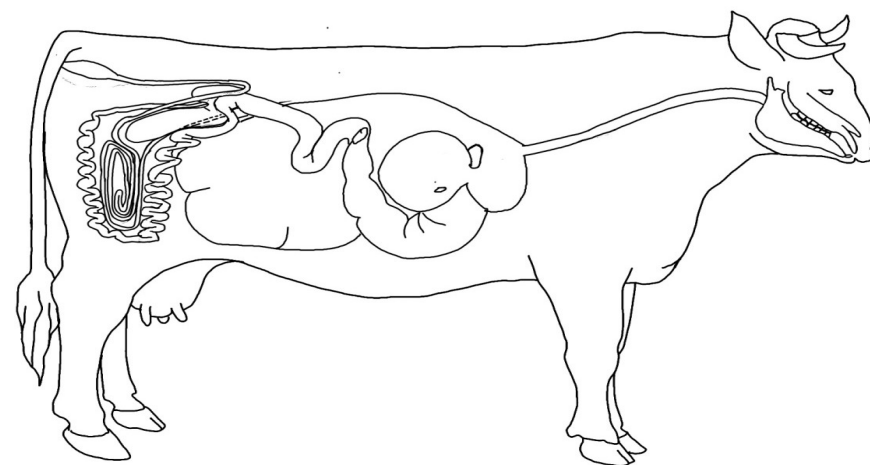
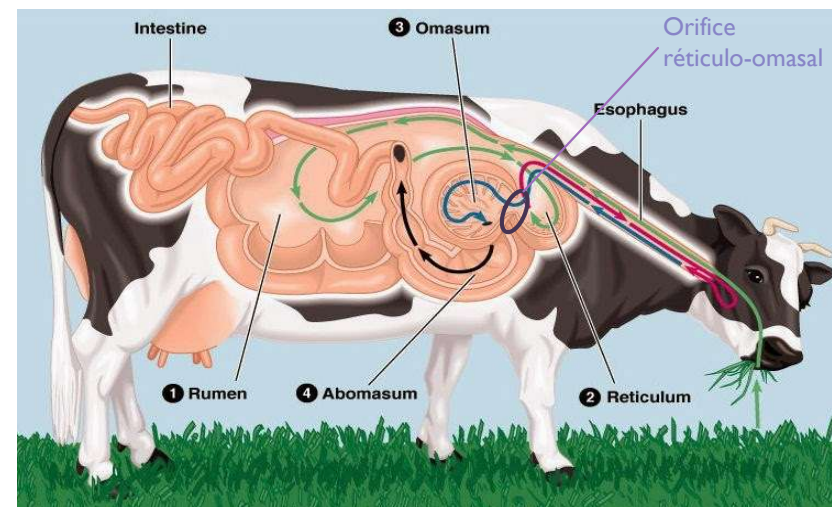
Aspect de l'épithélium des différentes chambres (Segarra et al., Ellipses)

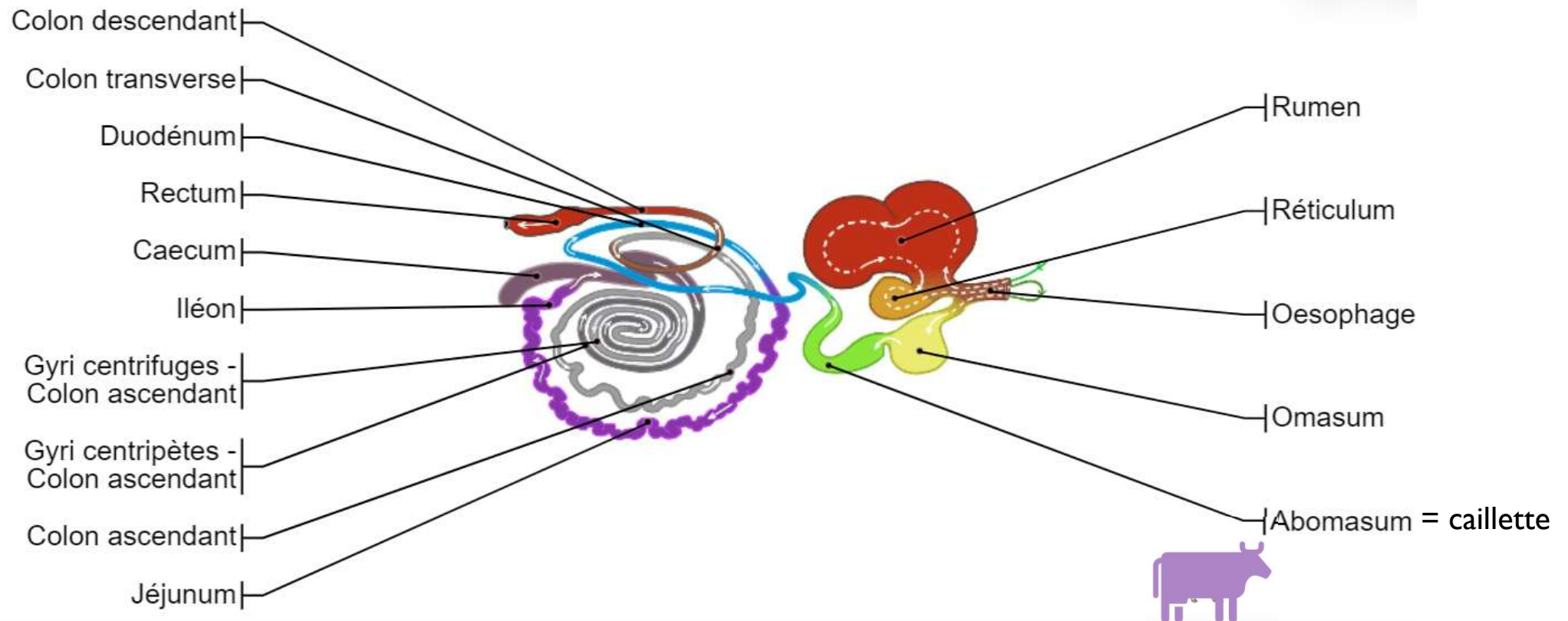
A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique

3.1. La vache est un animal polygastrique

- Vache = ruminant = **estomac polygastrique**
 - 4 chambres (3 1ères chambres = dilatation de l'œsophage)
 - Panse = rumen (200 L)
 - Bonnet = réticulum = réseau
 - Feuillet = omasum
 - Caillette = estomac ss
- } Forte musculature
⇒ brassage des aliments
-
- Chaque chambre caractérisée par: volume, épithélium, microbiote



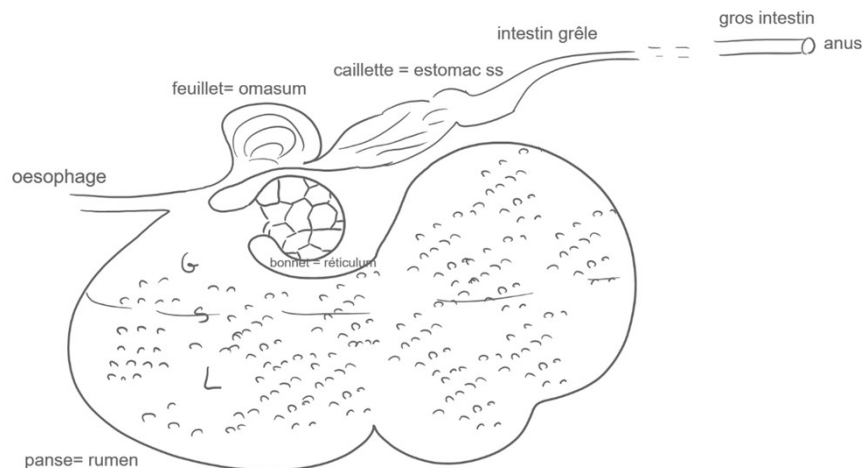


Anatomie du tube digestif d'une vache

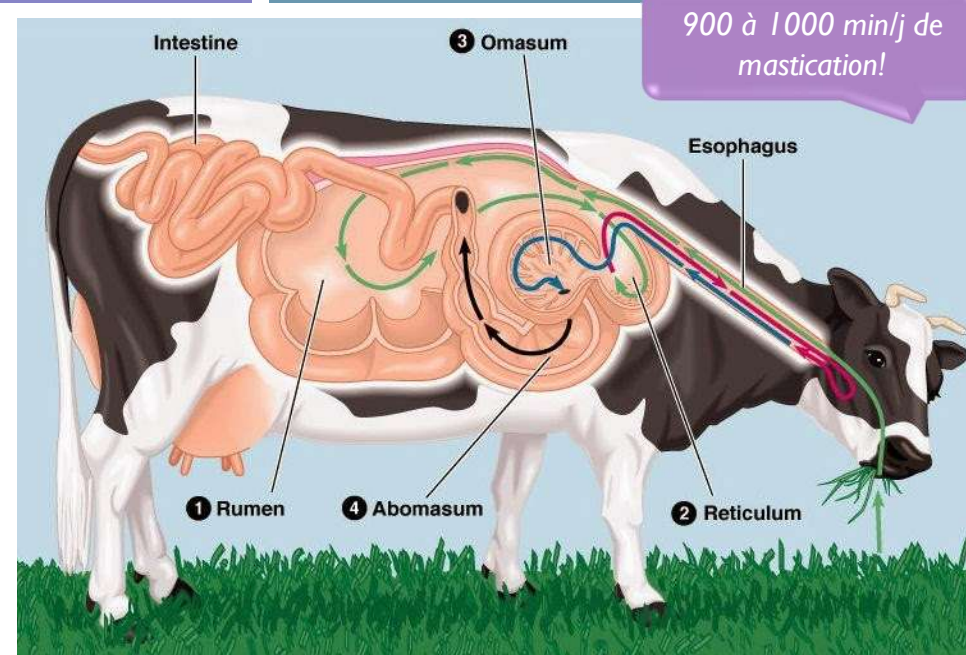
(<https://www.imaios.com/fr/vet-anatomy/taureau-et-vache/taureau-et-vache-anatomie-generale>)

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

3.2. Les aliments sont broyés au cours de la rumination

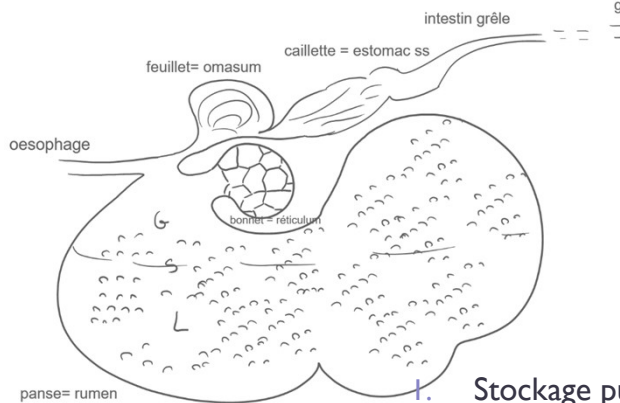


1. Stockage puis brassage dans le rumen (**broyage mécanique** début de **digestion chimique par les micro-organismes**)
2. Vidange après quelques minutes vers bonnet puis œsophage et bouche
3. Dans la bouche broyage par **mastication**
4. Retour vers rumen (digestion chimique par les micro-organismes)
5. **Contraction** de la paroi du rumen
6. Étapes 2 à 5 répétées ⇒ production progressive **d'AGV absorbés par paroi de la panse (rumen)**



7. Passage par l'orifice réticulo-omasal et arrivée dans le feuillet ⇒ **absorption d'AGV et réabsorption d'eau et d'ions minéraux**
8. Arrivée dans la caillette (pH=2 + enzymes): **digestion des micro-organismes**
9. Acheminement vers l'intestin grêle (duodénum)

3.2. Les aliments sont broyés au cours de la rumination



1. Stockage puis brassage dans le rumen (**broyage mécanique** début de **digestion chimique** par les **micro-organismes**)
2. Vidange après quelques minutes vers bonnet puis œsophage et bouche
3. Dans la bouche broyage par **mastication**
4. Retour vers rumen (digestion chimique par les micro-organismes)
5. **Contraction** de la paroi du rumen
6. Étapes 2 à 5 répétées ⇒ production progressive **d'AGV absorbés par paroi de la panse (rumen)**

3.3. Les aliments sont digérés par des micro-organismes symbiotiques dans la panse et le bonnet



▼ **TABLEAU V. Les micro-organismes du rumen et leur rôle [pour information].**
D'après SEGARRA et al. (2014).

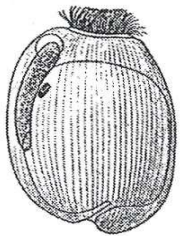
Flore microbienne du rumen

Ⓢ Bactéries: cellules procaryotes, sans noyau

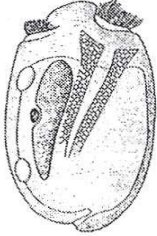
Ⓢ Ciliés: eucaryotes unicellulaires caractérisés par la présence, à leur surface, de nombreux cils vibratiles.

Ⓢ Champignons: cellules eucaryotes hétérotrophes dotées d'une paroi de chitine.

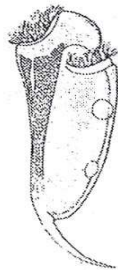
	Abondance	Quelques espèces	Molécules hydrolysées
Bactéries	10^9 à 10^{10} /mL de jus de rumen	<i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Cellulose
	1 kg de bactéries chez un bovin	<i>Bacteroides rumenicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Hémi-celluloses Protéines
Ciliés	10^4 à 10^6 /mL de jus de rumen 2 kg de ciliés chez un bovin	<i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Bacteroides rumenicola</i>	Amidon Protéines
		Entodiniomorphes	Glucides, certaines espèces sont cellulolytiques Protéines Lipides (galactolipides)
Champignons (moisissures)	10^4 /mL de jus de rumen		Fibres indigestibles par les autres micro-organismes



Entodinium longinucleatum



Diplodinium multivesiculum

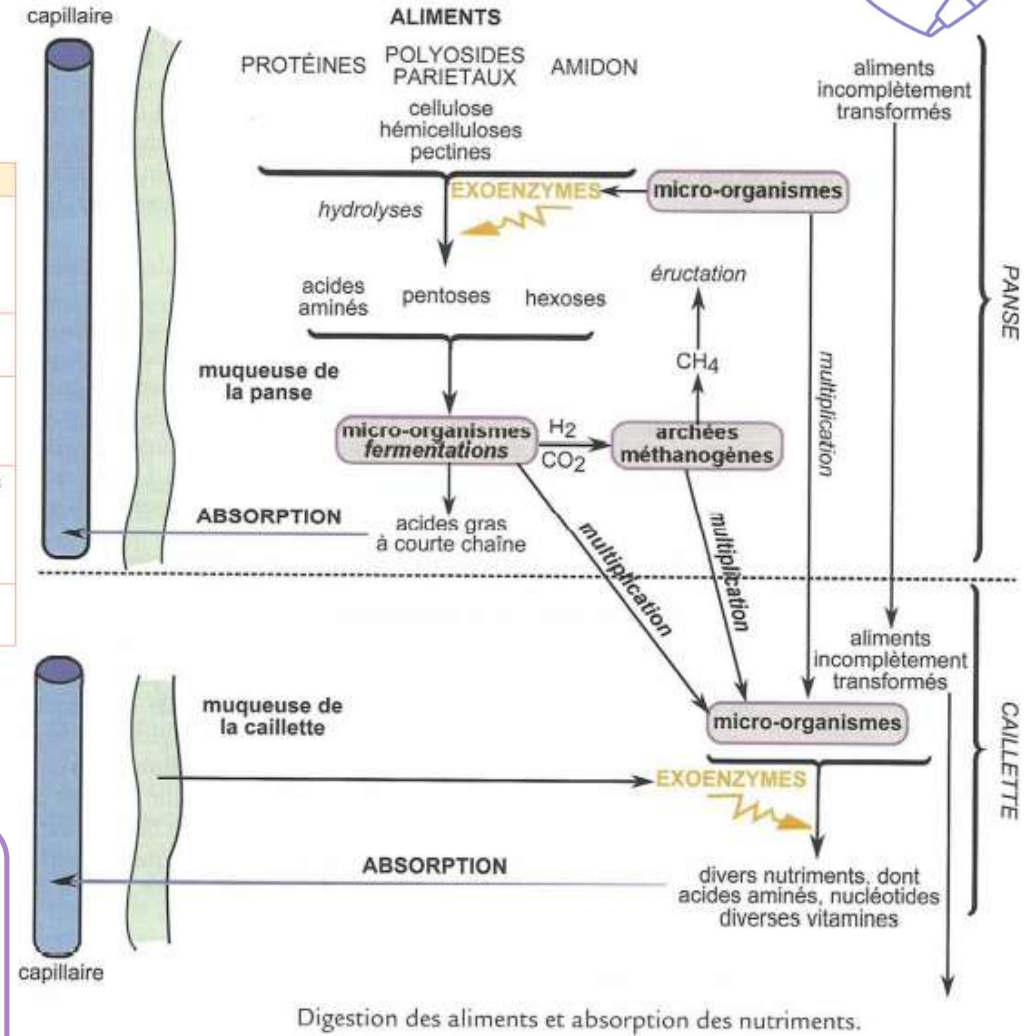


Epidinium ecaudatum

Les micro-organismes du rumen et leur rôle (Segarra et al, 2014)

BCPST1 - ENCPB- STÉPHANIE DALAINE

Exoenzyme: enzyme qui agit en dehors de la cellule qui la produit (sécrétée)



Les événements digestifs dans les poches de « l'estomac » (Peycru et al. 2013)

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

3.3. Les aliments sont digérés par des micro-organismes symbiotiques dans la panse et le bonnet



- pH= 5,5 à 7,3 / T°C= 40°C (> T°C rectale de 38°C), Vol= 200L

⇒ abondante flore microbienne

- Polymères glucidiques transformés en AGV par les bactéries (cellulolytiques) : HYDROLYSE + FERMENTATION anaérobie

➤ HYDROLYSE de cellulose, hémicellulose, pectine et amidon: EXTRACELLULAIRE

➤ FERMENTATION dans bactéries produit: AGV et H₂

- ✓ AGV **absorbés** par les **papilles** de l'épithélium de la panse.
- ✓ AGV → **foie** → **GLUCOSE** par **néoglucogenèse**
- ✓ H₂ néfaste pour fermentations bactériennes
- ✓ H₂ utilisé par Archées pour réduire CO₂ en CH₄ (méthane) éliminé par **éructation**

- **symbiose** efficace (une vache de 600 kg ne mange « que » de l'herbe: et vous?)

➤ **Vache = Holobionte**

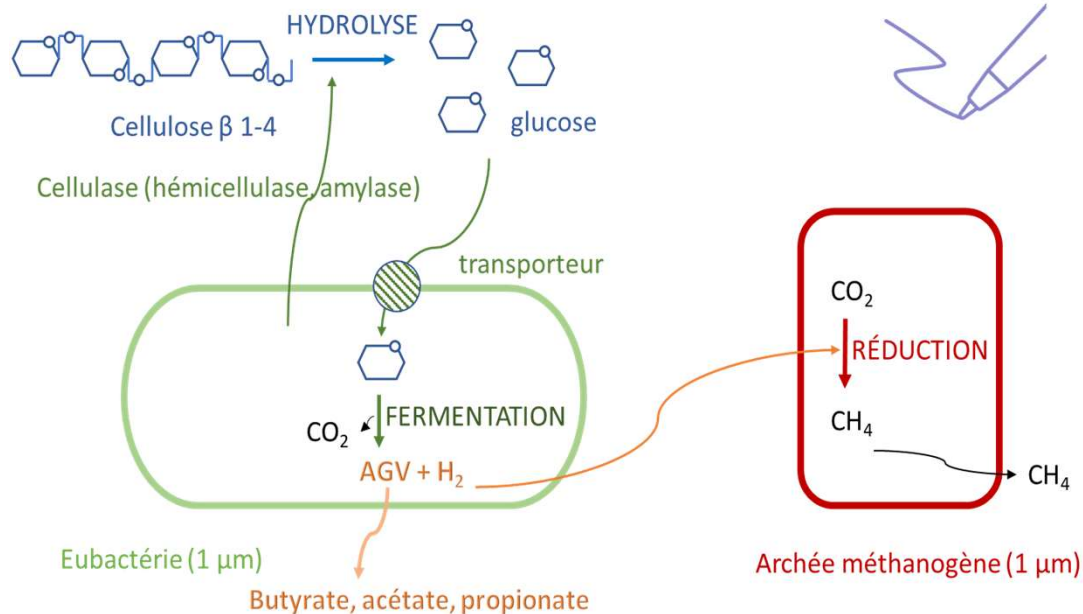
- Autre rôle des bactéries:

➤ **Détoxification** des aliments (ex-alcaloïdes)

➤ Synthèse d'aa essentiels et de **vitamine (B)**

➤ **Synthèse de protéines:** 1 à 3 kg de protéines /j

35

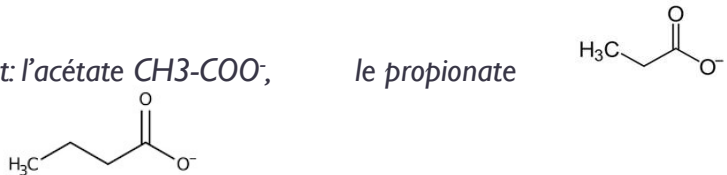


Coopération entre eubactérie et archée au sein du rumen (S. Dalaine)

Les AGV sont: l'acétate CH₃-COO⁻,

le propionate

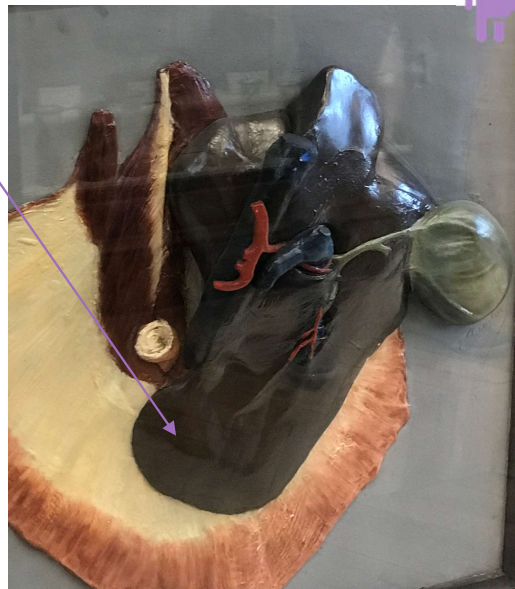
le butyrate



3.3. Les aliments sont digérés par des micro-organismes symbiotiques dans la panse et le bonnet

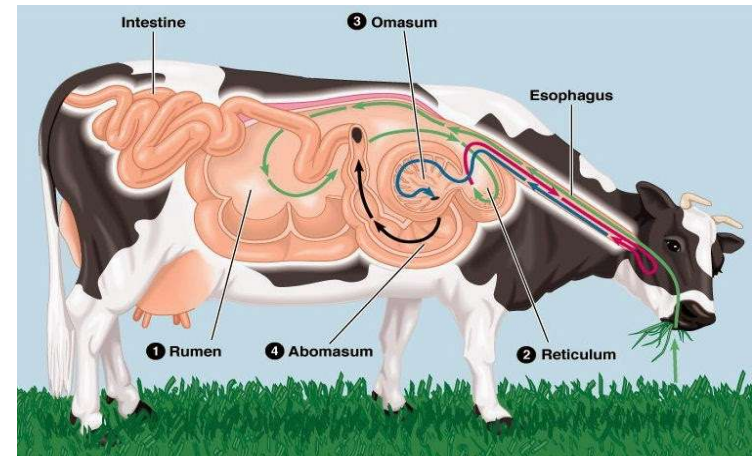
- AGV absorbés par **papilles de l'épithélium** de panse cf Fick ↗ surface
- AGV acheminés vers **foie** ⇒ **GLUCOSE** par néoglucogenèse
 - Approvisionnement de toutes les cellules de l'organisme à partir du foie
 - Gros foie
 - AGV production de H₂ ⇒ production de méthane et éructation
 - 1000L de méthane /jour

$$J = -D \times \frac{S}{e} \times \Delta C$$

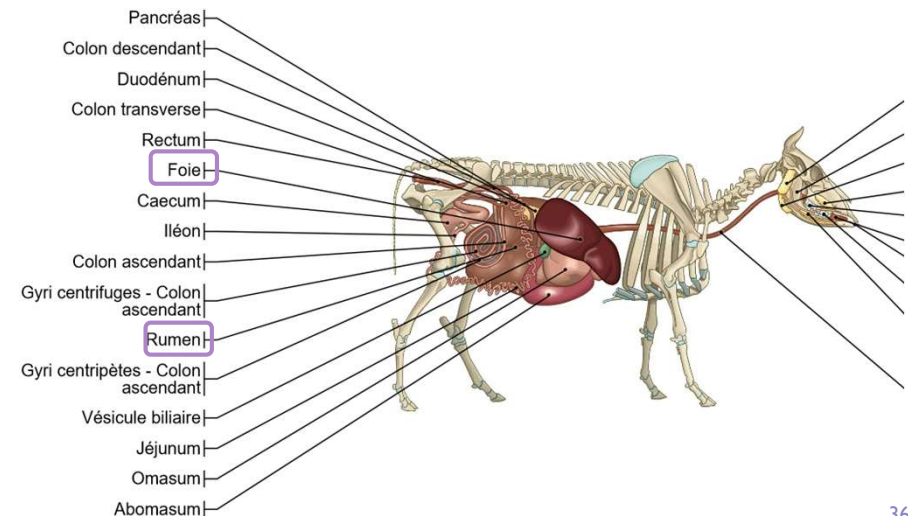


Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

BCPST I - ENCPB- STÉPHANIE DALAINE

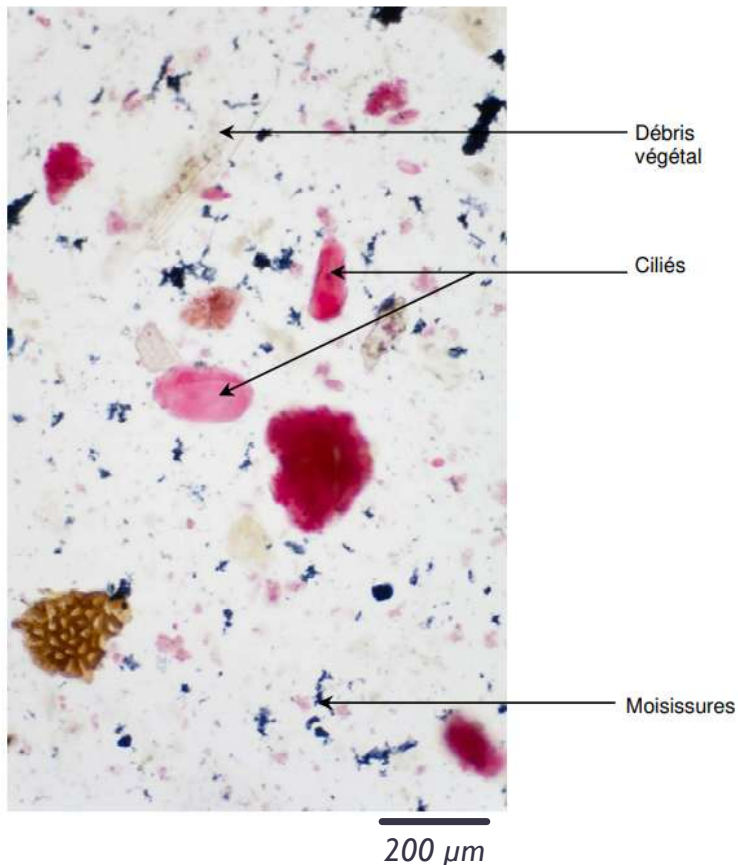


Taureau / Vache - Splanchnologie (vue latérale droite)

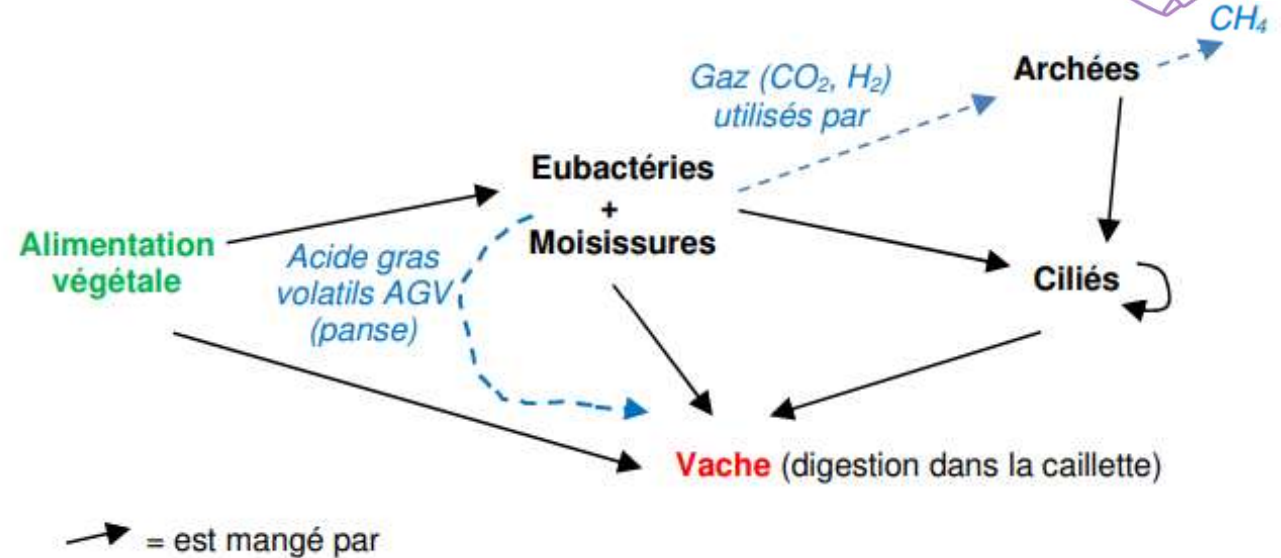


A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

3.3. Les aliments sont digérés par des micro-organismes symbiotiques dans la panse et le bonnet



Jus de rumen observé au MO après coloration au bleu coton et à la fuchsine (Nublat)



Réseau trophique au sein du rumen

- **Ciliés** $\Rightarrow$ **régulation** de flore bactérienne par phagocytose des bactéries
- Caillette = **véritable estomac**
 - $\Rightarrow$ digestion des **micro-organismes du rumen (1 kg/j)** : **ciliés, bactéries, champignons**
 - $\Rightarrow$ **vache = microphage**

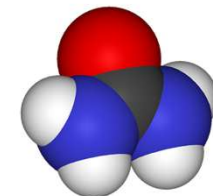
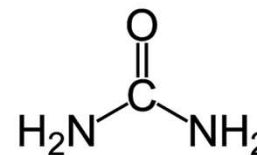
A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER



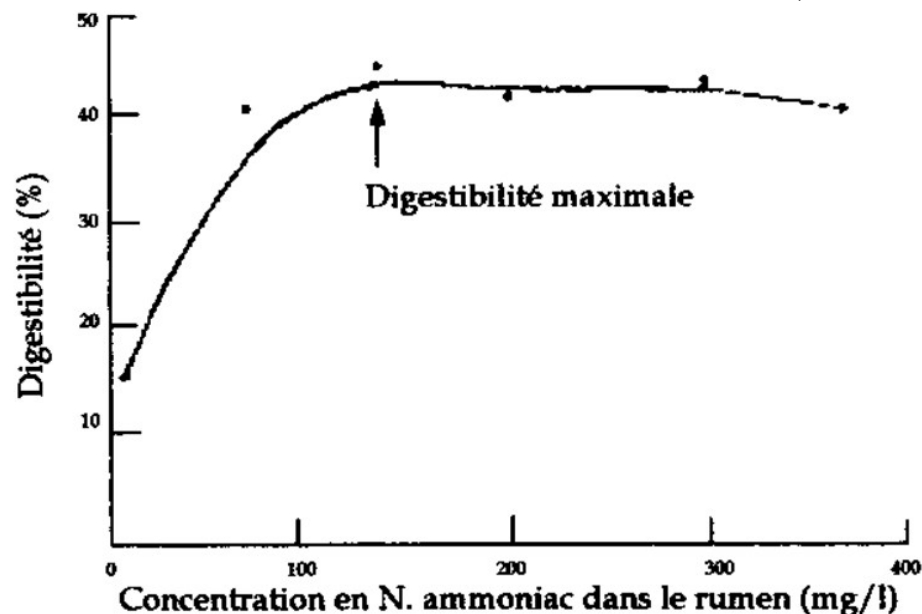
3.3. Les aliments sont digérés par des micro-organismes symbiotiques dans la panse et le bonnet

■ Rôles de la salive

- Plus de 100L de salive /jour, produite par les glandes salivaires
- **Pas d'amylase salivaire**
- **Bicarbonates de sodium** (Na^+ , HCO_3^-)
 - ⇒ Tampon pH pour la panse (importance du pH dans les fermentations)
- **Urée** (produite par le foie)
 - ⇒ **Source d'ammoniac (NH_3) pour les bactéries** ⇒ Synthèse de leurs aa
 - ⇒ ou réabsorbé par le rumen (et alors transformé en urée par le foie): **recyclage**



Urée (source:Wikipédia)

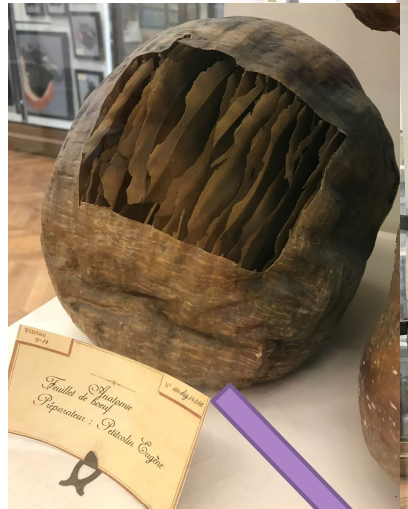
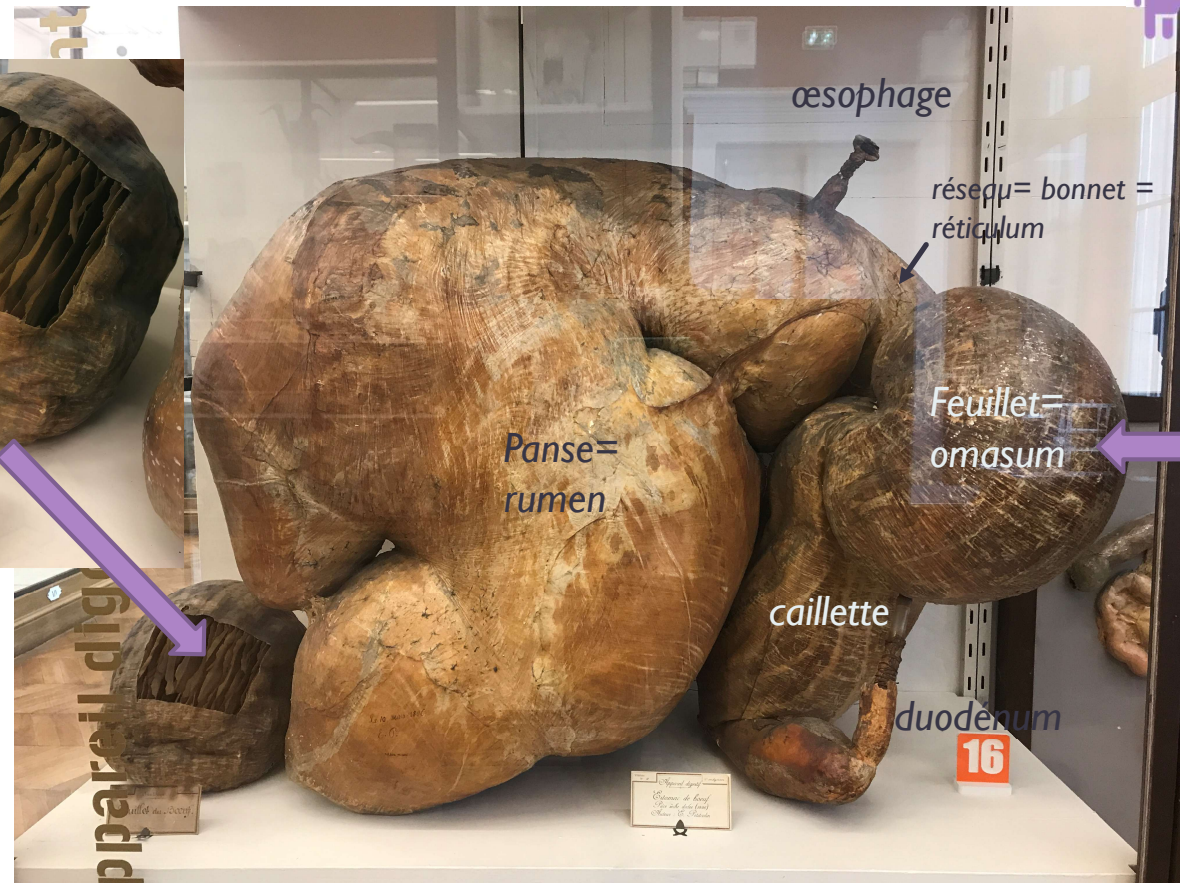


Le rôle de l'ammoniac dans la digestibilité au sein du rumen

3.4. Le feuillet permet la réabsorption d'eau et d'ions minéraux



Paroi du feuillet d'un impala, montrant de nombreuses lames



Feuillet

- Feuillet = réabsorption
- Petit volume: 150 mL à 200 mL
- **Nbreuses lames:** Fick : grande surface d'échange
- ⇒ **grande réabsorption d'eau et d'ions et absorption d'AGV** ⇒ chyme (bol alimentaire) desséché et comprimé
- Contraction de paroi ⇒ avancée du chyme vers caillette

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

3.5. La digestion se poursuit grâce à des enzymes digestives dans la caillette

■ Caillette = véritable estomac

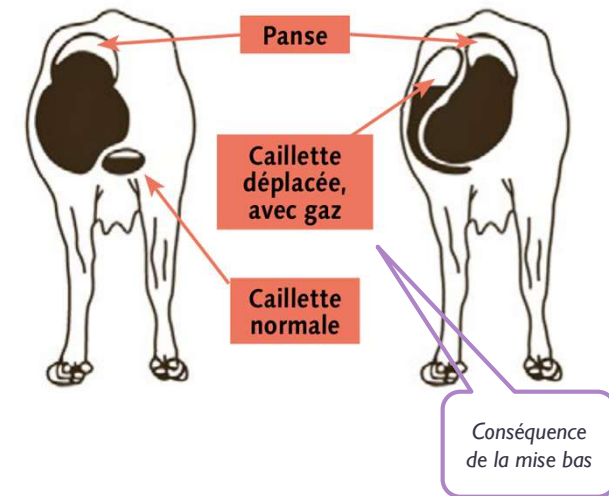
- ⇒ épithélium avec glandes sécrétant HCl $\Rightarrow$ pH= 2
- ⇒ **pepsine** hydrolysant protéines notamment
- ⇒ Sécrétion de **lysozyme** (hydrolyse de paroi bactérienne) $\Rightarrow$ digestion des **micro-organismes du rumen** (1kg/j) $\Rightarrow$ **microphage**
- ⇒ chyme : 250 L/jour chez vache= peu d'oses libres (consommés par bactéries) + protéines (origine bactérienne)+ acides gras + phospholipides

■ Caillette = digestion chimique par **HYDROLYSE**

- Estomac vers intestin via ouverture du sphincter du pylore
- Chez veaux non sevrés:
 - caillette secrète **présure** (contenant chymosine $\Rightarrow$ caillage du lait)
 - Trajet du lait direct œsophage $\rightarrow$ caillette puis caillette $\rightarrow$ rumen



Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)



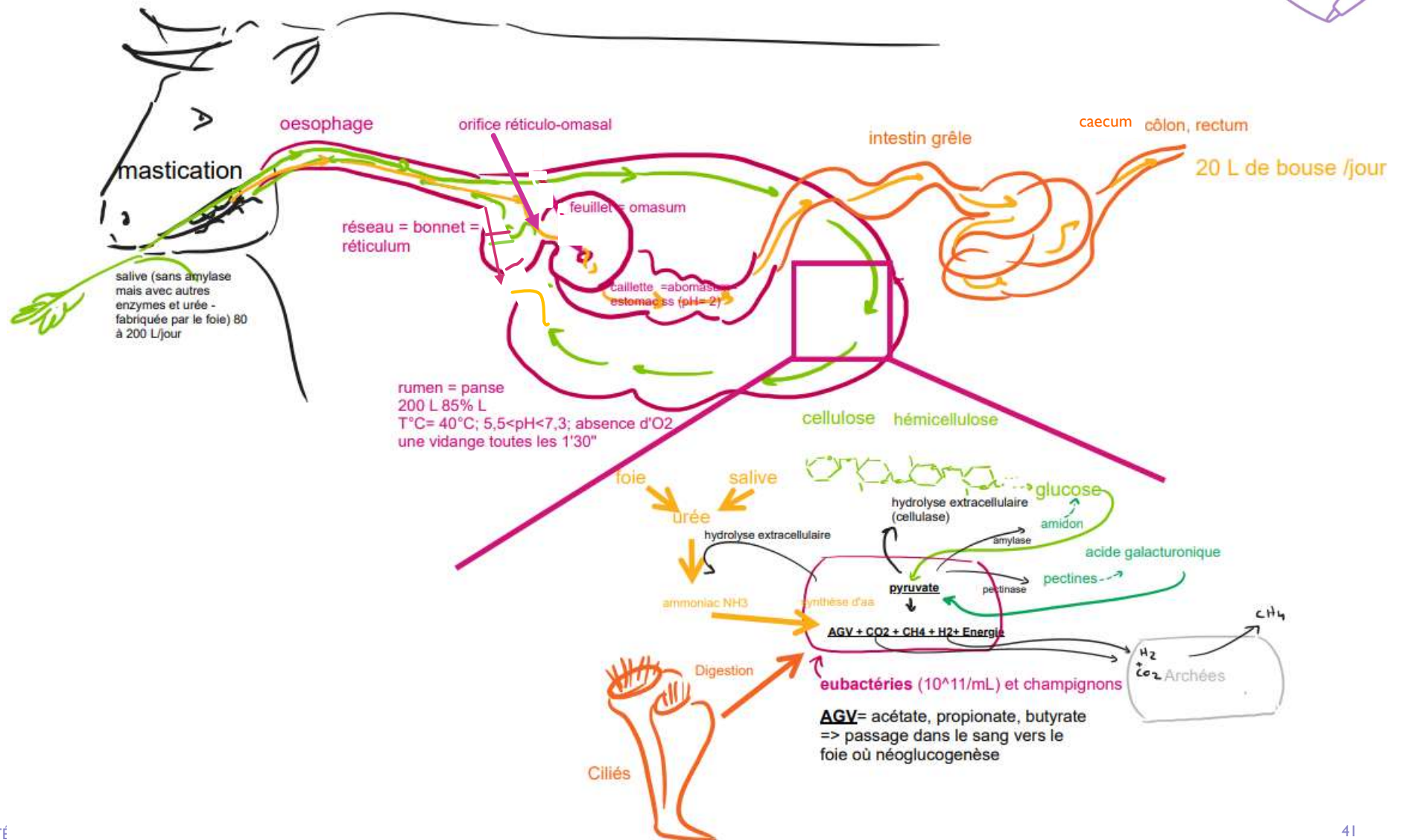
Caillette = estomac ss



Présure du veau

Schéma bilan sur la rumination chez la vache, organisme holobionte

3.6. Bilan



3.6. Bilan

- La vache est en **symbiose** avec la flore microbienne de sa panse : elle offre des conditions de vie favorables aux micro-organismes et leur apporte de la nourriture, tandis que les micro-organismes possèdent l'équipement enzymatique leur permettant de dégrader la cellulose et produisent des molécules utilisées par la vache.
- La panse forme un écosystème : un **écosystème** est l'ensemble formé par une association d'organismes vivants (= biocénose) et par son milieu environnant (= biotope). Un écosystème fonctionne comme une unité intégrée au sein de laquelle s'établissent des **relations trophiques** entre les êtres vivants qui le composent. Dans la panse, des micro-organismes variés cohabitent et entretiennent des relations diverses : compétition, symbiose, prédation ; le rumen constitue ainsi un véritable écosystème. Il s'y échange ainsi de l'énergie et de la matière permettant le maintien de la vie.
- La paroi du rumen constitue une surface d'absorption digestive qui n'existe pas chez les mammifères non ruminants.



- *Discussion* : la vache est un **herbivore** ou un **microphage** ? la vache se nourrit des AGV, protéines, vitamines produits par les microorganismes et des microorganismes eux-mêmes. Ce n'est pas véritablement un herbivore.....



- *Remarque sur les rendements* : normalement d'un maillon à l'autre d'une chaîne on perd 90%, le rendement devrait donc être de 10%. Or entre l'herbe et la vache on a 10%...on devrait avoir 1%, car ce sont les micro-organismes qui digèrent les aliments.

- Il n'y a donc pas de perte entre le maillon « vache » et le maillon « microorganismes », pourquoi ? C'est l'effet de la symbiose :
 - les microorganismes ne se déplacent pas pour chercher leur nourriture
 - les déchets sont réinjectés (urée de la vache passe dans le rumen permettant d'apporter l'azote aux microorganismes)
 - les déchets des microorganismes sont directement recyclés = AGV absorbés directement par la vache.
- La symbiose permet donc en étant clos de limiter les déplacements et assure un recyclage très efficace.



- *Remarque* : La baleine est un Cétartiodactyle, elle vit en symbiose avec des micro-organismes qui digèrent la chitine des crustacés les micro-organismes épluchent les crevettes pour la baleine.



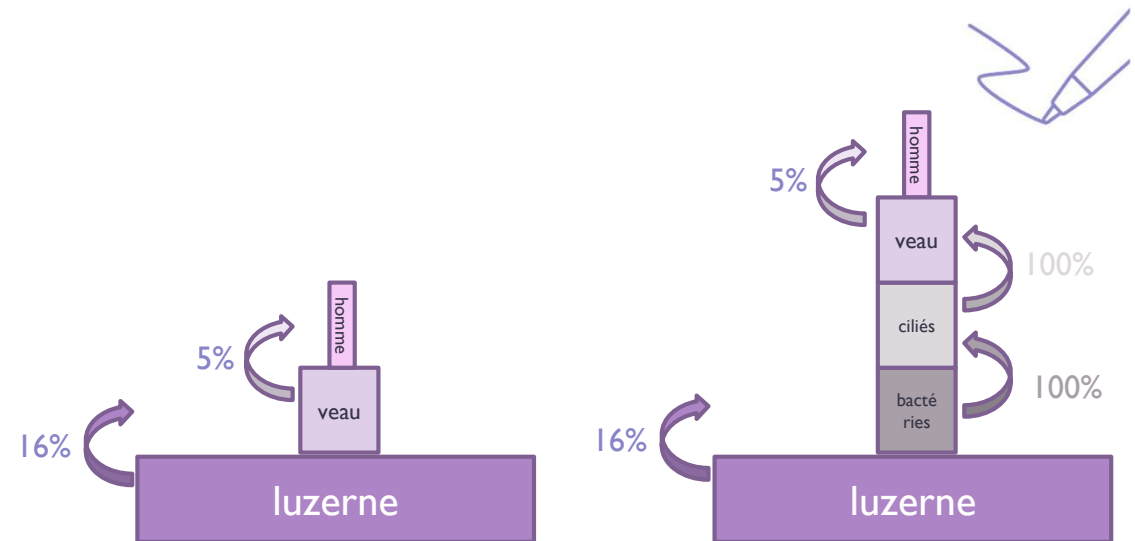
- *Remarque* : Le panda, qui ne possède pas de microorganismes, mange 40% à 50% de son poids de feuilles de bambou fraîches, contre 10% (3% de matière sèche) pour la vache. La quantité ingérée est donc multipliée par 4 à 5.

C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

3. La symbiose: un court-circuit trophique

- **Rendement biologique** de l'herbe à la vache = 10% (voire 16% selon les sources) alors qu'il y a en réalité plusieurs étages : herbe → bactéries C_1 (qui digèrent cellulose) → Ciliés C_2 → vache C_3 et qu'il ne devrait donc être que de 0,1%
- **Symbiose** ⇒ **réduction des dépenses énergétiques** pour la recherche de nourriture + **conditions optimales** pour le développement des micro-organismes (gîte, couvert, conditions optimales)
 - **gain d'énergie** pour la vache en termes de **thermorégulation** par exemple ⇒ réduction des dépenses énergétiques pour la thermorégulation / pour les microorganismes (pas de déplacement pour obtenir de la nourriture)
 - **utilisation croisée des déchets**
 - **peu de Non Utilisé** (car **AGV** utilisés par vache)
 - **peu de Non Assimilé** (sauf lignine) (car **cellulose** rendue disponible)
- Ainsi le rendement écologique entre bactéries / Ciliés et Ciliés / vache est quasiment de 100%
- Ainsi de l'herbe à la vache = quasiment un unique niveau holobionte.

Programme : dans le système herbe-vache, la symbiose avec les micro-organismes et l'utilisation croisée des déchets des partenaires augmentent le rendement entre échelons trophiques



Pyramide des énergies

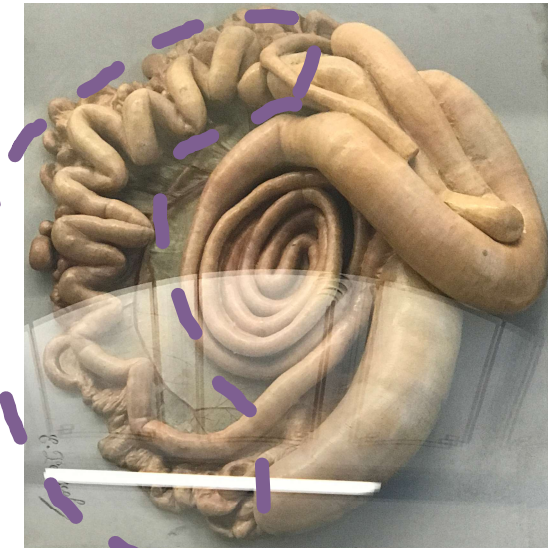
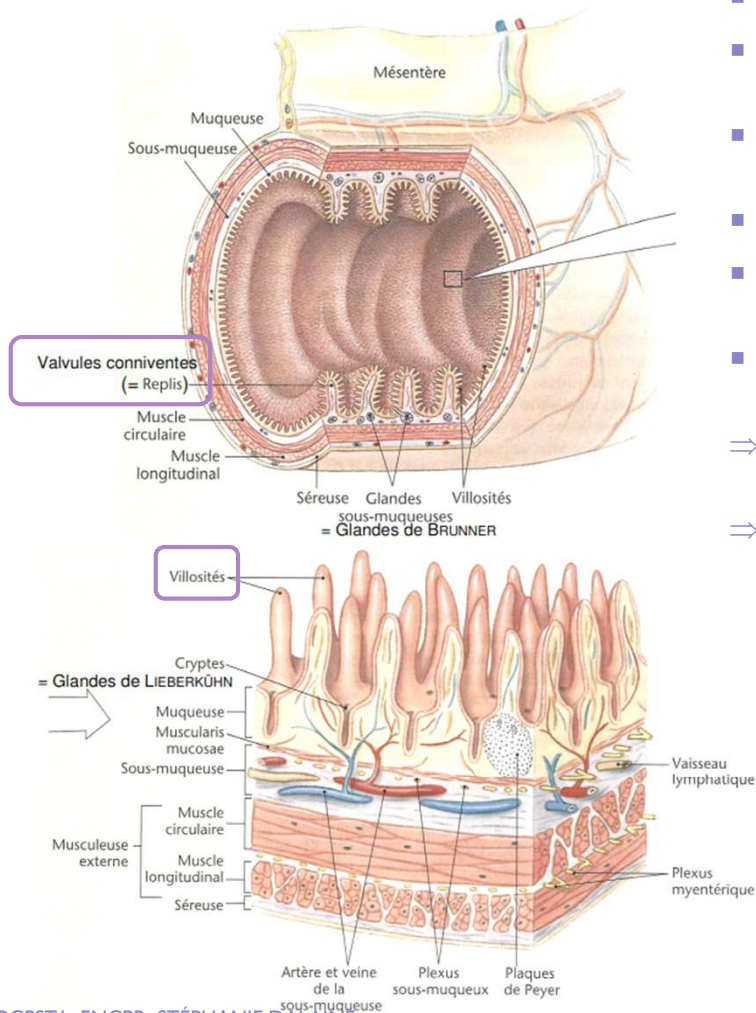
I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

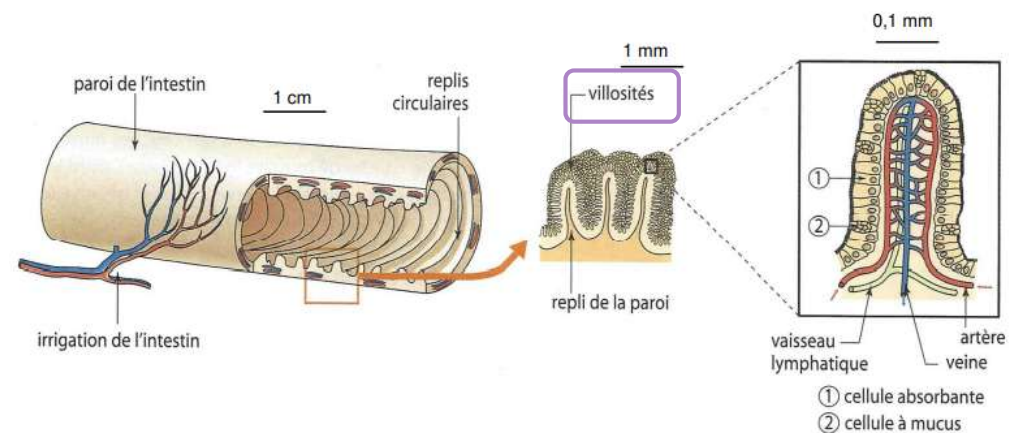
A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

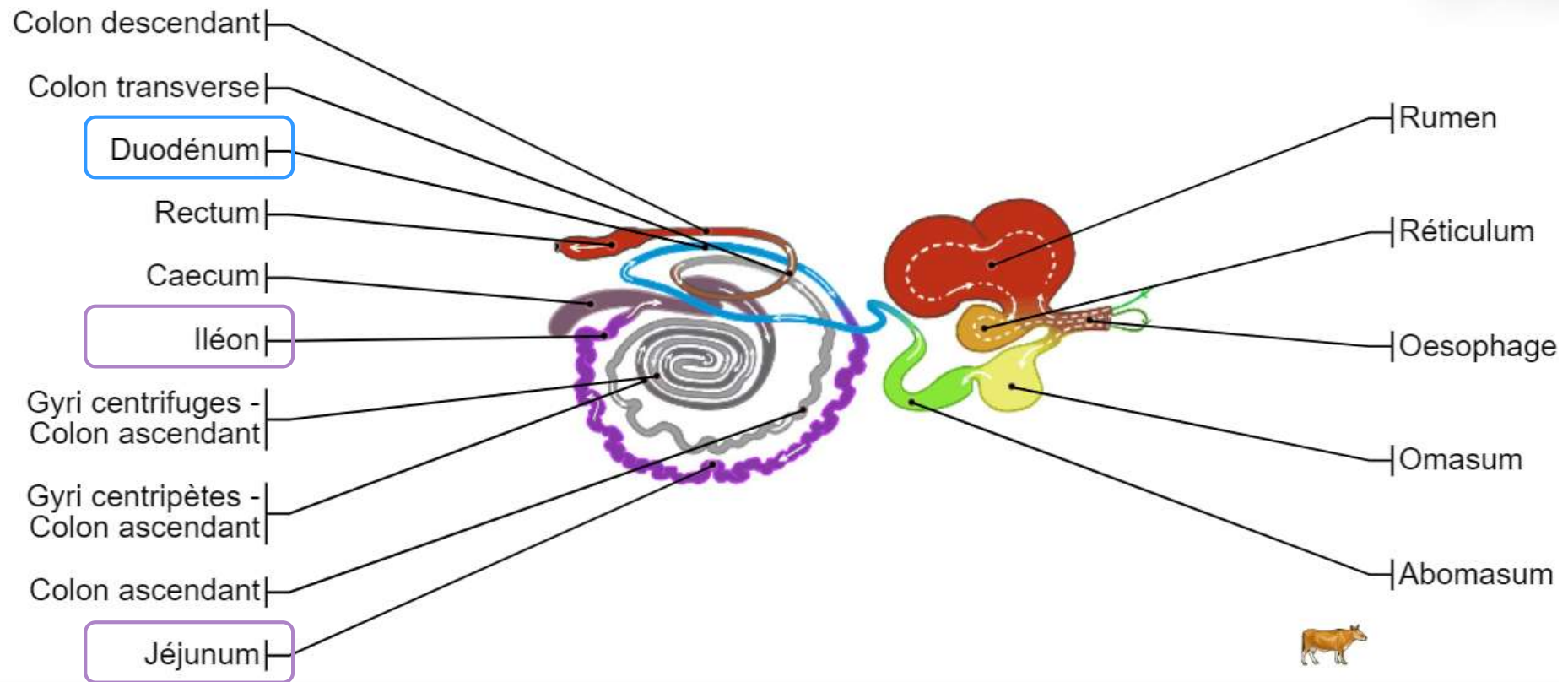
4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments

- 46 m, 5 cm de diamètre
 - **3 parties de l'intestin grêle:** le duodénum, le jéjunum et l'iléon.
 - **Péristaltisme** : muscles lisses (musculature externe circulaire + longitudinale)
 - **Replis, villosités, microvillosités** = $\nearrow \nearrow$ Surface
 - Epithélium au contact de la lumière = rôle d'absorption // **riche vascularisation**
 - Duodénum reçoit les **sécrétions biliaires et pancréatique**
- ⇒ digestion chimique: peptidase, lipase, amylase, nucléase, lipase
- ⇒ **Nutriments:** oses, acides aminés, acides gras et nucléotides



Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)



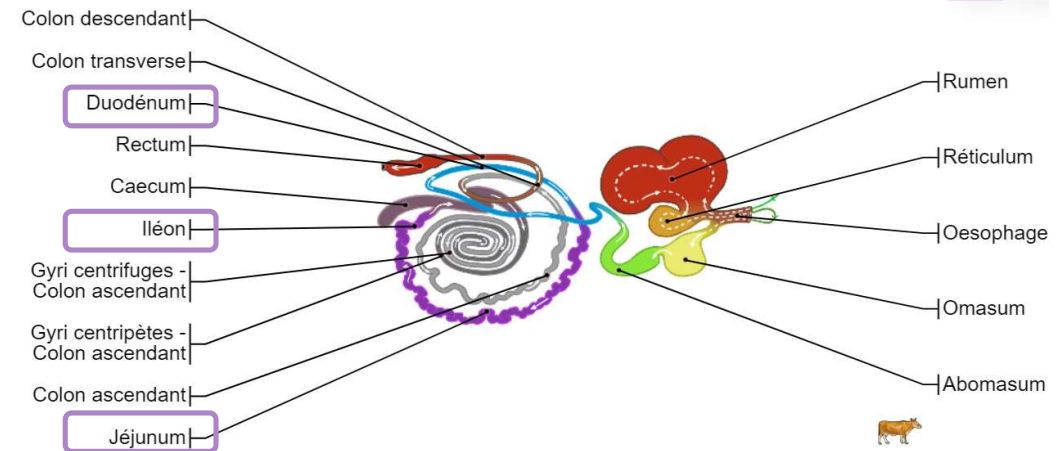
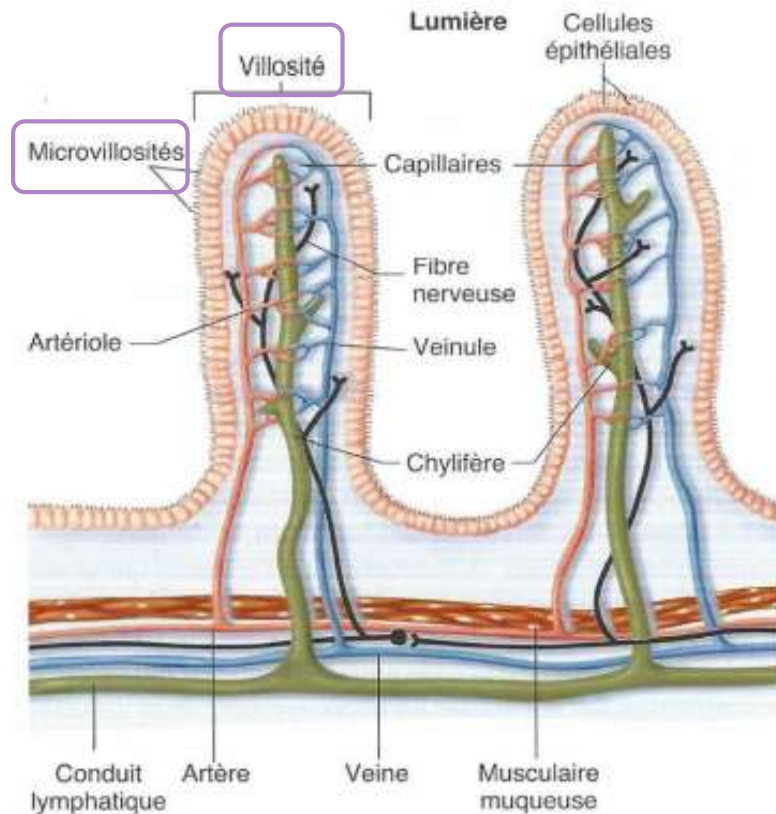


Anatomie du tube digestif d'une vache

(<https://www.imaios.com/fr/vet-anatomy/taureau-et-vache/taureau-et-vache-anatomie-generale>)

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments



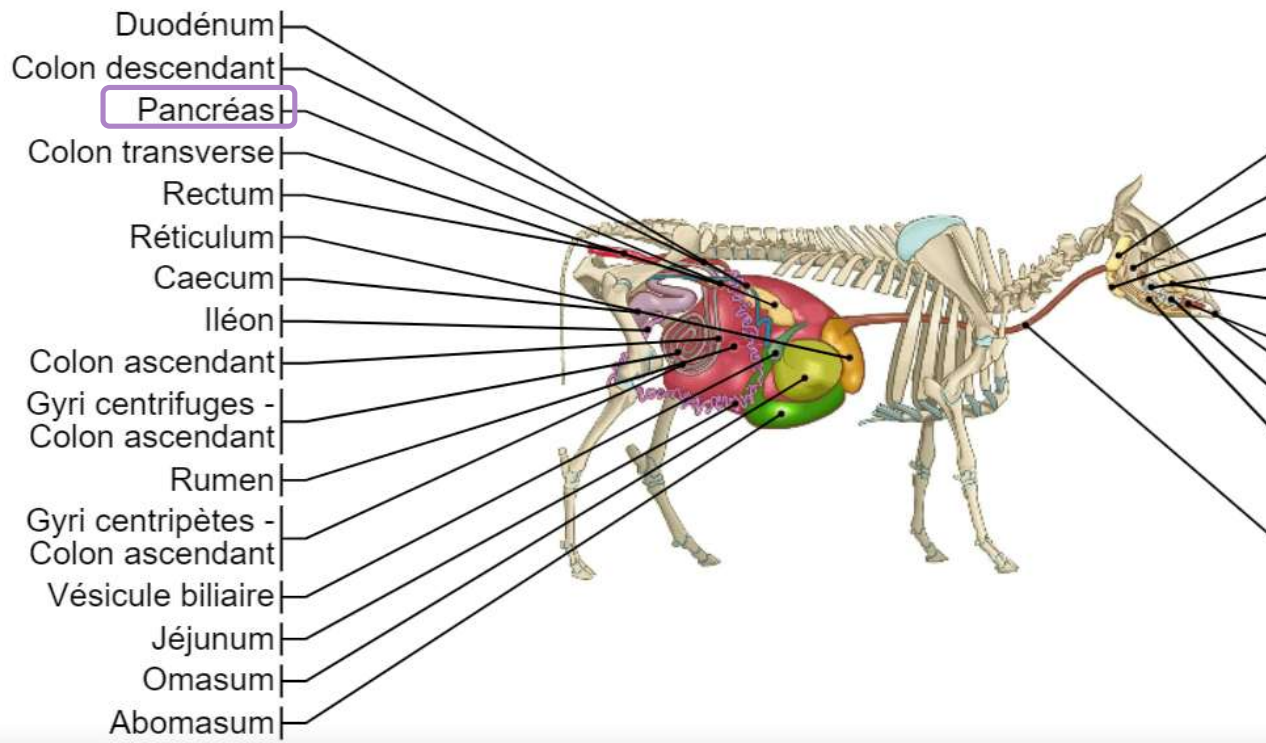
- **DIGESTION CHIMIQUE = HYDROLYSE** des molécules alimentaires
- ⇒ **NUTRIMENTS** = oses, acides aminés, acides gras, nucléotides : ce sont des **NUTRIMENTS**.
- ⇒ Passage dans le **SANG** d'où très riche vascularisation

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments

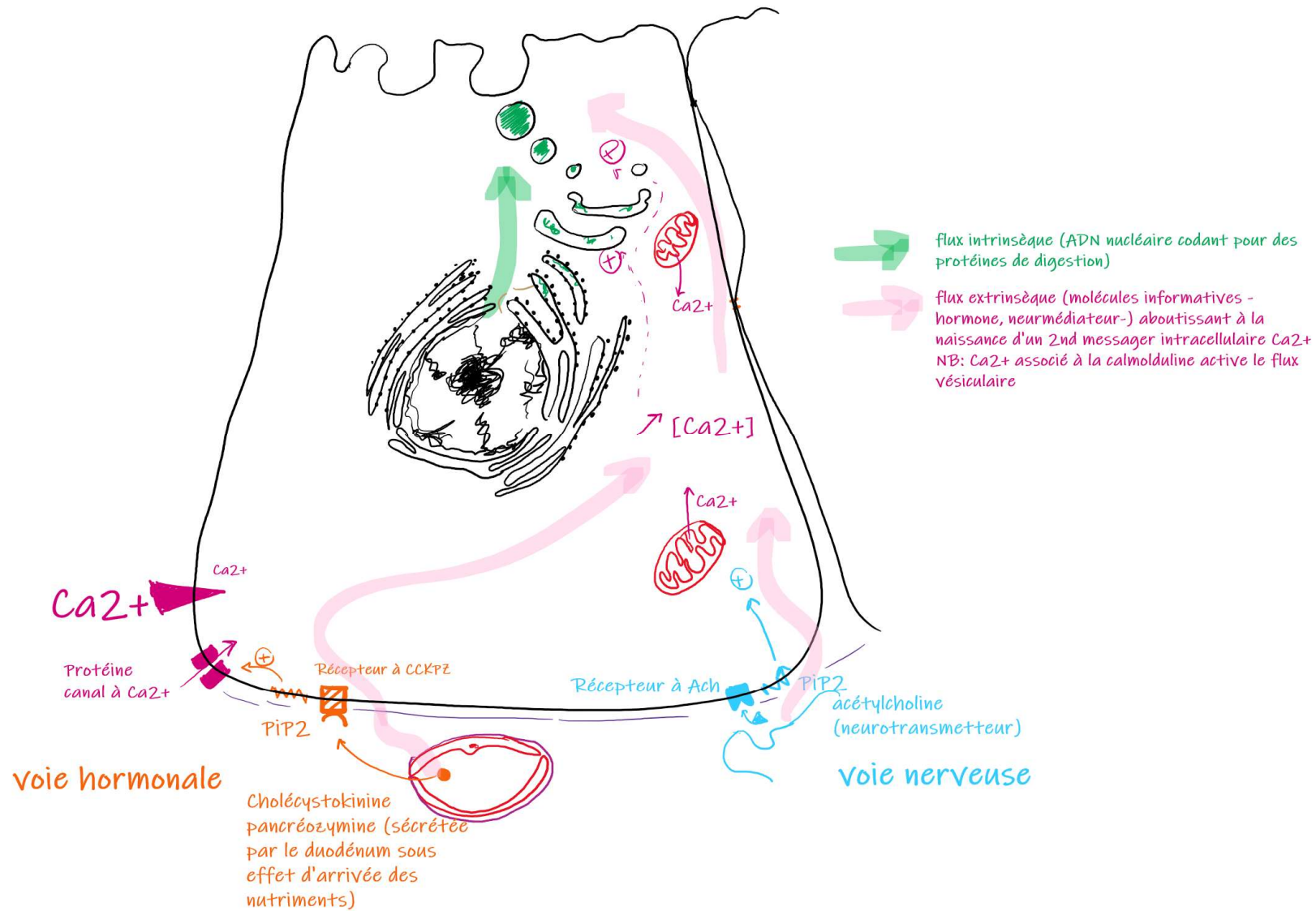


4.1. L'intestin permet l'hydrolyse des molécules non digérées dans l'« estomac »



■ **PANCRÉAS** sécrète le **SUC PANCRÉATIQUE** = enzymes digestives

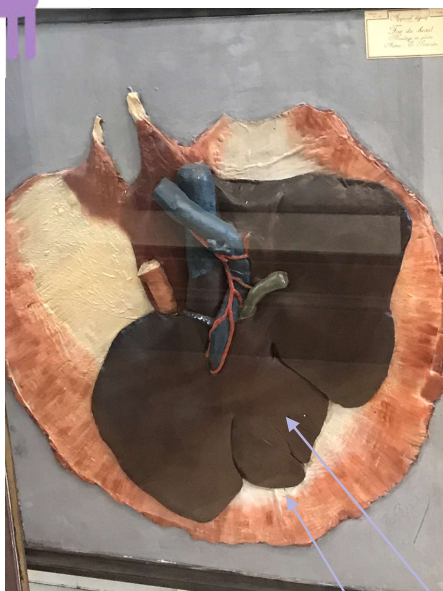
- **ENZYMES DIGESTIVES** = l' α -amylase, des protéases diverses (**trypsine, chymotrypsine, élastase, carboxypeptidases**), une phospholipase qui hydrolyse les phospholipides bactériens, des **nucléases** + maltase directement sur la membrane apicale des entérocytes
- **pH neutre** car HCO_3^- sécrété par pancréas
- ⇒ $\nearrow$ pH du **chyme** en provenance de l'estomac.
- sécrétion des enzymes pancréatiques sous **contrôle nerveux et hormonal** (cf SV-C2 CCKPZ et acétylcholine)
- Libération du suc pancréatique dans la portion antérieure de l'intestin grêle, le **duodénum**, via le conduit de Wirsung



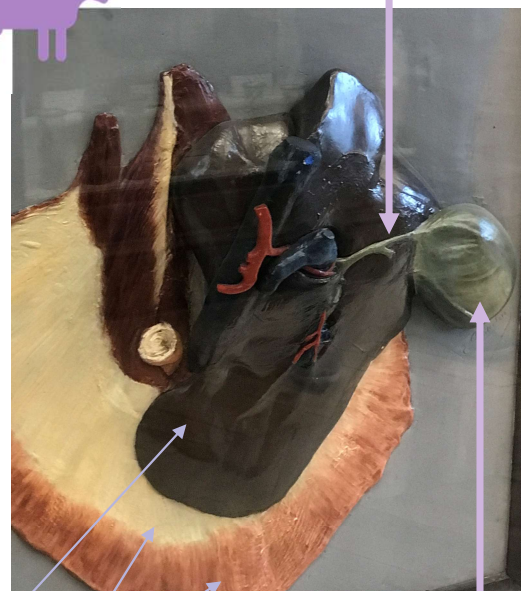
A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments

4.1. L'intestin permet l'hydrolyse des molécules non digérées dans l'« estomac »



Absence de vésicule biliaire chez le cheval



Conduit cholédoque

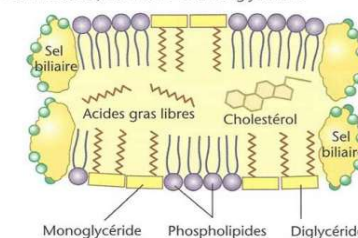
foie
diaphragme
hampe

Présence de vésicule biliaire chez la vache

FOIE sécrète la BILE

- bile stockée dans la vésicule biliaire → écoulement continu dans l'intestin (duodénum) par **CONDUIT CHOLÉDOQUE**
- Les sels biliaires **émulsifient** les lipides
 - ⇒ ↗ surface d'attaque
 - ⇒ ↗ digestion
- Sels biliaires = **dérivés de cholestérol**
 - ⇒ fonctions hydrophiles (émulsion) + partie hydrophobe très affine pour les lipides.
 - ⇒ **MICELLES** dans l'intestin et évitent ainsi l'amas des lipides en grosses gouttelettes.

(b) Les micelles sont de petits disques contenant des sels biliaires, des phospholipides, des acides gras, du cholestérol, des mono- et des diglycérides.



Le rôle des sels biliaires dans les émulsions et les micelles.

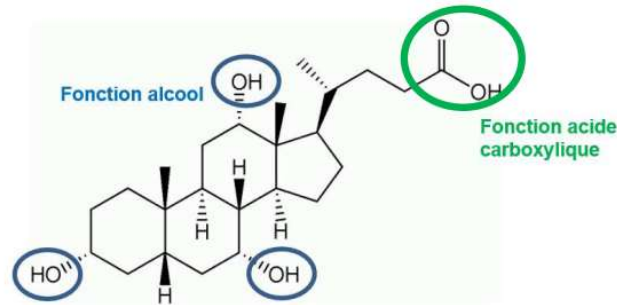
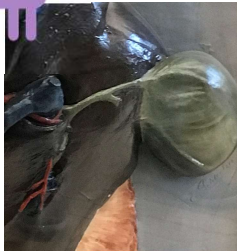
Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

BCPST I - ENCPB- STÉPHANIE DALAINE

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments

4.1. L'intestin permet l'hydrolyse des molécules non digérées dans l'« estomac »

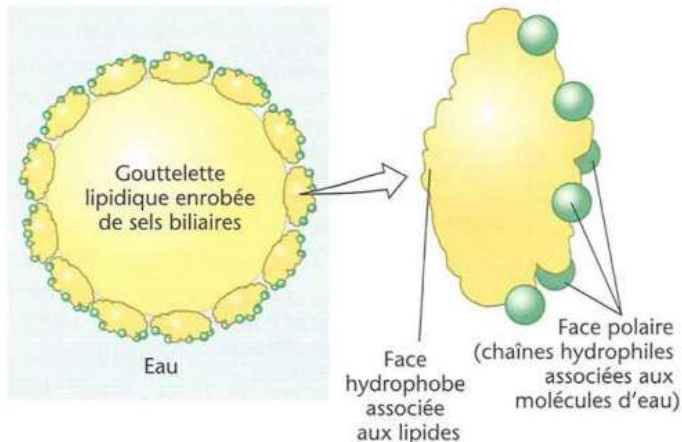


Acide cholique = dérivé de cholestérol

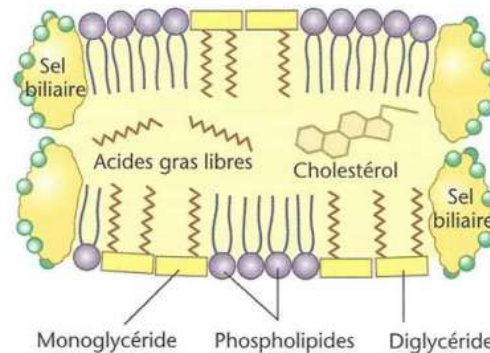
■ Sels biliaires = dérivés de cholestérol

- ⇒ fonctions hydrophiles (émulsion) + partie hydrophobe très affine pour les lipides
- ⇒ Émulsifient les lipides
- ⇒ ↗ surface d'attaque des lipides
- ⇒ ↗ Digestion des lipides
- ⇒ **MICELLES** dans l'intestin évitent l'amas des lipides en grosses gouttelettes.

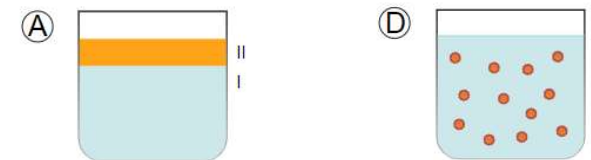
(a) Les sels biliaires enrobent les lipides et permettent la formation d'émulsions.



(b) Les micelles sont de petits disques contenant des sels biliaires, des phospholipides, des acides gras, du cholestérol, des mono- et des diglycérides.



Le rôle des sels biliaires dans les émulsions et les micelles.



Sels biliaires = détergents permettant une émulsion des lipides dans le chyme alimentaire

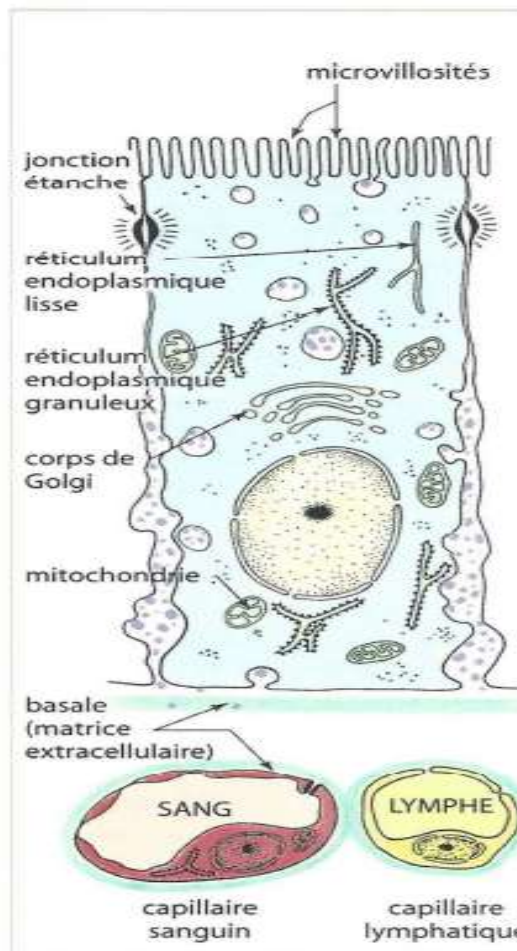
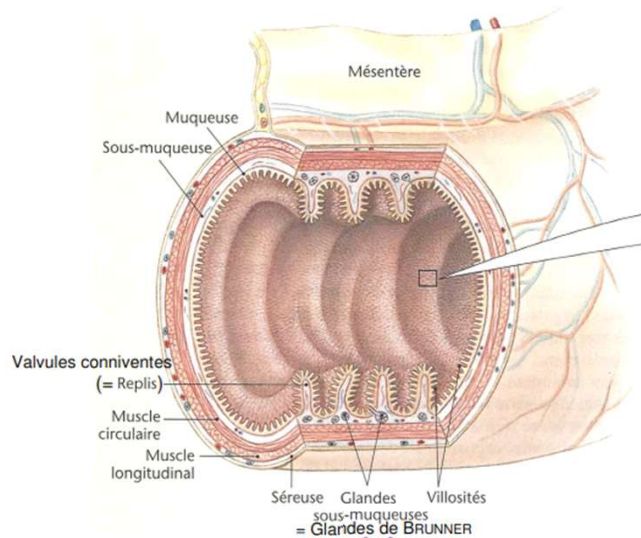
*L'émulsion des lipides par les sels biliaires.
D'après SILVERTHORN et al. (2007)*

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments



4.2. La grande surface permet une absorption efficace



- **Paroi de l'intestin grêle = Replis = valvules conniventes**
⇒ $\nearrow S$ (x3 à 10)
- **Villosités = replis de la muqueuse en doigts de gants**
⇒ $\nearrow S$ (x10 à 20)
- **Microvillosités des entérocytes**
⇒ $\nearrow S$ (x10)
- **Bilan: $\nearrow S \times 600 = 4300 \text{ m}^2$ (soit 5 terrains de hand!)**



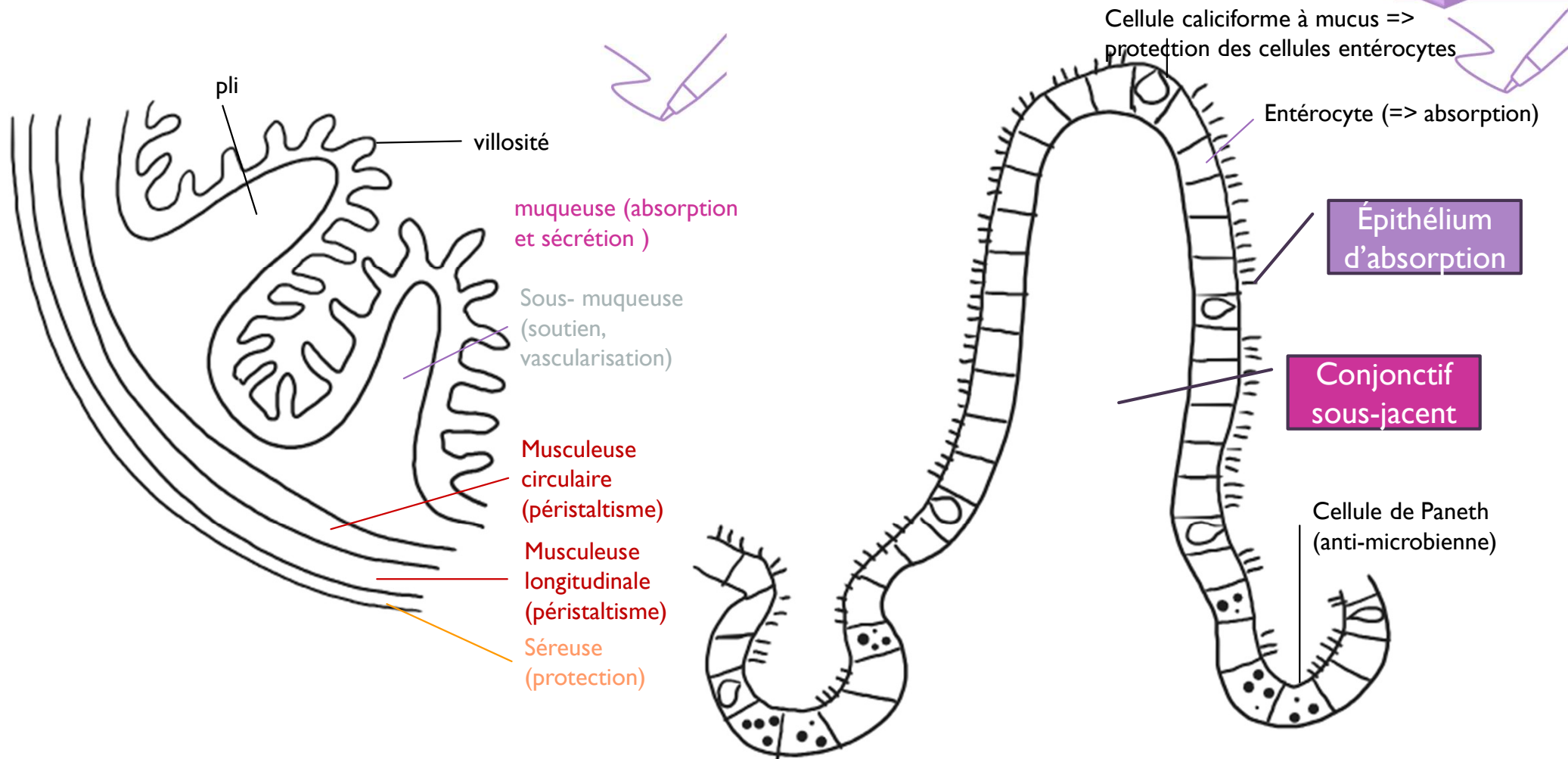


Schéma d'une tunique: muqueuse d'absorption (et de sécrétion)

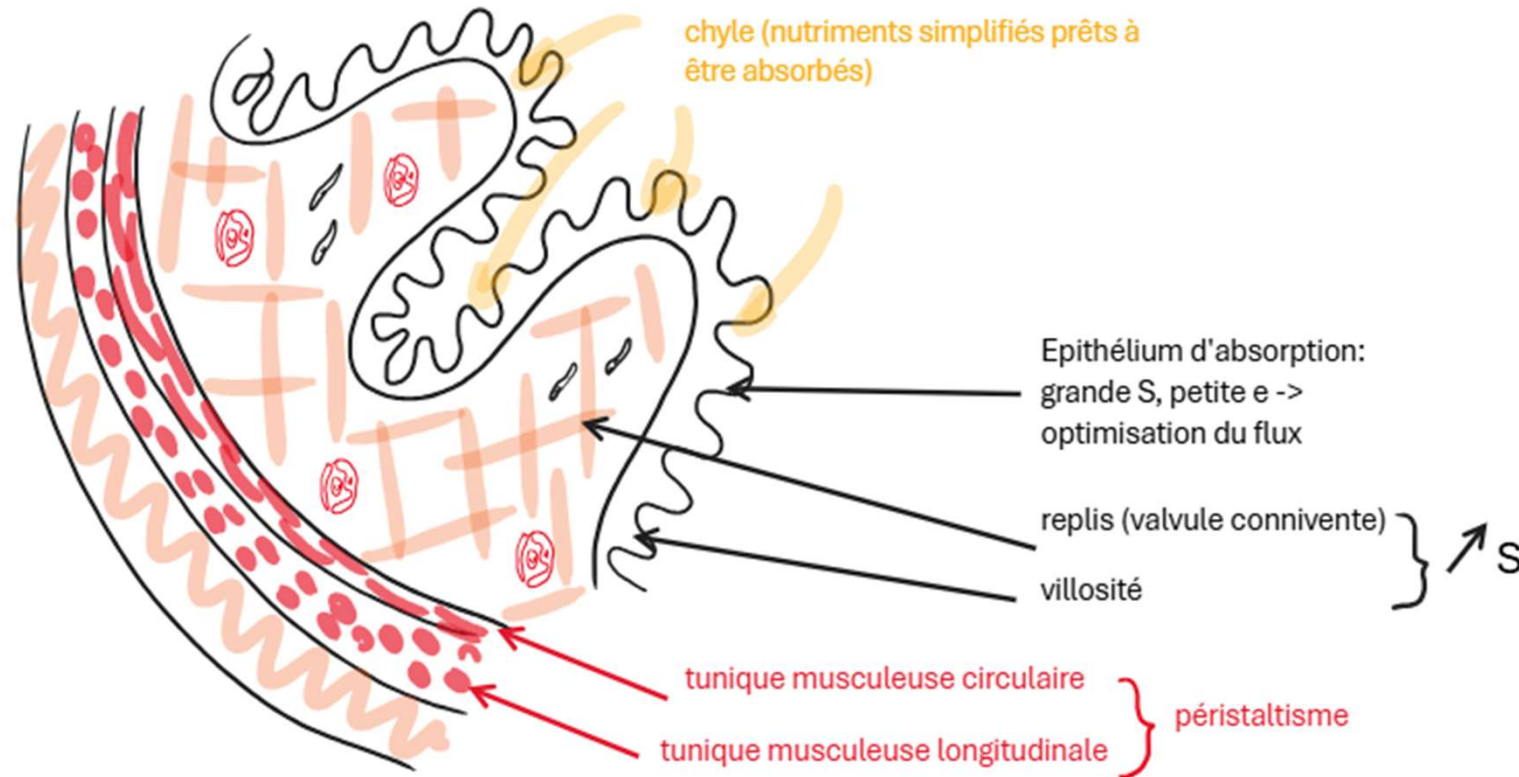
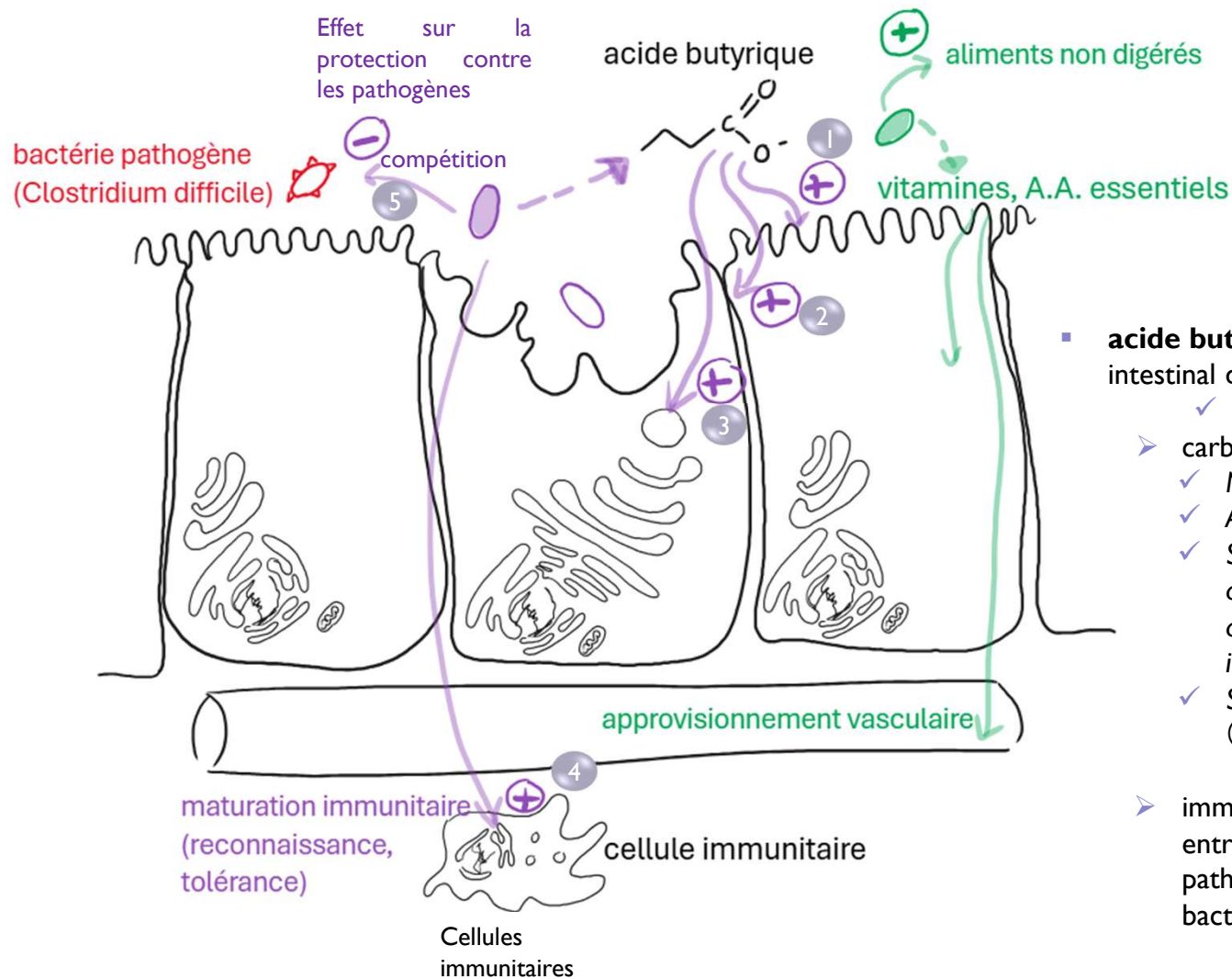


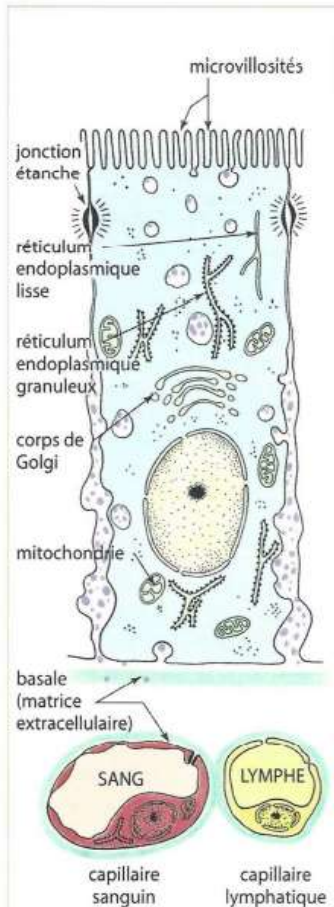
Schéma simplifié d'une coupe transversale d'intestin grêle, impliqué dans l'absorption des nutriments (S. Dalaine)



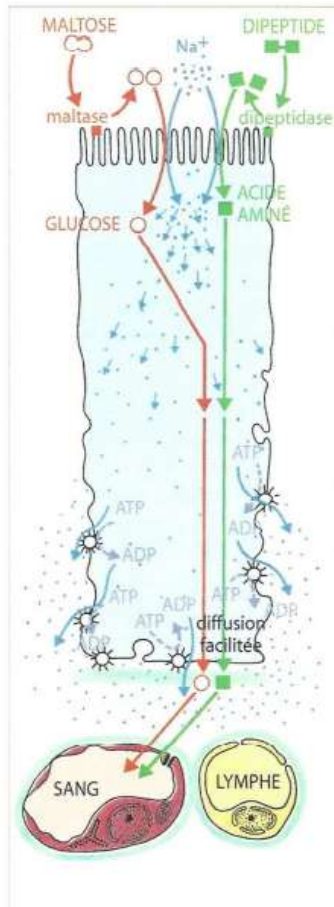
- **acide butyrique:** produit par le microbiote intestinal des mammifères.
 - ✓ production amplifiée par fibres solubles
 - carburant à la muqueuse intestinale
 - ✓ Nutrition des entérocytes
 - ✓ Augmentation des microvillosités ①
 - ✓ Stimulation de l'expression des protéines de jonction serrée ② → renforcement de l'effet barrière de la muqueuse intestinale
 - ✓ Stimulation de la production de mucus ③
 - immunostimulant local ④ (différence entre bactéries symbiotiques et agents pathogènes) et compétition ⑤ avec les bactéries pathogènes

4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments

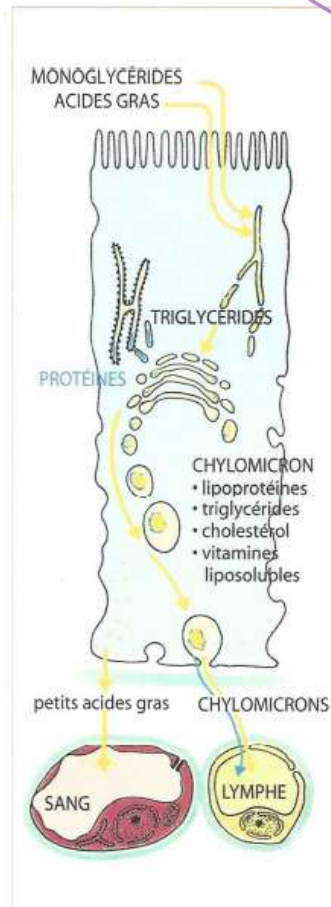
4.2. La grande surface permet une absorption efficace



Ultrastructure d'une cellule absorbante intestinale.



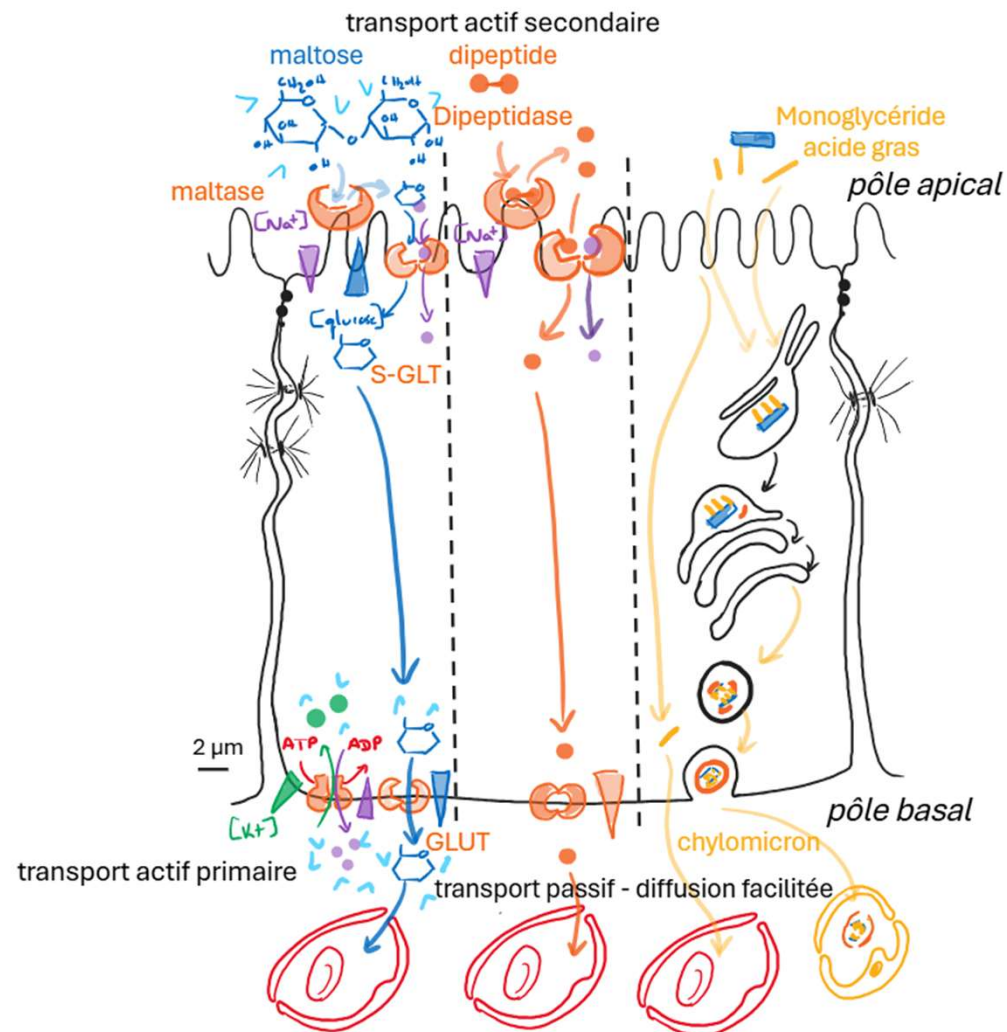
Absorption du glucose et des acides aminés.



Absorption des lipides.

■ JÉJUNUM lieu d'absorption de:

- **EAU** par **osmose** via des **aquaporines**
- **IONS** transportés passivement ou activement via des canaux
- **OSES** et **ACIDES AMINÉS** concentrés activement (par exemple par un **cotransport avec le Na^+**) dans l'entérocyte, puis transportés passivement (par **perméases = diffusion facilitée**)
- **LIPIDES** (monoglycérides, acides gras) transportés par diffusion simple jusqu'au REL → **triglycérides** → gouttelettes avec **cholestérol + protéines** dans le Golgi → **CHYLOMICRONS** (complexes lipoprotéiques produits dans les entérocytes) → **chylifères** (vaisseaux lymphatiques) présents dans les villosités intestinales.
- D'autres substances variées (vitamines, nucléotides...)



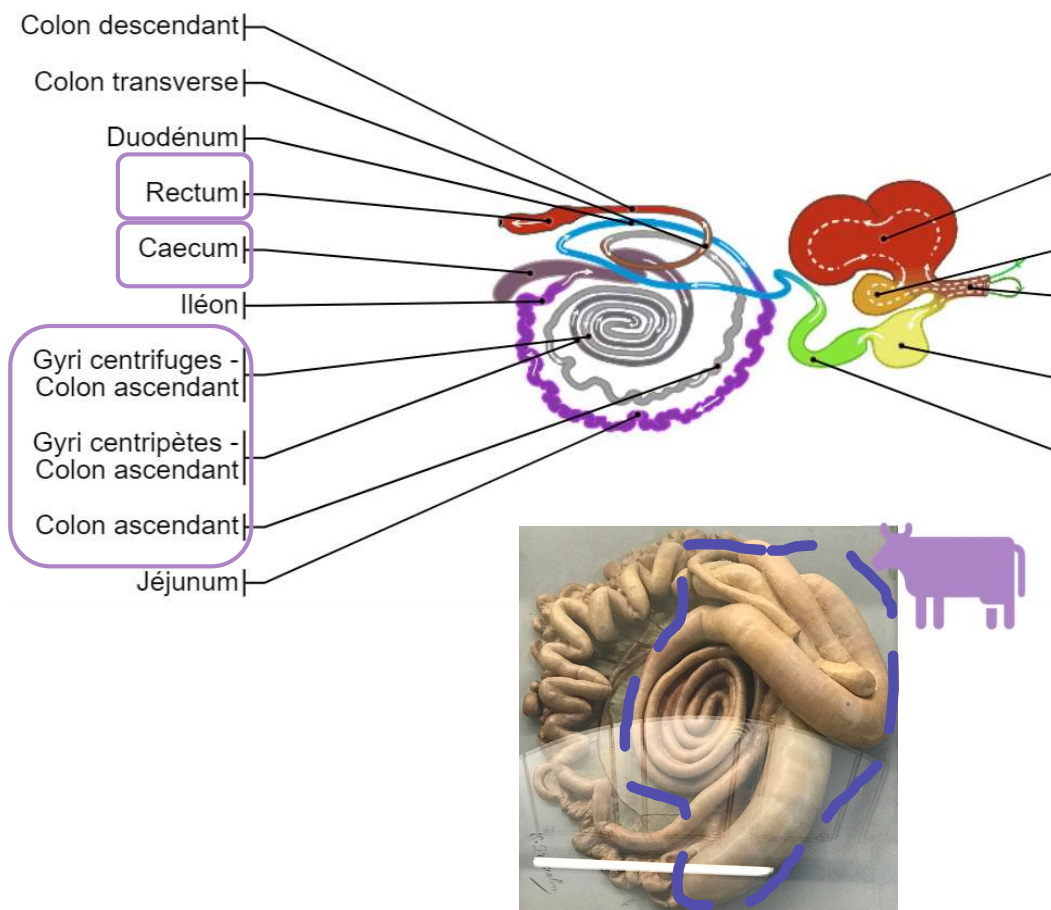
L'absorption intestinale : une vision simplifiée (S. Dalaine d'après Perilleux)

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils



- 10 m de long
- **Gros intestin = cæcum, colon, rectum**, fermé par l'**anus**.
 - molécules non dégradées + résidus indigestes + produits éliminés par l'organisme (bilirubine provenant de la dégradation de l'hème de l'hémoglobine, par exemple) ⇒ fèces sont marrons
- **Cæcum + colon = flore microbienne** → fermentation ~ rumen.
 - ⇒ acides gras volatils absorbés
- **ABSORPTION des ions minéraux et l'excès d'EAU**
 - ⇒ **Chyle transformé en fèces compact**
 - ⇒ **Fèces stockées** dans le rectum
- **Rectum: stockage** des fèces élimination par l'anus
 - **bouses (15 kg/j) = riches en matières organiques et minérales (N, P, K)**
 - ⇒ **engrais naturel : bouse + paille = fumier**
 - ⇒ Bousier (la vache, espèce clé de voûte)



I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

A. L'APPAREIL DIGESTIF EST ADAPTÉ À UNE ALIMENTATION VÉGÉTALE PEU ÉNERGÉTIQUE ET DIFFICILE À DIGÉRER

6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments

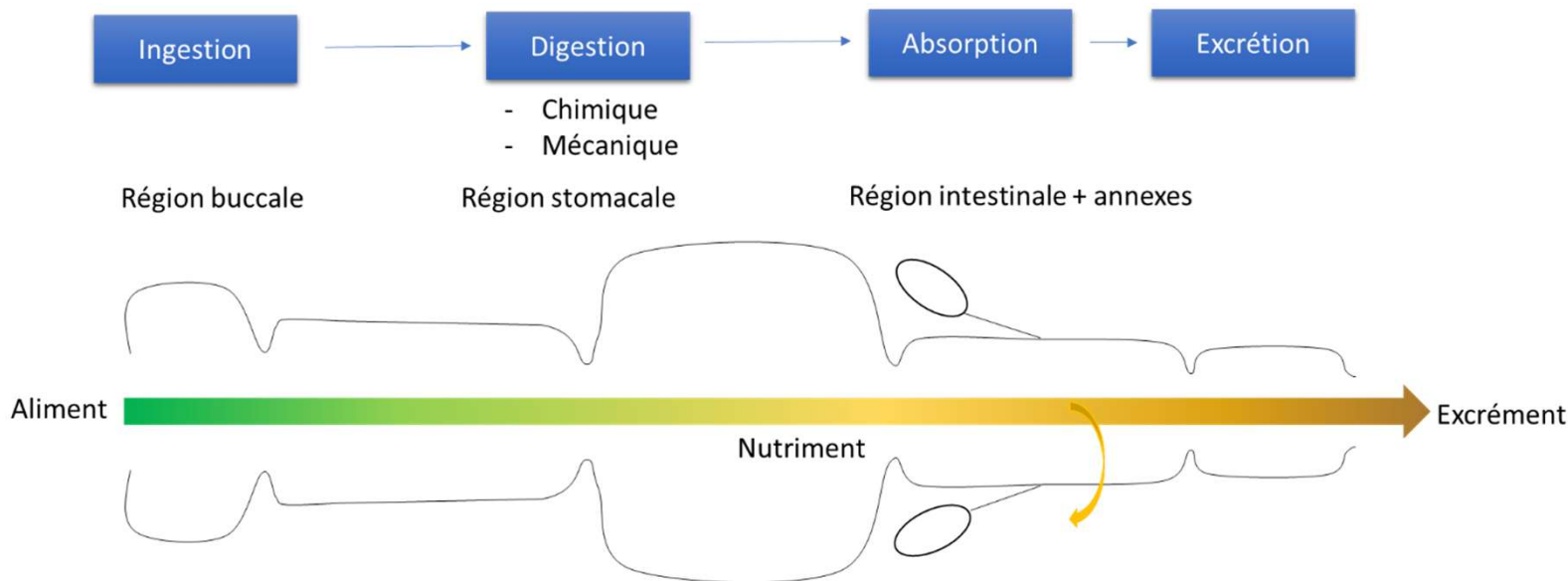
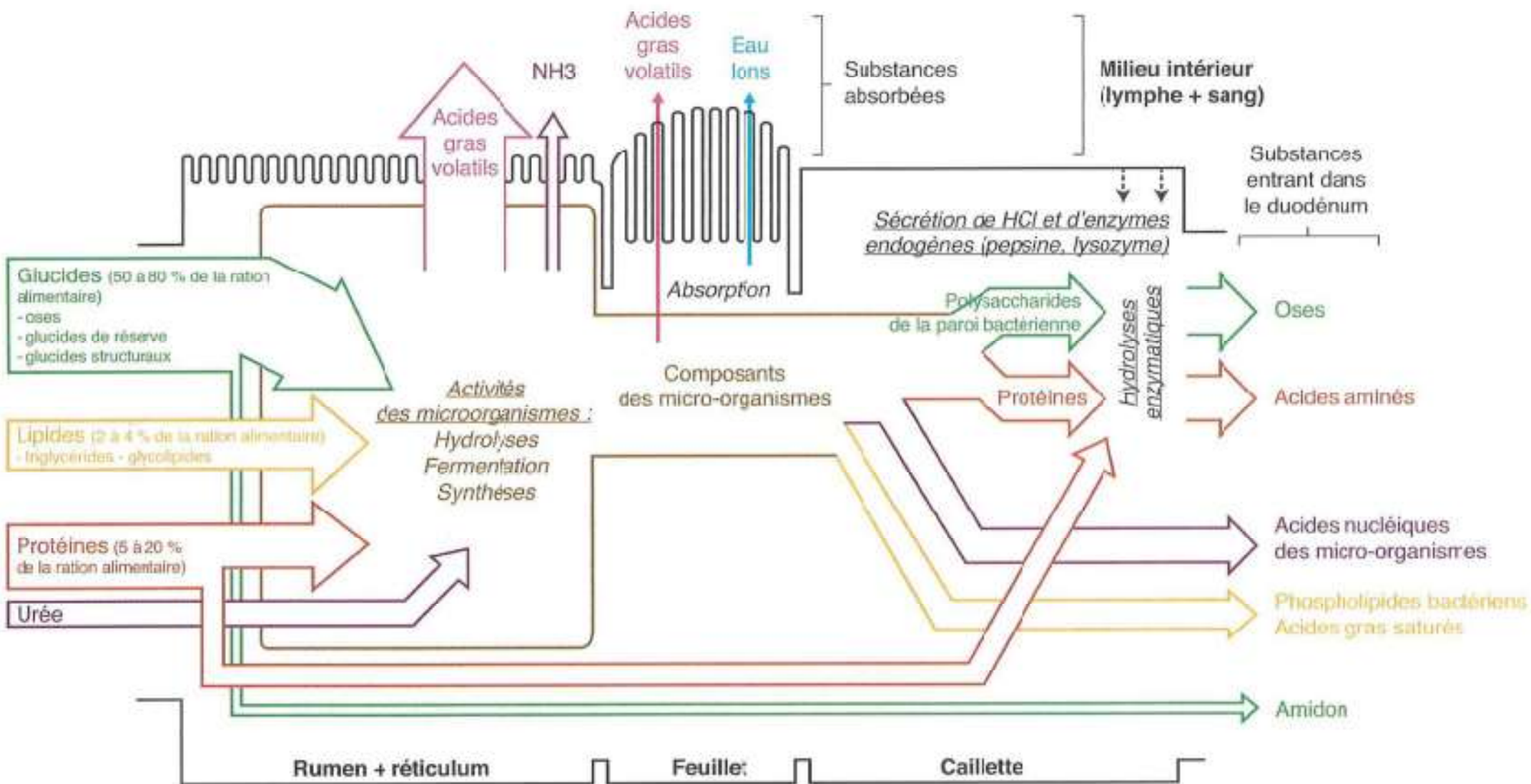


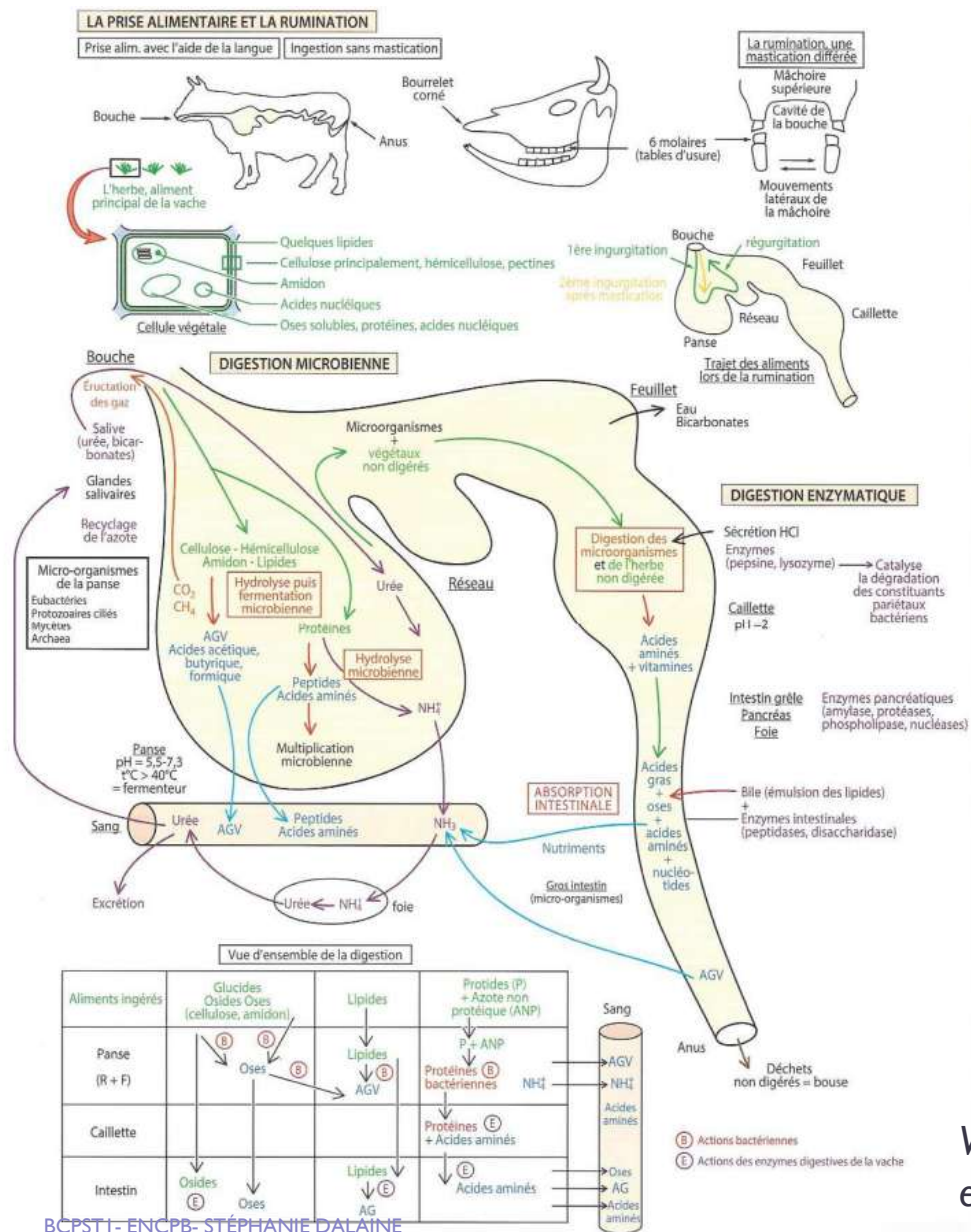
Schéma de l'organisation générale du système digestif (C. Mallet)

Aliments → nutriments → sang → cellules utilisatrices

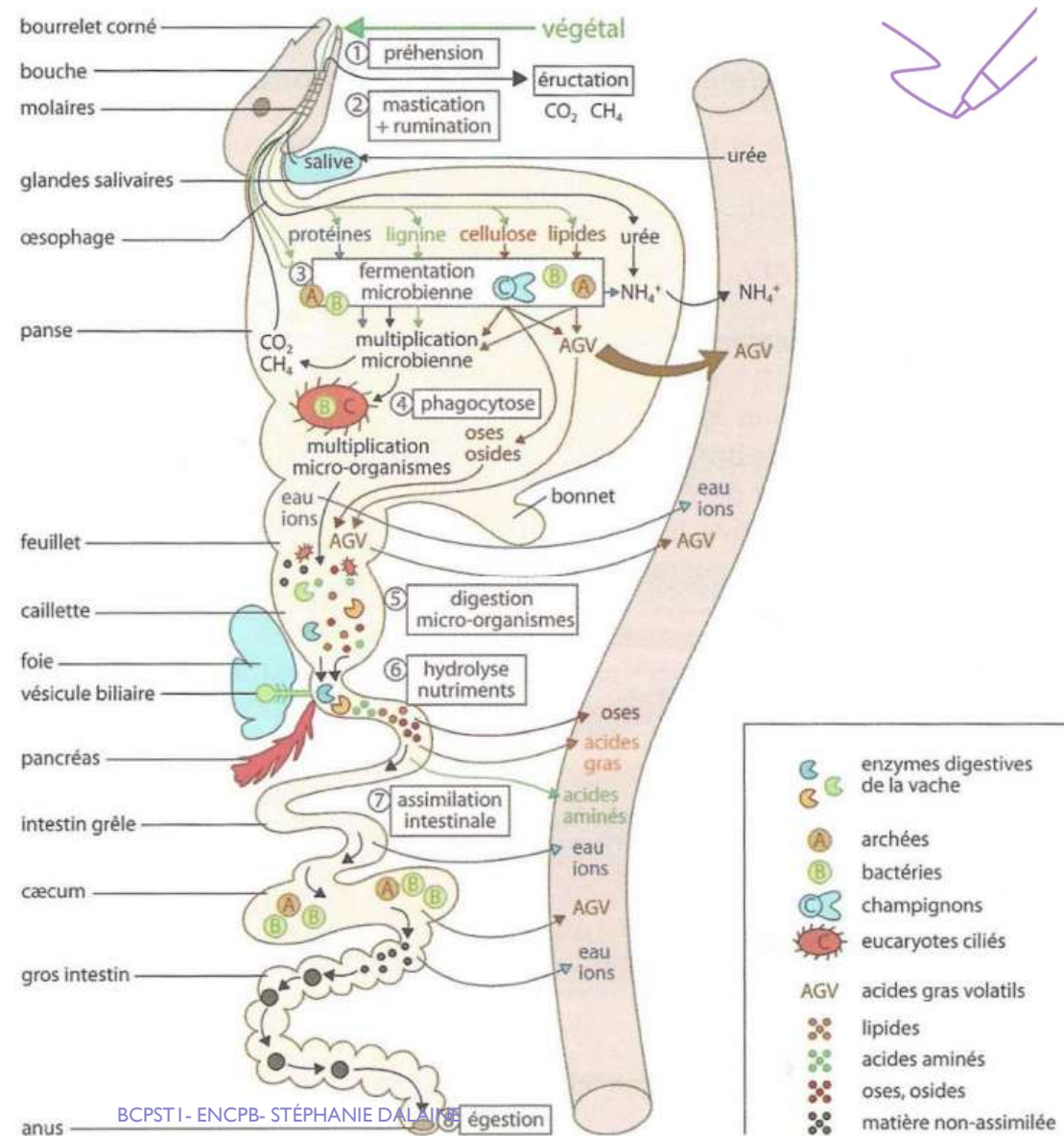
Nutriments = pour un hétérotrophe, molécule **organique** directement **assimilable** par les cellules (ex : oses, acides aminés, acides gras). Les nutriments sont issus de la digestion des aliments et constituent des métabolites pour les cellules.



Synthèse sur la digestion chez les Ruminants. D'après SEGARRA et al. (2014)

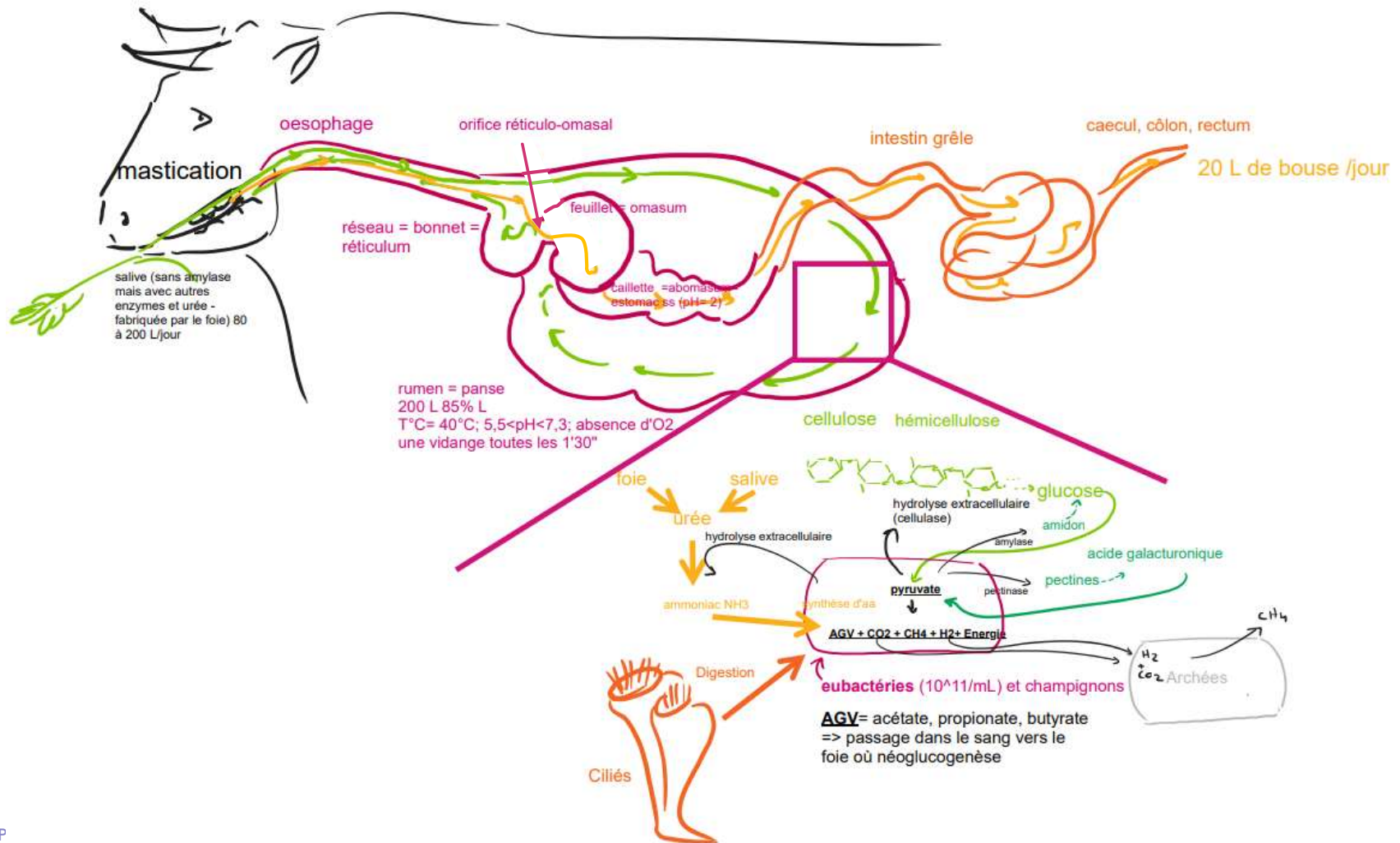


Vue d'ensemble de la digestion chez la Vache. D'après SAINTPIERRE et al. (2017).



Vue d'ensemble de la digestion chez la Vache. D'après DAUTEL et al. (2017).

Schéma bilan sur la rumination chez la vache, organisme holobionte

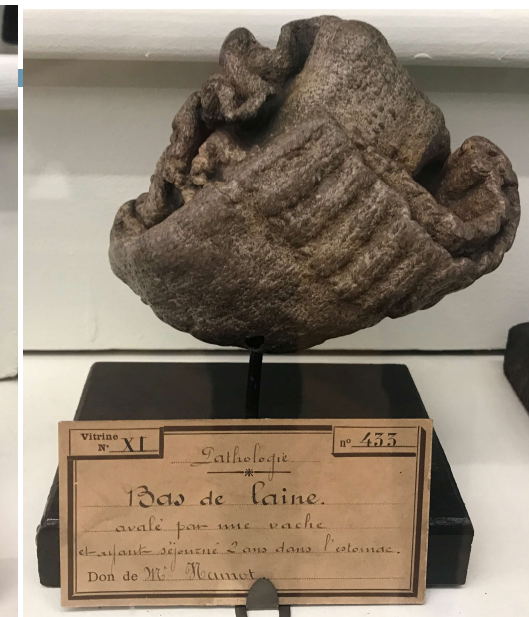
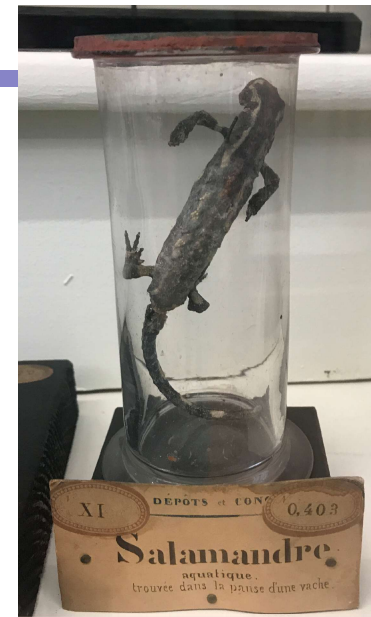


UN GRANDE « GUEULE », UNE GRANDE PANSE, ET PAS DE TRI...

- En se basant sur les données collectées dans les abattoirs, lors des autopsies et dans les exploitations, le groupe de travail de l'Anses a estimé qu'au moins **7 à 20 % des bovins étaient concernés** par l'ingestion de corps étrangers métalliques en France
- Pour lutter contre la survenue de lésions graves, utilisation d'**aimants** = objet de quelques centimètres placé dans la panse des vaches par voie orale
 - ⇒ Attire et piège les **débris métalliques**
 - ⇒ Evite des lésions en migrant vers cœur ou diaphragme.



BCPSTI - ENCPB- STÉPHANIE DALAINE



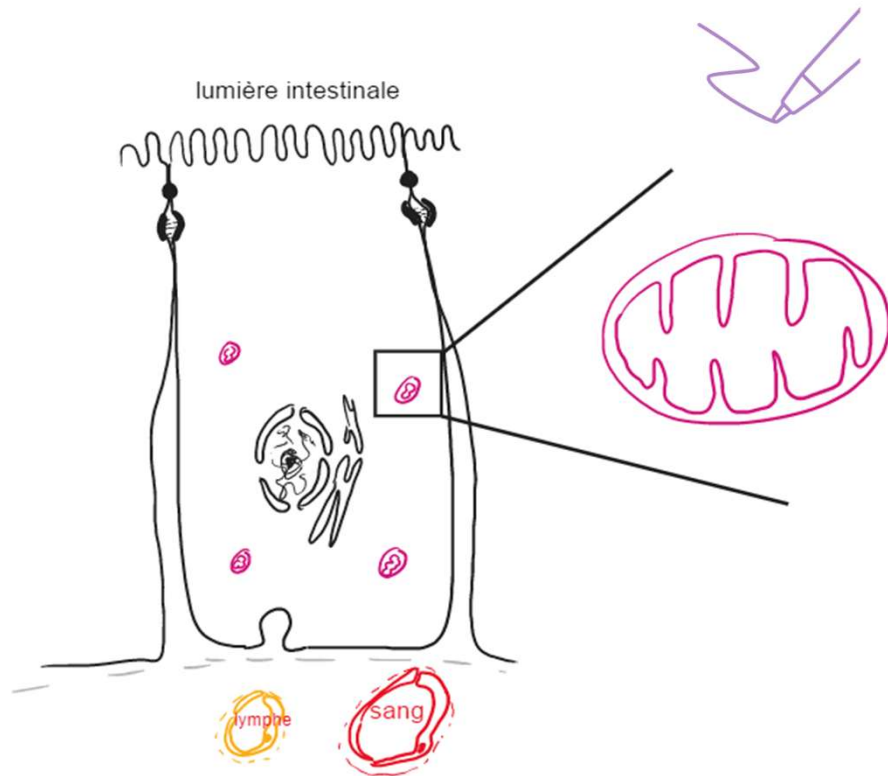
Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

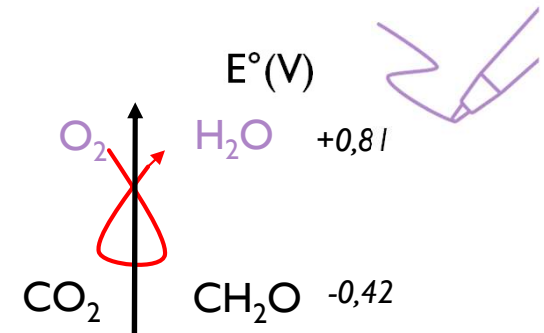
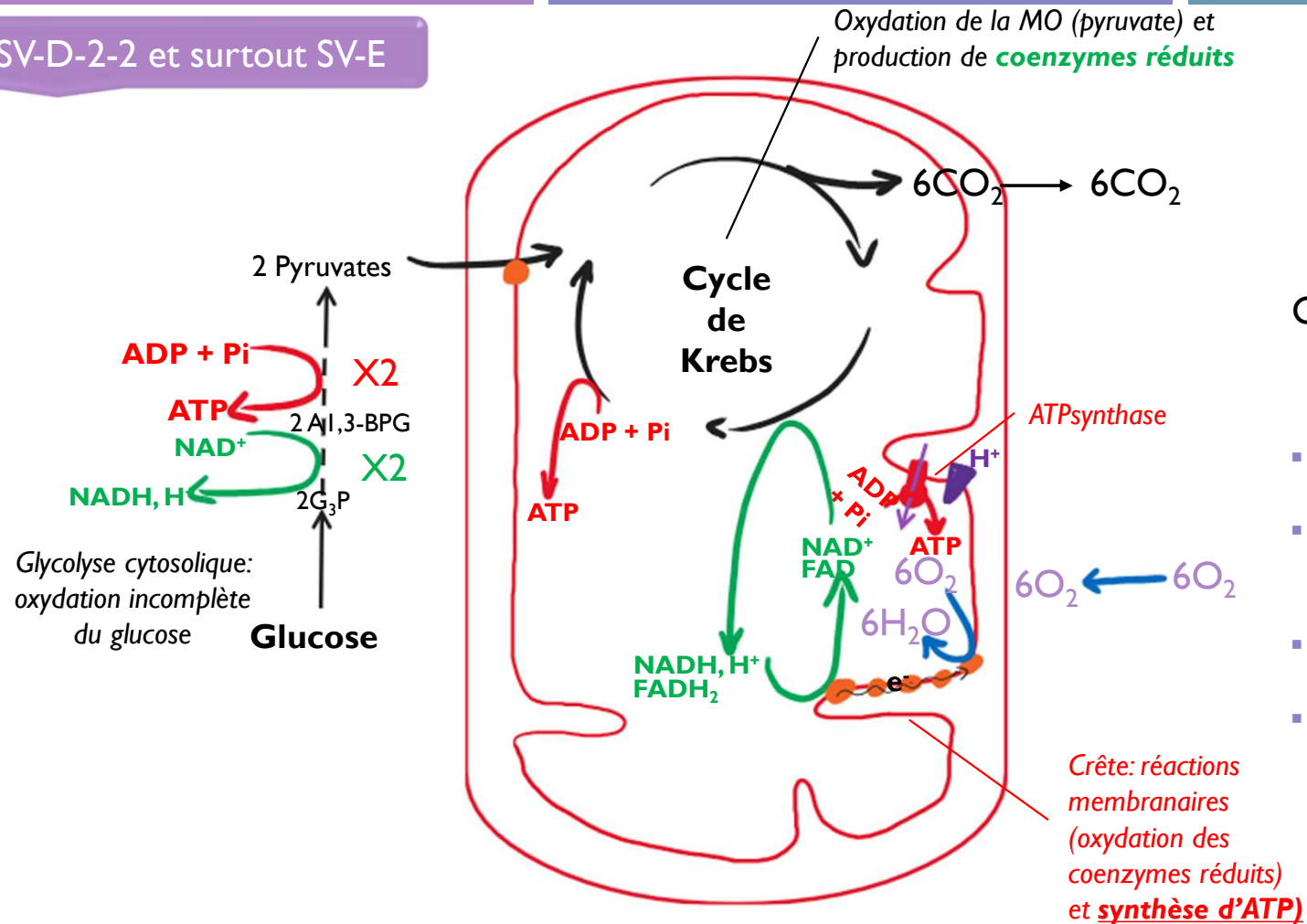
B. L'APPAREIL RESPIRATOIRE EST ADAPTÉ À UNE RESPIRATION EN MILIEU AÉRIEN, DESSÉCHANT ET PEU DENSE

I. La fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire



- **Respiration cellulaire = métabolisme d'oxydation totale**
 - ⇒ **nutriments + O_2 → mitochondrie**
 - ⇒ **Oxydation totale de la matière organique en matière minérale (CO_2)**
 - ⇒ **Production d'ATP (métabolisme respiratoire) = énergie**
- Nutriments via digestion des aliments et O_2 via appareil respiratoire
- Respirations **externe vs interne**
 - **respiration externe** : échanges gazeux entre l'organisme et le fluide circulant. Cela a lieu au niveau de l'appareil respiratoire.
 - **respiration interne** : échanges gazeux entre le fluide circulant et les cellules. Cela a lieu au niveau de toutes les cellules réalisant la respiration cellulaire.

Cf SV-D-2-2 et surtout SV-E



- $\Delta G^{\circ'} = - nF\Delta E$
- soit $\Delta G^{\circ'} = - 4.96500.(+0,81 - (-0,42)) = - 475 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- $\Delta G^{\circ'} < 0$
- **Réaction exergonique = spontanée**

Dégradation des oses : glycolyse et cycle de Krebs

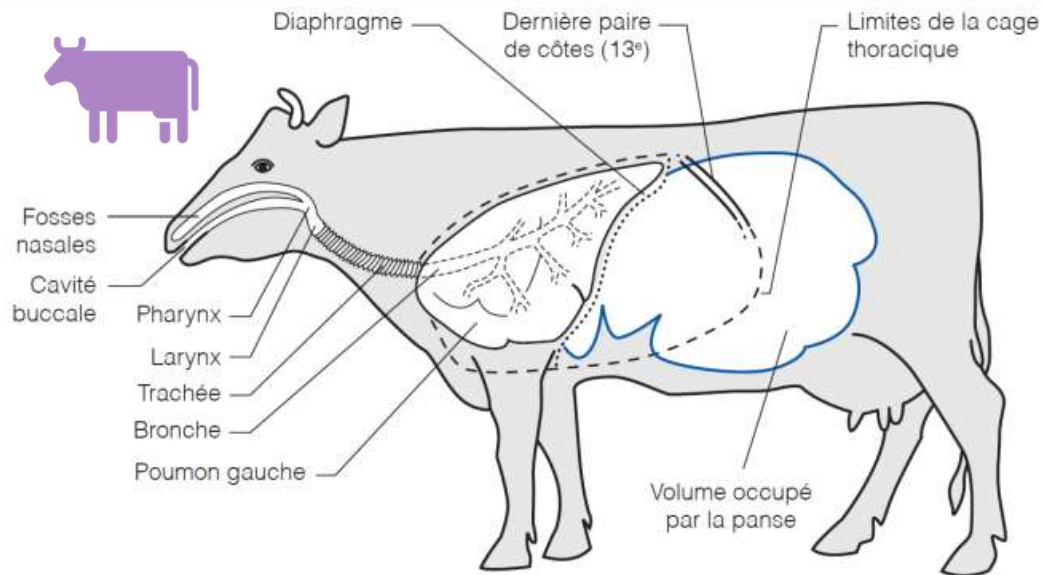
I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

B. L'APPAREIL RESPIRATOIRE EST ADAPTÉ À UNE RESPIRATION EN MILIEU AÉRIEN, DESSÉCHANT ET PEU DENSE



2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes



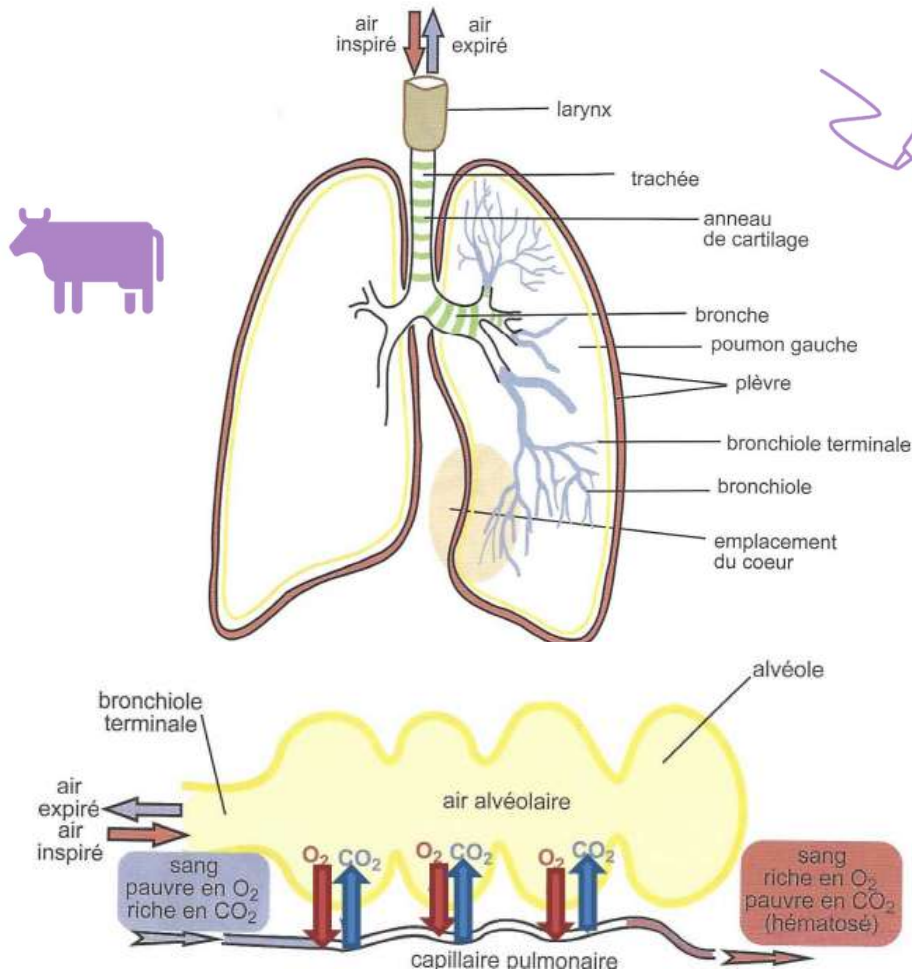
Les poumons sont réduits du fait de l'encombrement de la panse.

Localisation et organisation de l'appareil respiratoire de la vache (Segarra et al., 2014 Peycru et al. 2013)

muflé (de la fusion des naseaux et de la lèvre supérieure) recouvert d'une **muqueuse humide** => **adaptation à l'effet desséchant du milieu aérien**

- **Pharynx** (carrefour des voies respiratoires et digestives) → **larynx** → **trachée** (anneaux de cartilage) → deux bronches → poumon.
- Cavité thoracique: Poumons= ramification des **bronches** en bronches et **bronchioles** → **sacs alvéolaires** ($\varnothing 100 \mu\text{m}$)
- Cellules épithéliales sécrètent un **mucus**
 - ⇒ **réchauffer, humidifier l'air** et retenir les particules en suspension
- **internalisation**
 - ⇒ **Éviter le dessèchement**
- mécanique ventilatoire = **muscles** = **diaphragme** et **muscles intercostaux**.
 - ⇒ Inspiration active et expiration plus passive
- poumons solidaires de cage thoracique par **plèvre** (+ liquide pleural)

2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes



Réalisation des échanges gazeux (dans Peycru et al. 2013)

	Vache (700 kg)
Masse des poumons / masse du corps (en %)	0,73
Volume des poumons (en L)	12,4
Surface alvéolaire / volume des poumons (en cm ² /cm ³)	635
Surface alvéolaire totale (en m ²)	316

Quelques données chiffrées sur l'appareil respiratoire de la vache (dans Segarra et al. 2014)

- **Trachée cartilagineuse**
 - ⇒ Éviter le collapsus face au milieu aérien desséchant et peu porteur
- **internalisation**
 - ⇒ Éviter le **dessèchement**
- mécanique ventilatoire = **muscles = diaphragme et muscles intercostaux.**
 - ⇒ Inspiration active et expiration plus passive
- poumons solidaires de cage thoracique par **plèvre** (+ liquide pleural)

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

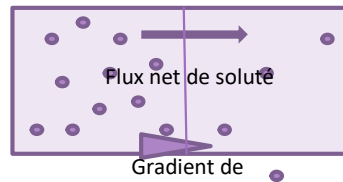
- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

B. L'APPAREIL RESPIRATOIRE EST ADAPTÉ À UNE RESPIRATION EN MILIEU AÉRIEN, DESSÉCHANT ET PEU DENSE

3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick



$$F_{1 \rightarrow 2} = -D \cdot S \cdot \frac{\Delta C}{x}$$



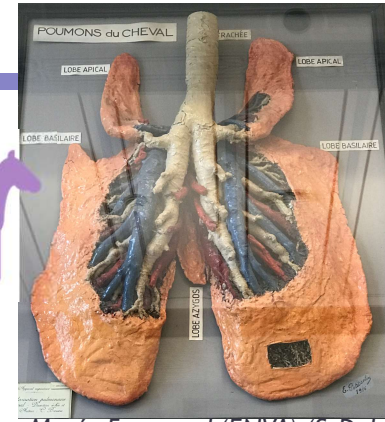
$F_{1 \rightarrow 2}$: flux de diffusion en $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$

D : coefficient de diffusion de la membrane (en $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

S : surface de la membrane au contact des solutions (en m^2)

x : épaisseur de la membrane (en m)

$\Delta C = C_2 - C_1$: différence de pression partielle entre les deux compartiments (en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$)



Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

Diffusion des gaz facilitée ssi:

- une grande surface d'échanges

- ✓ **grande surface** : **300 m²** (1/3 de terrain de foot).
- ✓ **NB** : un cheval (2400 m²) cf adaptation à la course

- une faible épaisseur

- ✓ environ **1 μm**, limite formée de deux couches de cellules avec le **surfactant** qui assure la dissolution des gaz et évite le collapsus

- le maintien du gradient de pressions partielles

- ✓ **renouvellement** : rôle des muscles respiratoires (20 cycles respiratoire / minute avec 8L échangés à chaque inspiration/expiration.)



I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

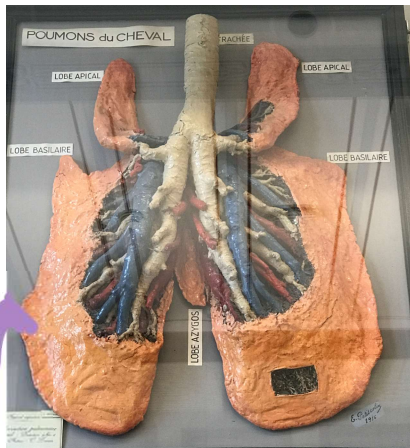
4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie

Milieu aérien:

- **Peu porteur** $\Rightarrow$ échangeurs invaginés et protégés (cage thoracique, anneaux cartilagineux)
- **Peu dense** $\Rightarrow$ gradient de O_2 facilité
- **Desséchant** $\Rightarrow$ invagination des systèmes d'échanges
- **Forte disponibilité en O_2**

$$Pp_{O_2} = 0,21.760$$

$$\Rightarrow Pp_{O_2} = 160 \text{ mmHg}$$



Tachée et poumons de cheval
Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)



Tachée et poumons de bœuf

Caractéristiques du milieu	Conséquences sur les échangeurs respiratoires
Faible portance du milieu (La <i>poussée d'Archimède</i> exercée par l'air est <i>négligeable</i> par rapport au <i>poids des organismes</i>)	Échangeurs <u>invaginés</u> (<u>poumons</u> , <u>trachées</u>) <u>portés</u> et protégés par une cage thoracique (squelette). Présence d' <u>anneaux cartilagineux</u> dans la trachée et les <u>grosses bronches</u> .
Densité faible du milieu (800 fois moins que l'eau)	Milieu dont la <u>mise en mouvement</u> (ventilation) nécessite <u>beaucoup moins d'énergie</u> que l'eau : <u>circulation bidirectionnelle</u> possible, ce qui est le
	cas chez la Vache. On appelle ventilation la <i>mise en mouvement active du milieu externe par le système respiratoire</i> ; celle-ci comprend une alternance entre <i>flux entrant</i> (inspiration) et <i>flux sortant</i> (expiration).
Milieu très desséchant (= <i>Principale contrainte</i> du milieu aérien)	Risque de déshydratation important <i>Solutions adoptées :</i> a) <i>Échangeurs invaginés</i> (dont la surface est moins exposée aux fluctuations du milieu de vie que s'ils étaient évaginés) b) <i>Ramification des conduits</i> permettant l' <i>hydratation progressive</i> de l'air inspiré et la <i>récupération d'eau</i> au niveau de l'air expiré.
Forte disponibilité en dioxygène (Il y a en moyenne 30 fois plus de dioxygène dans l'air que dans l'eau)	Maintien d'un différentiel de pression partielles entre milieu interne et milieu externe beaucoup plus aisé qu'en milieu aquatique.

Tableau : le milieu aérien : atouts et inconvénients dans la réalisation des échanges gazeux (Cf Tanguy Jean)



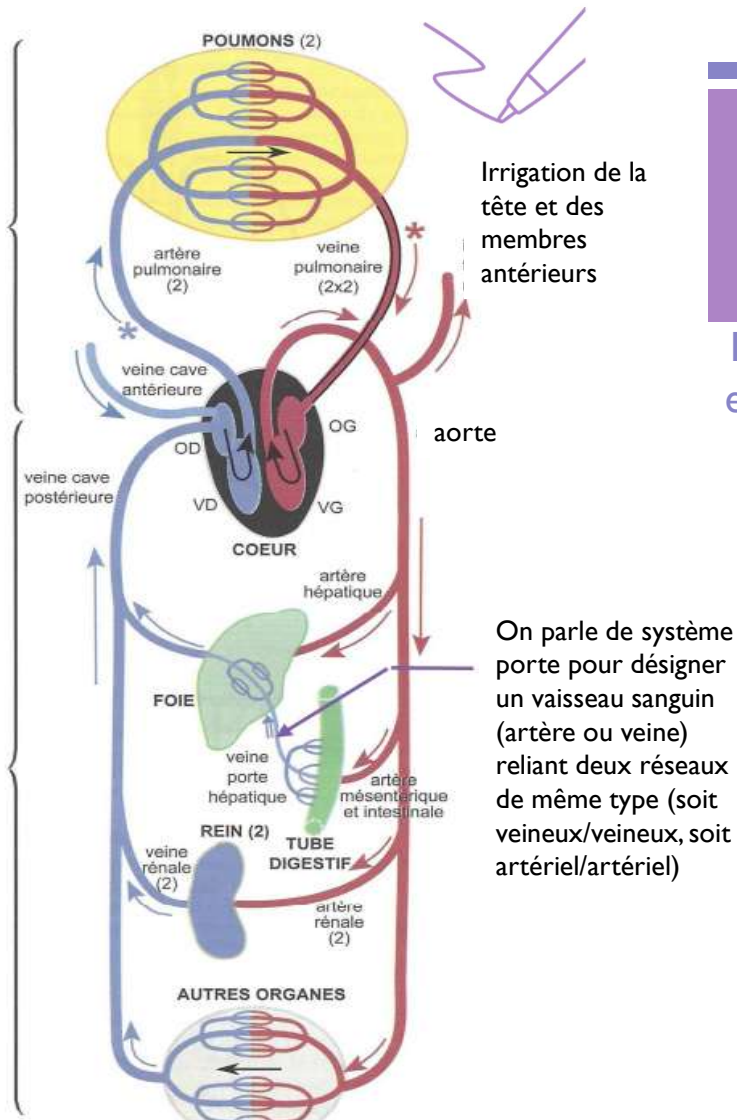
I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie



Circulation
pulmonaire =
petite
circulation

Circulation
systémique =
grande
circulation



Organisation générale de l'appareil circulatoire
(petite et grande circulation en série).

C. L'APPAREIL CARDIO-VASCULAIRE PERMET DE
DISTRIBUER LES NUTRIMENTS ET LE DIOXYGENE A
L'ENSEMBLE DE L'ORGANISME ET DE PRENDRE EN
CHARGE LES DECHETS DU METABOLISME

I. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos
et double circulation

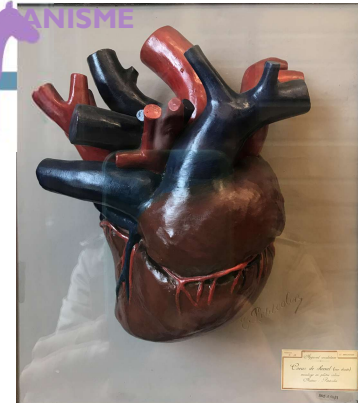
- **sang = approvisionnement** en nutriments, O_2 et transport des hormones et des acteurs de l'immunité (cellules et molécules)
 - **hormones** : molécules sécrétées à faible concentration par les cellules des glandes endocrines et agissant à distance sur les cellules-cibles
 - acteurs du **système immunitaire**, cellules immunitaires et anticorps.
- **Sang** = 8% de la masse corporelle d'un bovin,
56 L pour une vache de 700 kg
- **Sang** = **cellules** (hématies et leucocytes) + **plasma** (liquide)
 - Plasma = sérum + molécules de la coagulation

C. L'APPAREIL CARDIO-VASCULAIRE PERMET DE DISTRIBUER LES NUTRIMENTS ET LE DIOXYGENE A L'ENSEMBLE DE L'ORGANISME ET DE PRENDRE EN CHARGE LES DECHETS DU METABOLISME

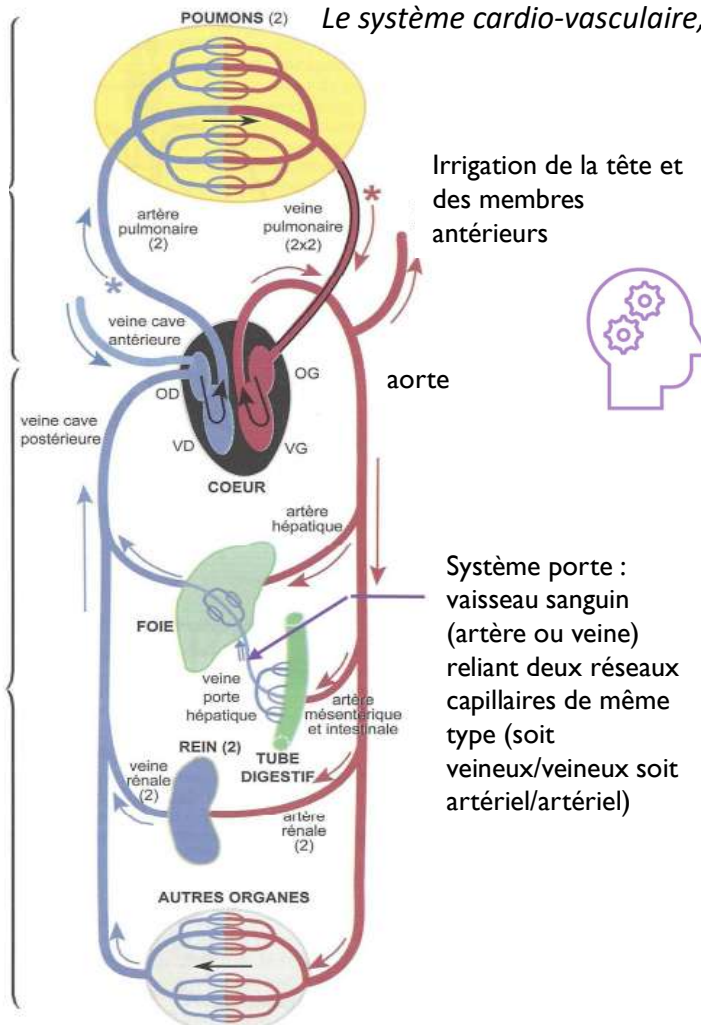
I. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double



$$V_{ES} = 1L !$$



Musée Fragonard (ENVA)
(S. Dalaine)



Circulation
pulmonaire =
petite
circulation

Circulation
systémique =
grande
circulation

- Chez les Vertébrés: circulation du sang en **vaisseaux clos**
- Mise en mouvement du sang par une pompe: le **cœur**
- **Artères:** vaisseau qui conduit le sang du cœur vers les autres organes; sang à forte pression mais faible réservoir de volume (vaisseaux peu compliants)
 - ⇒ Distribution du sang aux organes
- **Capillaires:** ramification en champs, très fins (5 μm de diamètre), paroi avec une seule couche de cellules aplaties; faible vitesse et faible pression
 - ⇒ échanges avec les cellules
- **Veines:** vaisseau qui conduit le sang des organes vers le cœur; faible pression mais réservoir de volume
- **Double circulation= circulation générale ou systémique** (forte pression) + **circulation pulmonaire ou petite circulation** (faible pression)
 - Double circulation => **perfusion des organes** avec un sang riche en dioxygène et sous forte pression.
 - Circulation en série vs circulation en parallèle

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

C. L'APPAREIL CARDIO-VASCULAIRE PERMET DE DISTRIBUER LES NUTRIMENTS ET LE DIOXYGENE A L'ENSEMBLE DE L'ORGANISME ET DE PRENDRE EN CHARGE LES DECHETS DU METABOLISME

2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang

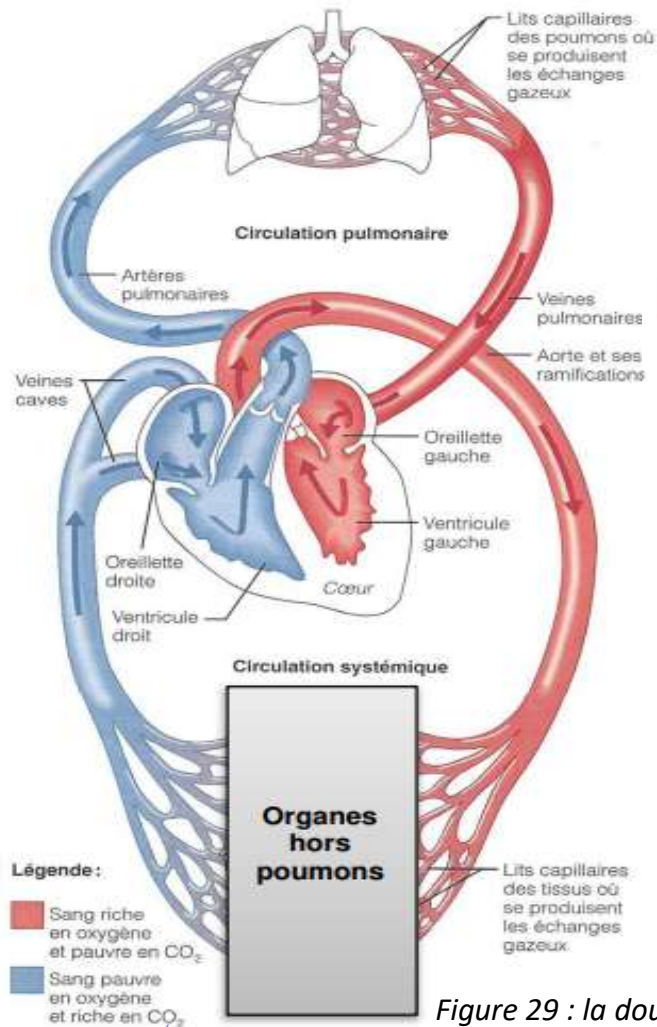


Figure 29 : la double circulation sanguine (Marieb 2005)



Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

- **cœur** = **muscle creux** enfermé dans un sac fibreux, le **péricarde**.
- 4 cavités: 2 atriums (oreillette) + 2 ventricules
- **Sens unique** de circulation: veine → atrium → valve atrio-ventriculaire → ventricule → valve sigmoïde → artère
- Contraction **autonome**
- $F_c = 50 \text{ à } 80 \text{ battements par minute}$ chez la vache.
- **Débit cardiaque** est $D_c = F_c \cdot V_{ES} = 70 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$
- Que vaut V_{ES} ?

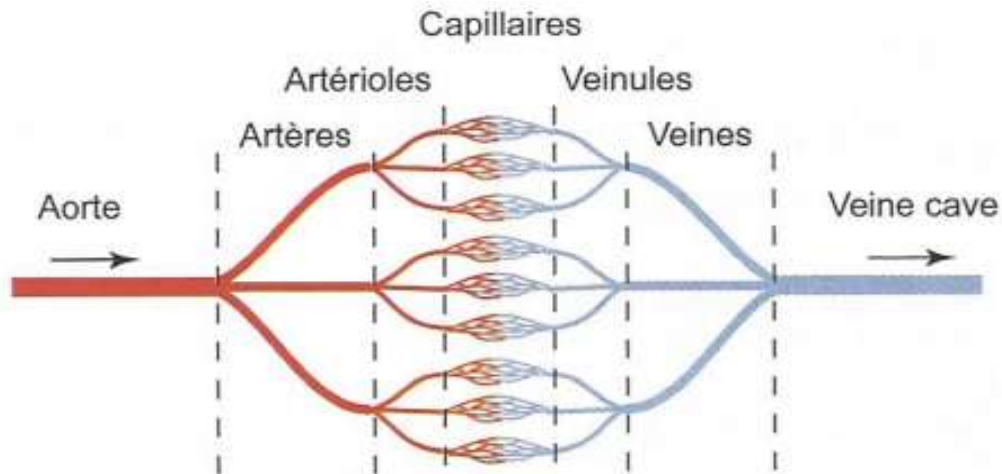
$$V_{ES} = 70 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} / 70 \text{ batt} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$V_{ES} = 1 \text{ L} \cdot \text{battement}^{-1}$$

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins



- Le **réseau artériel** = **haute pression** et à vitesse plutôt élevée
⇒ **distribution** du sang aux organes
- Les **capillaires sanguins (3 à 7 μm de diamètre)** = à **pression moyenne (faible)** et à **vitesse très faible**
⇒ **échanges** entre **sang** et **liquide interstitiel**
- Le **système veineux** = basse pression + paroi fine, souple (flaccidité) et très distensible (**compliance**); à vitesse plutôt élevée et à **fort volume**
⇒ **collecte du sang** revenant des organes

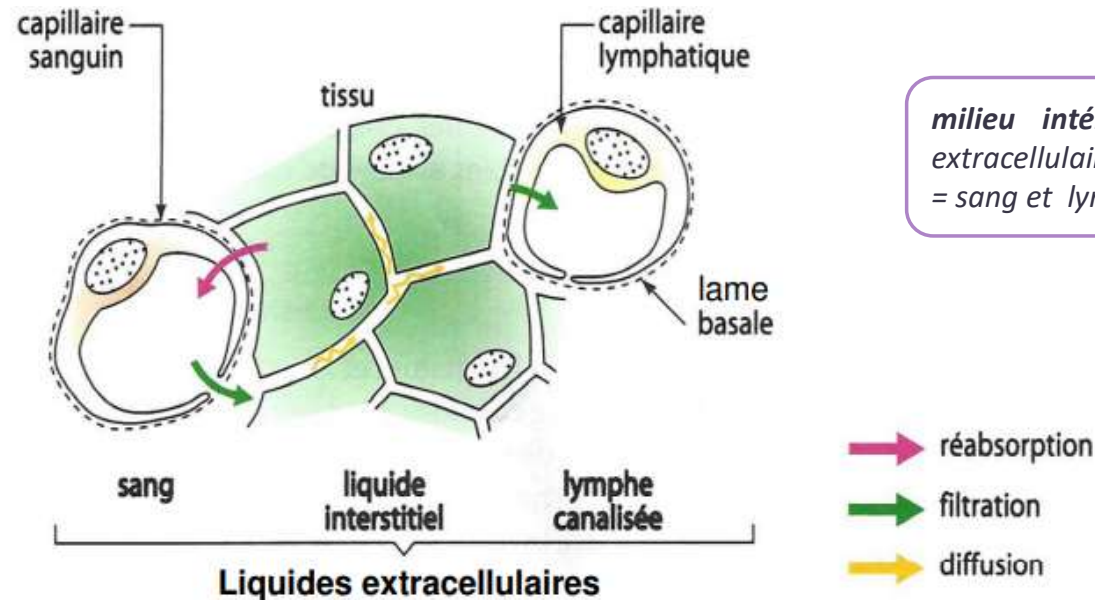
Les tronçons vasculaires de la circulation générale

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire

4.1. Les nutriments sont filtrés du sang vers le liquide interstitiel



milieu intérieur: ensemble des liquides extracellulaires circulants dans l'organisme = sang et lymphe chez les Mammifères

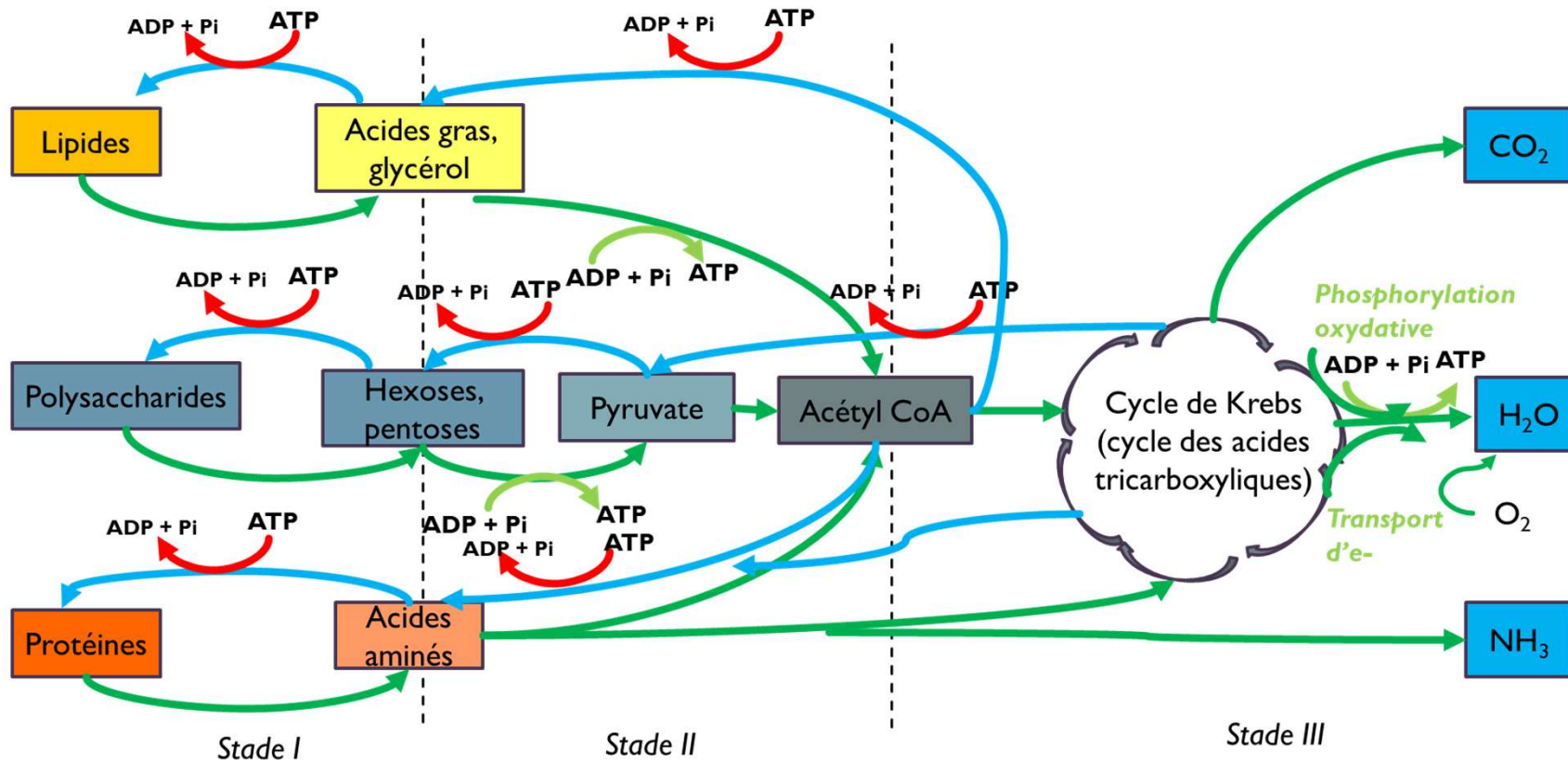
Figure 31 : le réseau lymphatique et ses liens avec le sang

Trois liquides extracellulaires :

- Le **sang** (cellules + plasma) endigué dans un vaisseau, avec mise en mouvement par une pompe
- La **lymphe** (ou « lymphe canalisée ») endiguée dans un vaisseau, sans pompe (circulation indirecte par contraction des muscles striés squelettiques)
- Le **liquide interstitiel** (ou « lymphe interstitielle ») libre entre les cellules, aucune circulation

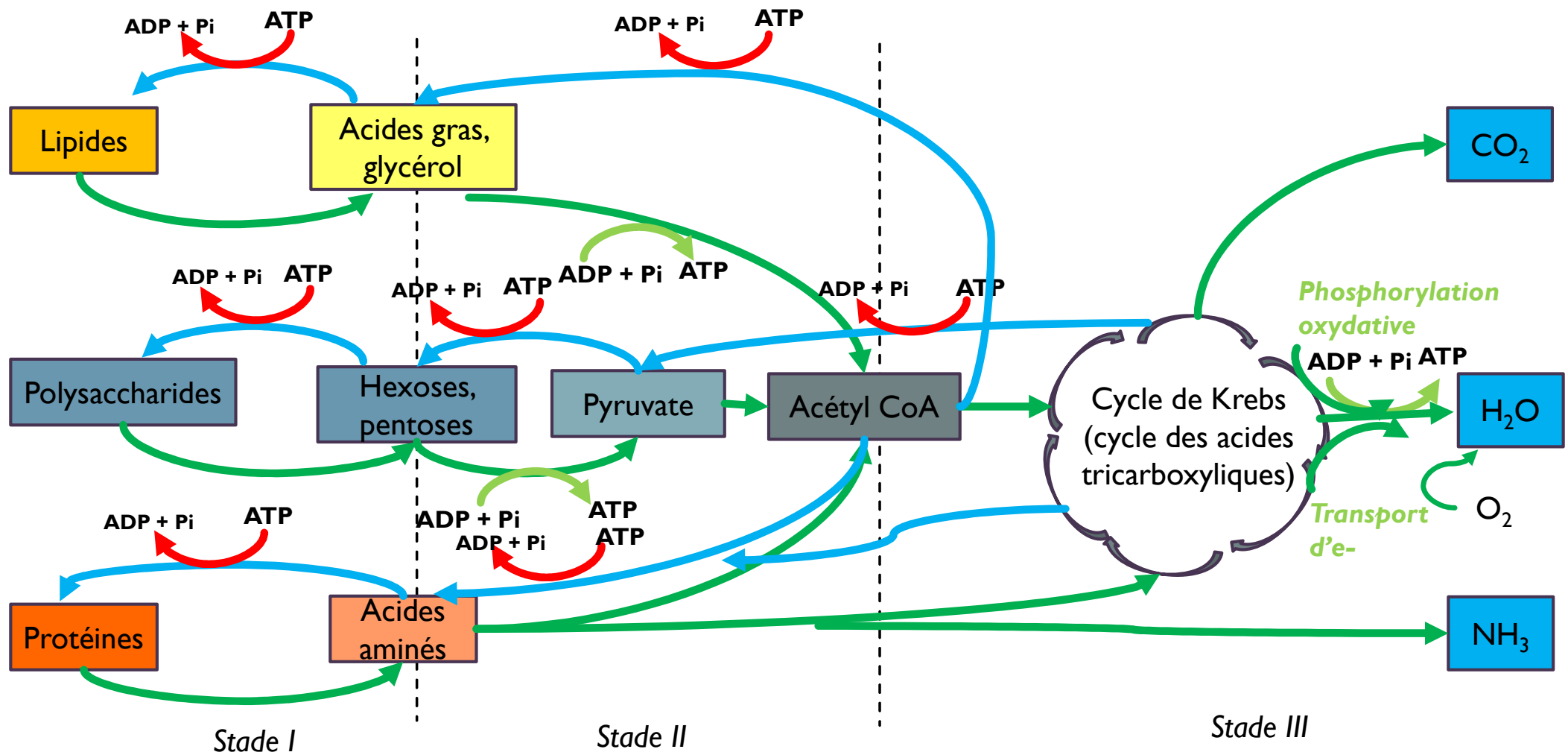
C. L'APPAREIL CARDIO-VASCULAIRE PERMET DE DISTRIBUER LES NUTRIMENTS ET LE DIOXYGENE A L'ENSEMBLE DE L'ORGANISME ET DE PRENDRE EN CHARGE LES DECHETS DU METABOLISME

4.2. Les nutriments sont des précurseurs pour les synthèses



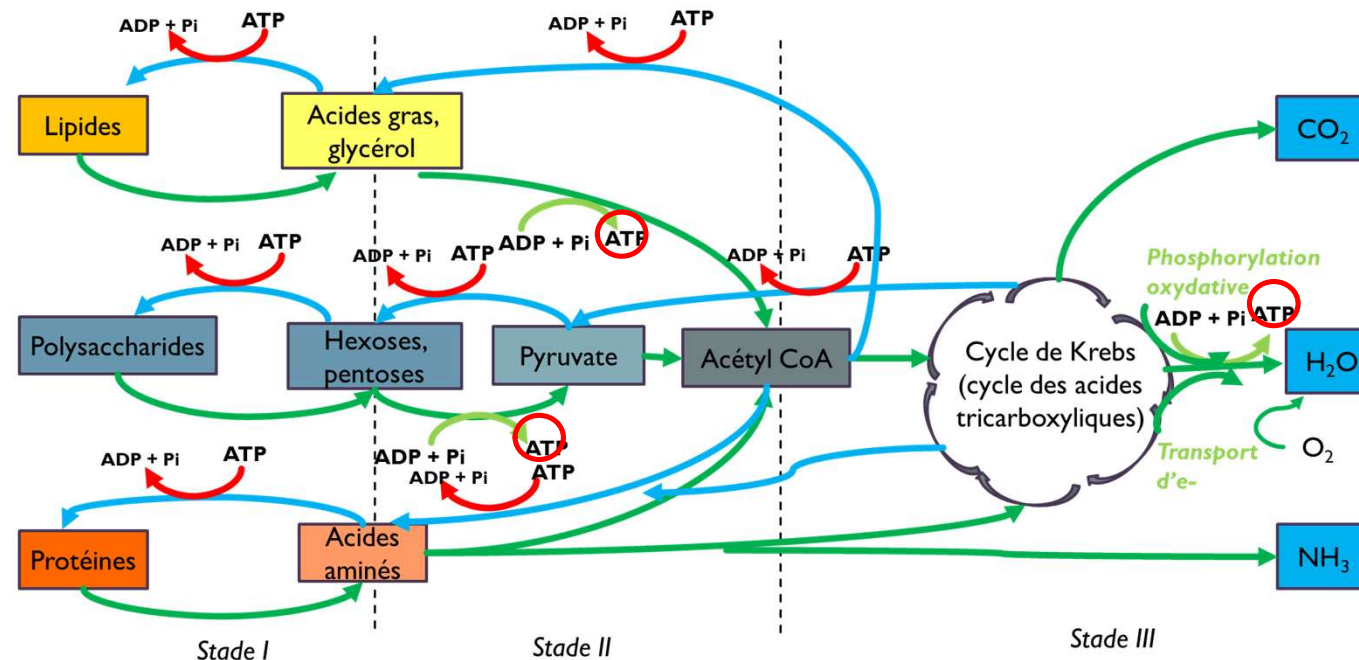
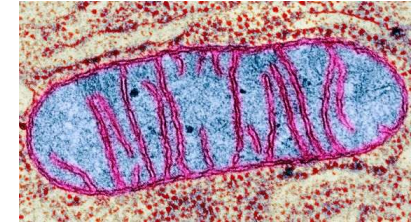
Les 3 stades du métabolisme (d'après Karp 2016)

- **Nutriments = unités de construction** (anabolisme)
- **acides gras volatils** → **acides gras du lait** et **graisse**
- Importance des enzymes dans l'anabolisme et le catabolisme
- sur les 20 acides aminés, 10 = « **essentiels** »
- **acides gras essentiels:** **acide linoléique** (oméga 6) et **linoléique** (oméga 9)
- **Vitamines** (pensez aux synthèses bactériennes!)



Les 3 stades du métabolisme (d'après Karp 2016)

4.3. Les nutriments constituent une source d'énergie pour l'organisme



- Dépense énergétique = **métabolisme basal + fonctionnement** (activités physiologique et musculaire, production de chaleur, production de lait) + **croissance**
- Source énergétique: oxydation totale (respiration cellulaire) ou partielle (fermentation) des nutriments
- ⇒ Synthèse d'**ATP** (Adénosine TriPhosphate), une monnaie énergétique.

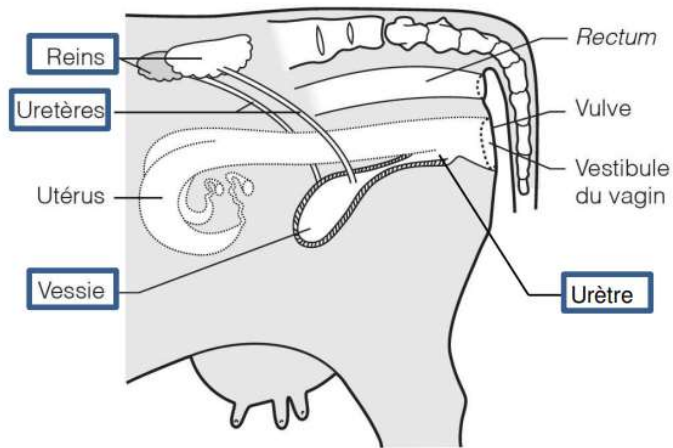
- **Bilan** : les nutriments pour synthèse de nouvelles molécules = **anabolisme** ou oxydés à des fins énergétiques = **catabolisme**

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

D. L'APPAREIL EXCRÉTEUR PERMET D'ÉLIMINER LES DÉCHETS AZOTÉS DU MÉTABOLISME TOUT EN LIMITANT LES PERTES EN EAU

1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)



Les organes génitaux sont représentés en pointillés.
Les légendes écrites en italiques désignent des organes qui n'appartiennent pas à l'appareil uro-génital.

Localisation et organisation de l'appareil urogénital de la vache (d'après Segarra et al., 2014)

- Ammoniac (NH_3) produit de dégradation des protéines très toxique
→ acheminé vers foie qui le transforme en urée
- Urine liquide riche en urée (20 x plus concentrée), électrolytes, mais sans protéines
 - 2 L/j
 - Produite par les 2 reins dorsaux (par filtration du sang), richement vascularisés
 - Conduite par les uretères vers l'organe de stockage ventrale: la vessie
 - Excrétée via l'urètre vers le vestibule

Excrétion: évacuation vers l'extérieur des déchets de fonctionnement des cellules (déchets **azotés**) et du trop-plein d'**eau** ou d'**ions** sont évacués à l'extérieur de l'organisme

⇒ **système excréteur** = **système urinaire** (sauf le CO_2 excrété par voie respiratoire).

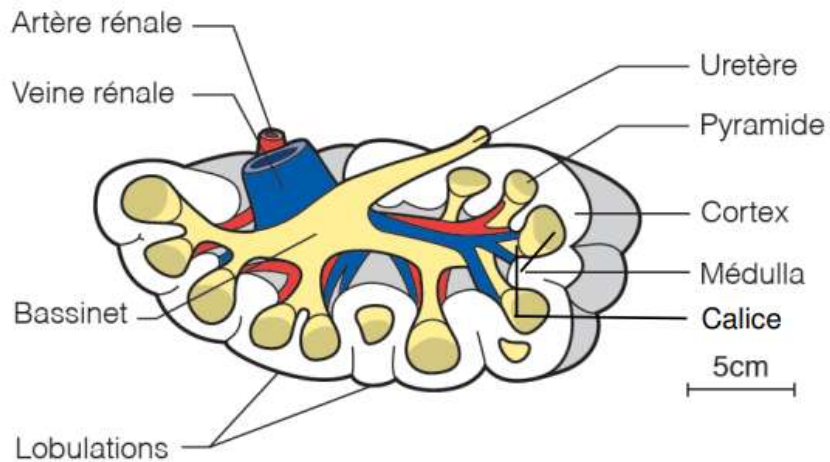
I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

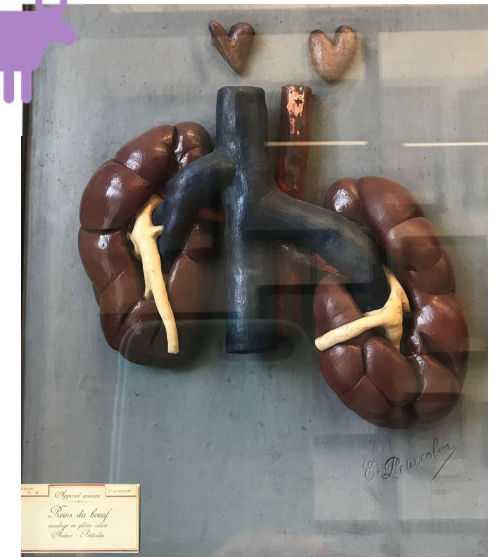
D. L'APPAREIL EXCRÉTEUR PERMET D'ÉLIMINER LES DÉCHETS AZOTÉS DU MÉTABOLISME TOUT EN LIMITANT LES PERTES EN EAU

2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)

Les portions encadrées correspondent à l'appareil urinaire. Le méat urinaire n'est pas figuré.



Organisation d'un rein de vache (d'après Segarra et al., 2014)



Musée Fragonard (ENVA) (S. Dalaine)

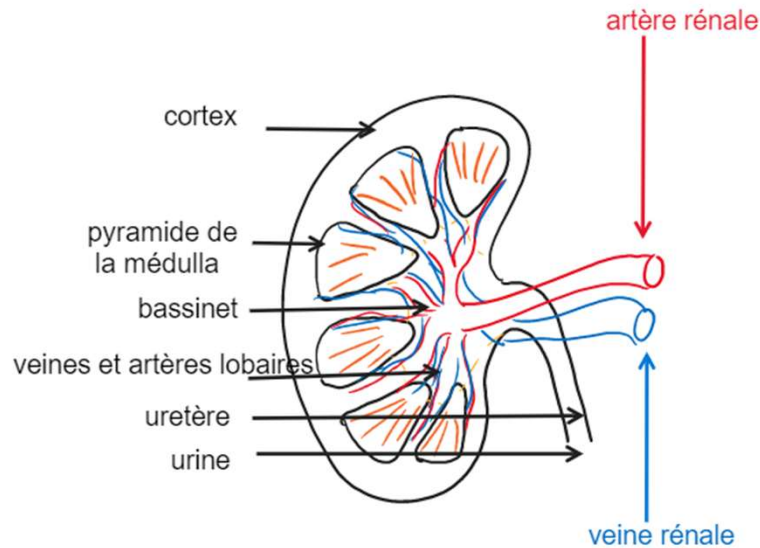


- Reins très **vascularisés** : 56 L de sang filtré toutes les **20 minutes**
- **pyramides** contenant les **néphrons** (~ 1 million de tubes) = unité structurale et fonctionnelle du rein
- **Cortex** → **urine primaire** (ultrafiltration)
- **Médulla** → **urine secondaire** (filtration –réabsorption)
- Chaque pyramide débouche sur calice et convergence de calices forme **bassin** communiquant avec uretère

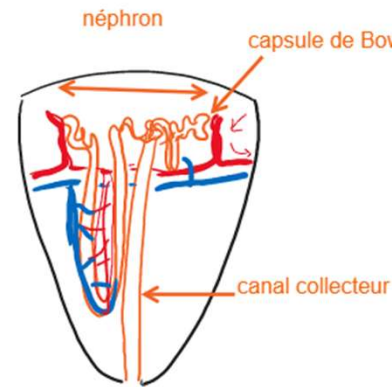
I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

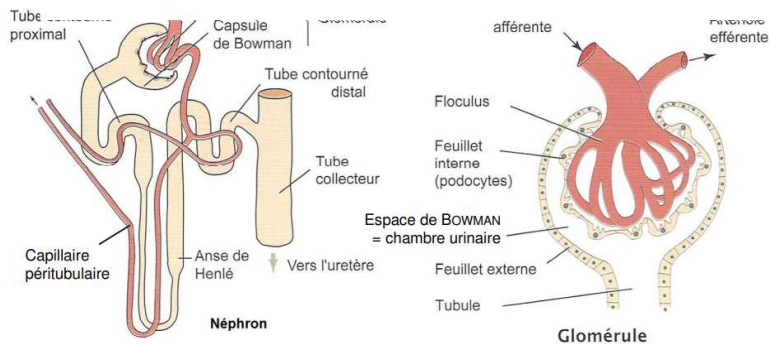
3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron



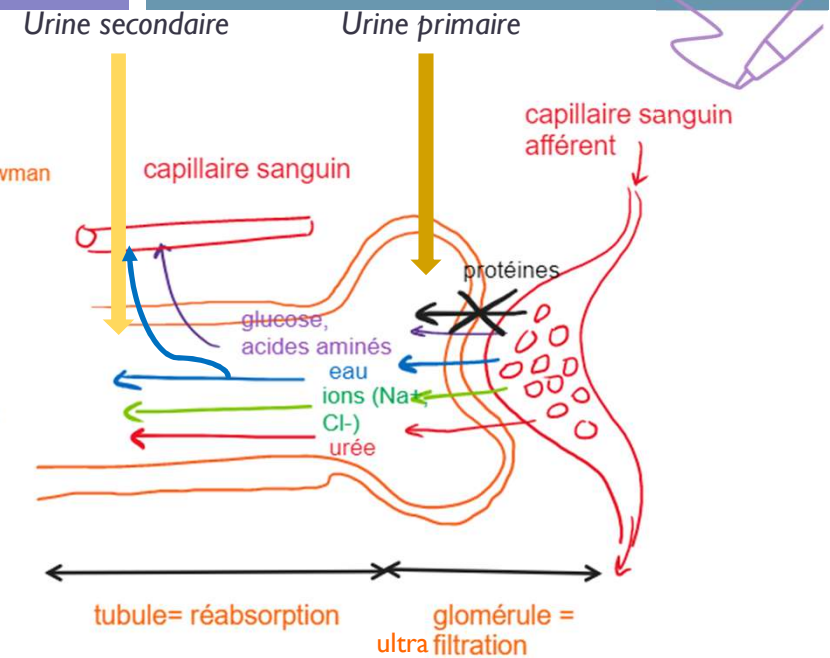
coupe sagittale de rein
Principe de fonctionnement du néphron (S. Dalaine)



pyramide



Organisation d'un néphron de mammifère (d'après Richard et al, 2014)

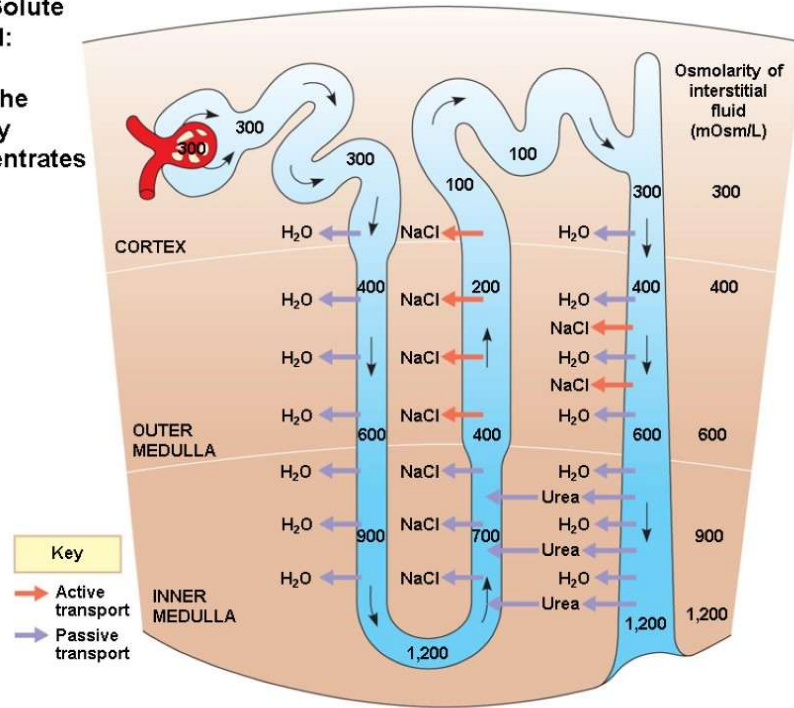


ultrafiltration glomérulaire et réabsorption au niveau tubulaire

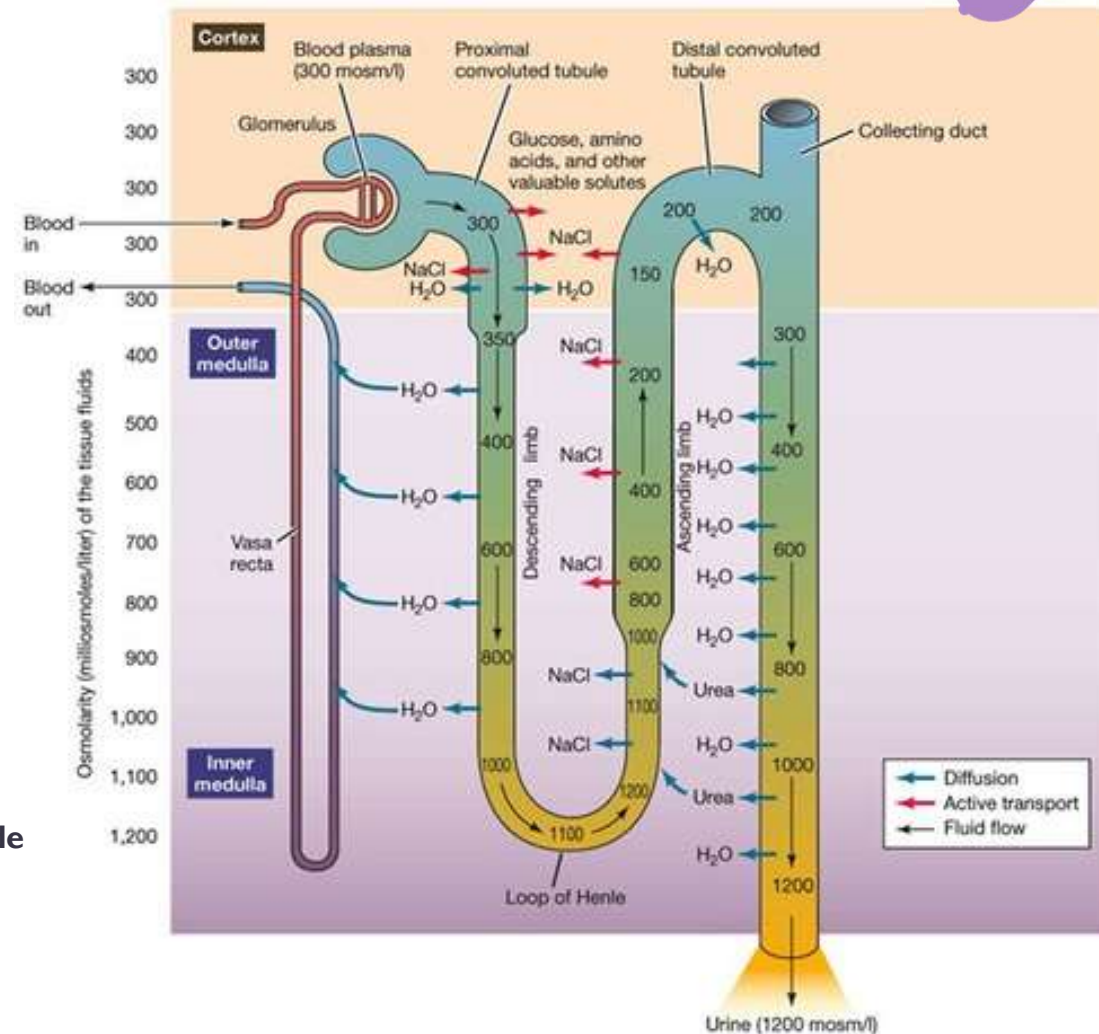
- Cortex = glomérule = **ultrafiltration** (glucose, aa, eau, ions, urée, ~~protéines~~ des capillaires afférents) ⇒ **urine primaire**
- Médulla = tubule = **réabsorption du glucose, des aa, d'eau** par capillaire éfférent
 - ⇒ **Urine secondaire** = eau + ions + urée très concentrée
 - ⇒ Équilibre hydrominéral

Two Solute Model:

How the kidney concentrates urine

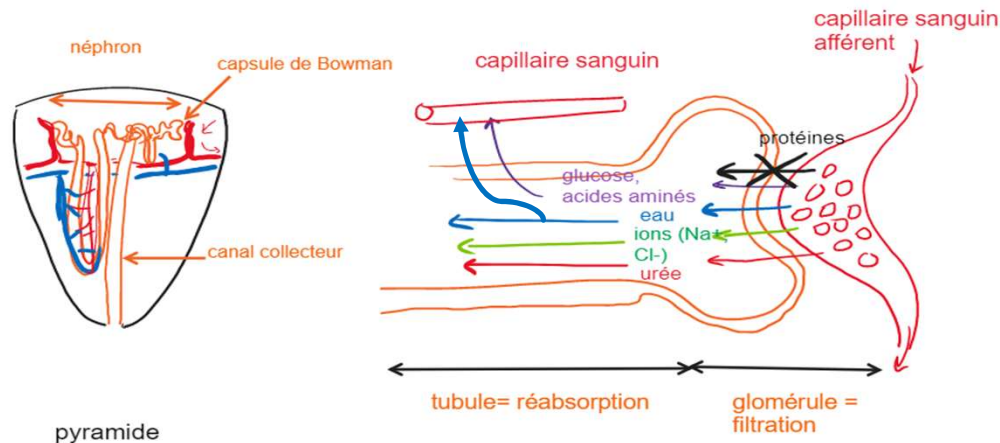


- Cortex = glomérule = **ultrafiltration** (glucose, aa, eau, ions, urée, protéines) des capillaires afférents ⇒ **urine primaire**
- Médulla = tubule = **réabsorption du glucose, des aa, d'eau et de NaCl**
 - ⇒ **Urine secondaire** = urée très concentrée + eau + ions
 - ⇒ Équilibre hydrominéral



3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron

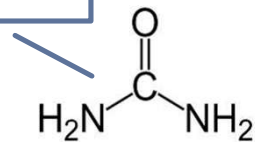
Rein= barrière au passage des protéines et glucides



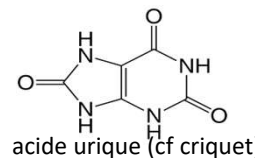
Constituants essentiels	Plasma	Urine
protéines	67-75 g/L	0
glucose	2,2-5,6 mmol/L	0
Na ⁺	136-144 mmol/L	8-40 mmol/L
K ⁺	3,6-4,9 mmol/L	325 mmol/L
Cl ⁻	99-107 mmol/L	20-80 mmol/L
Urée	3,6-8,9 mmol/L	179-293 mmol/L

ultrafiltration glomérulaire et réabsorption au niveau tubulaire

urée= molécule très soluble



Formule urée



acide urique (cf criquet)



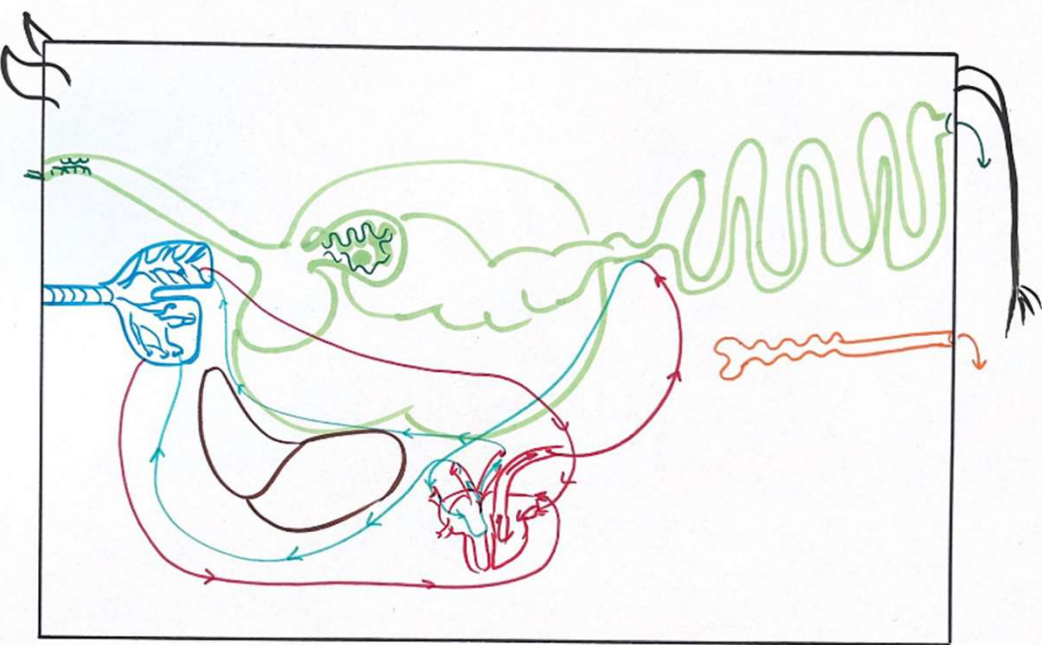
- Rein = barrière au glucose, aa et protéines sanguines
 - ⇒ Pathologie (protéinurie) + élimination des déchets azotés (urée très soluble)
- Eau réabsorbée en fonction des besoins (aldostérone + rénine)
 - ⇒ Adaptation au milieu aérien
 - ⇒ Équilibre hydrominéral

I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

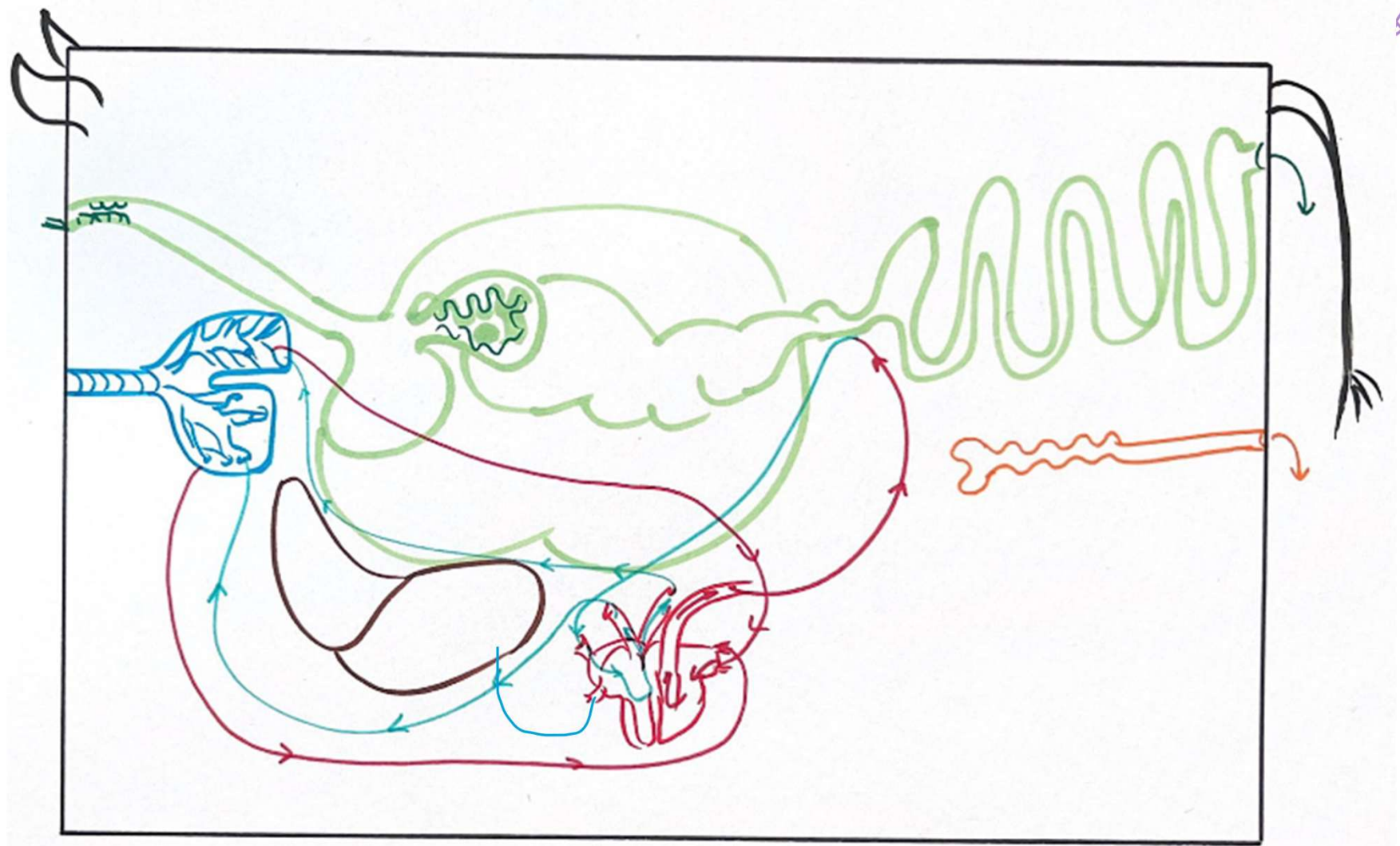
E. BILAN : COOPÉRATION ENTRE LES DIFFÉRENTS APPAREILS

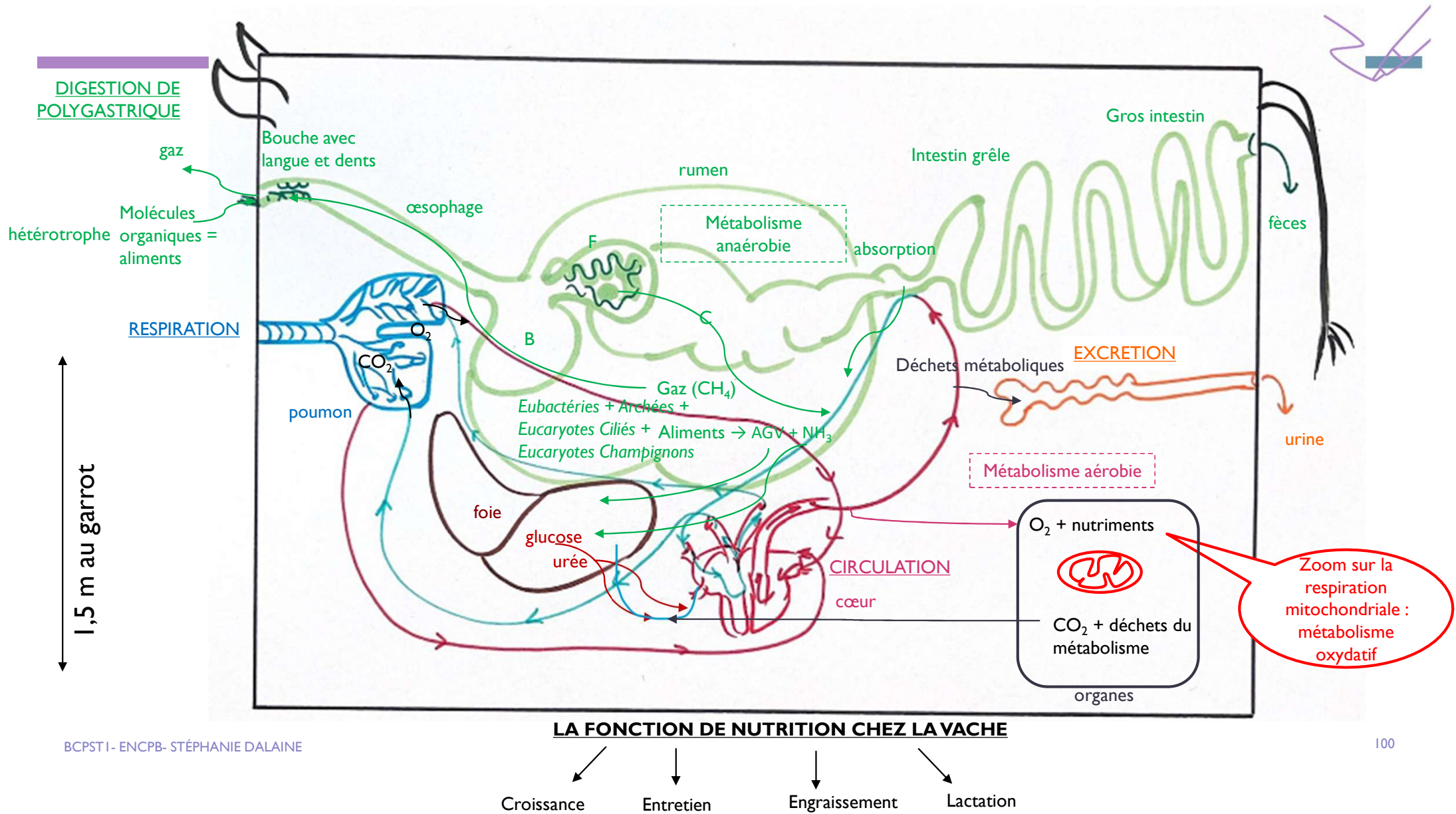
I. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition



- Nutrition: échanges de matières (nutriments – molécules organiques – O_2 , CO_2 , H_2O , urée) et d'énergie (ATP, chaleur)
- Appareil digestif, respiratoire, cardiaque, circulatoire et excrétoire : **système intégré** participant à cette fonction
- **Convergence adaptative** avec grandes surfaces d'échanges, épaisseurs fines, mais contraintes du milieu aérien desséchant
 - ⇒ Stratégies adaptatives (mucus, contrôles hormonaux)
- L'importance des AGV et du microbiote ruminal chez la vache

Schéma bilan : coopération entre les différents appareils dans la fonction de nutrition (S. Dalaine)





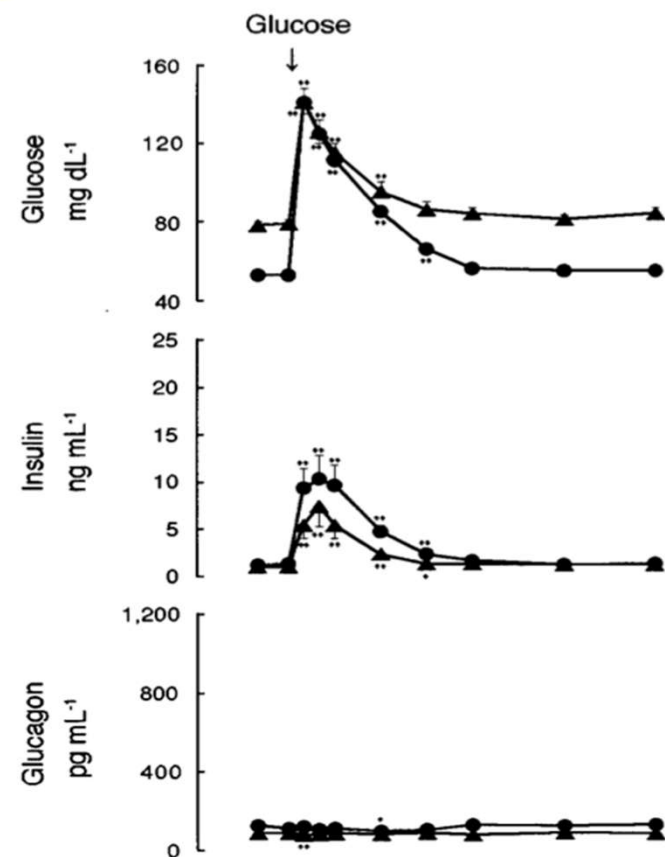
I. L'APPAREIL DIGESTIF ASSURE LA NUTRITION DE LA VACHE DANS LE MILIEU AÉRIEN

- A. L'appareil digestif est adapté à une alimentation végétale peu énergétique et difficile à digérer
 - 1. Une alimentation exclusivement végétale adaptée aux besoins de la vache
 - 2. Les aliments sont broyés par une mâchoire et une denture adaptées
 - 3. La partie antérieure du tube digestif développée est adaptée à la rumination et permet une digestion chimique
 - 4. L'intestin grêle très vascularisé assure la poursuite de la digestion et l'absorption des nutriments
 - 5. Le gros intestin permet l'absorption d'eau, d'ions et d'acides gras volatils
 - 6. La digestion assure la transformation des aliments en nutriments
- B. L'appareil respiratoire est adapté à une respiration en milieu aérien, desséchant et peu dense
 - 1. la fonction respiratoire repose sur des échanges gazeux permettant la respiration cellulaire
 - 2. Trajet de l'air dans les voies respiratoires internes
 - 3. La diffusion des gaz est régie par la loi de Fick
 - 4. Bilan : adaptation à la diffusion de gaz en milieu aérien, lien avec le métabolisme aérobie
- C. L'appareil cardio-vasculaire permet de distribuer les nutriments et le dioxygène à l'ensemble de l'organisme et de prendre en charge les déchets du métabolisme
 - 1. La perfusion des organes sous forte pression : appareil clos et double circulation
 - 2. Le cœur assure la mise en mouvement du sang
 - 3. L'appareil circulatoire est ramifié et permet un approvisionnement en nutriments selon les besoins
 - 4. Les nutriments distribués aux cellules entrent dans le métabolisme cellulaire
- D. L'appareil excréteur permet d'éliminer les déchets azotés du métabolisme tout en limitant les pertes en eau
 - 1. L'excrétion permet de garantir l'équilibre hydrominéral de l'organisme
 - 2. Observation de l'appareil urinaire, dans la cavité abdominale (pelvienne)
 - 3. Les reins assurent une filtration sélective du sang au niveau du néphron
 - 4. Bilan : le fonctionnement de l'appareil excréteur assure une osmorégulation
- E. Bilan : coopération entre les différents appareils
 - 1. La coopération entre les différents appareils assure la fonction de nutrition
 - 2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

E. BILAN : COOPÉRATION ENTRE LES DIFFÉRENTS APPAREILS

2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie

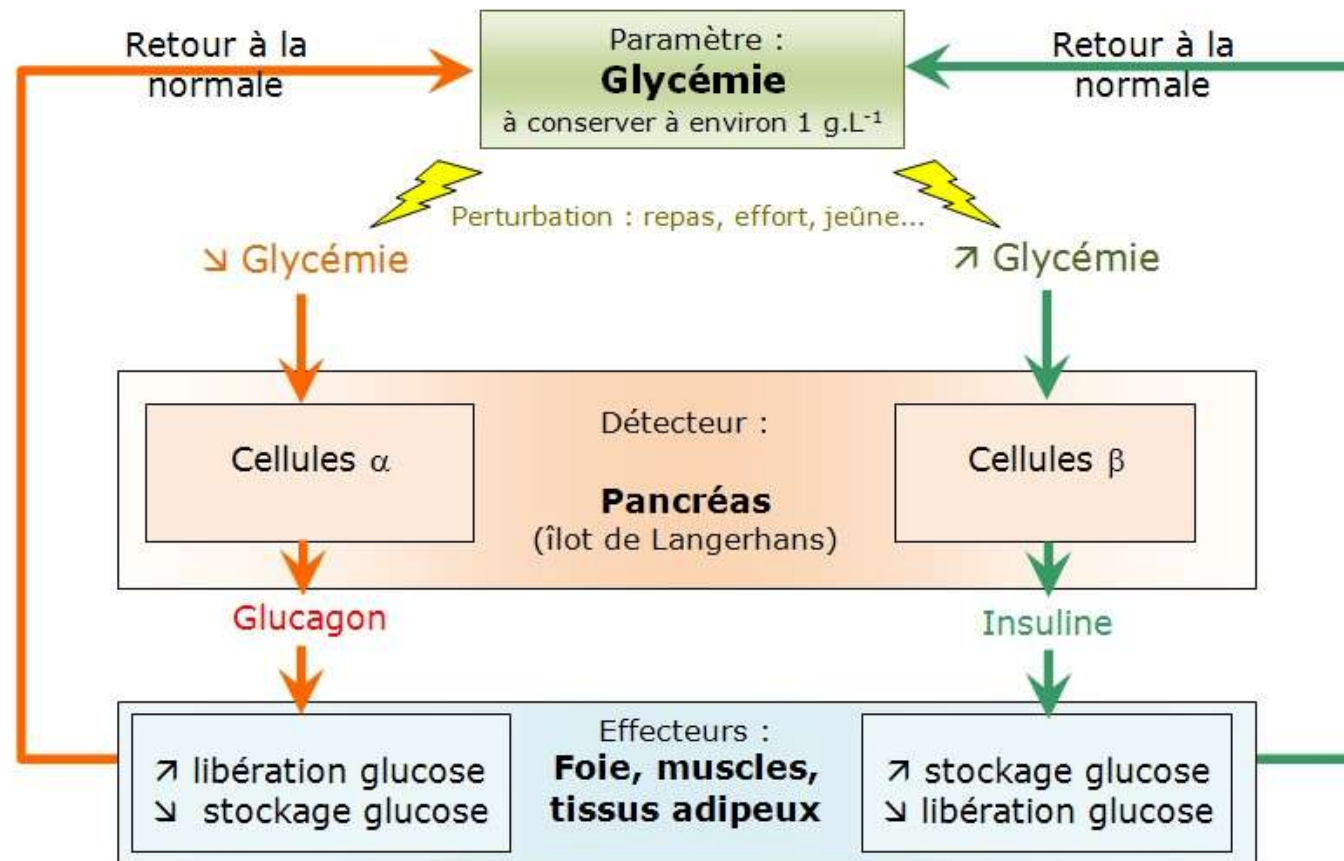
- **glycémie** ou concentration en glucose circulant le sang est faible chez les Ruminants (**0,60g/L**) par rapport aux Monogastriques (1 g/L).
- Besoins énergétiques des Ruminants couverts à 70% par les AGV
 - ⇒ une glycémie faible
- Glycémie = constante autour de la **valeur de consigne**
 - ⇒ **Boucle de régulation**
 - ⇒ **homéostasie**
 - **système réglé** : la glycémie, à 0,6 g.L⁻¹.
 - **système réglant** = capteurs de glycémie (îlots de Langerhans => cellules α et β) + organes effecteurs (foie, muscles, tissu adipeux)



Régulation de la glycémie (Sano et al., 1999)

E. BILAN : COOPÉRATION ENTRE LES DIFFÉRENTS APPAREILS

2. La coopération entre les différents organes permet le maintien des paramètres physiologiques : exemple de la régulation de la glycémie



<https://www.svt-biologiepremiere.bacdefrancais.net/>