

## « L'hétérotrophie de la Vache au carbone et à l'azote »

**Introduction :**

La Vache est un organisme vivant en milieu aérien, plus précisément dans l'écosystème prairial. Son maintien en vie repose sur la réalisation de fonctions de relation, de nutrition et de reproduction qui nécessitent des échanges permanents de matière et d'énergie avec son milieu, c'est donc un système thermodynamique ouvert.

Comme tous les êtres vivants, elle est constituée d'eau, de sels minéraux et de molécules organiques. Ces dernières résultent de l'assemblage d'atomes parmi lesquels C, H, O, N sont très majoritaires puisqu'ils représentent 95 % de la biomasse.

Selon que les atomes de C et N utilisés pour fabriquer leur propre matière organique proviennent d'autres êtres vivants ou de molécules minérales, les êtres vivants sont qualifiés d'hétérotrophes – c'est le cas des animaux, des champignons... – ou d'autotrophes – c'est le cas des végétaux chlorophylliens par exemple.

La Vache possède des poils, des mamelles : c'est un animal appartenant au clade des Mammifère. Comme les autres animaux, elle est hétérotrophe.

Comment l'organisation de la Vache lui permet-elle de s'approvisionner en C et N ? Comment sa ration alimentaire est-elle transformée en molécules utilisables par ses cellules et que deviennent le C et l'N contenus dans ces molécules ?

Dans un premier temps, nous montrerons à l'échelle de l'organisme que la Vache « transforme de l'herbe en Vache ». Ensuite, nous étudierons les transformations subies par la ration alimentaire dans l'appareil digestif, qui permettent l'entrée des atomes de C et N dans l'organisme. Enfin, nous envisagerons l'approvisionnement des cellules de la Vache en molécules contenant du C et de l'N et leur utilisation au sein de ces cellules.

**I.A l'échelle de la Vache dans son écosystème : la Vache prélève de la matière dans son milieu, qu'elle utilise****1. La Vache est constituée de molécules carbonées et azotées (et d'eau)**

Ci-contre un exemple de schéma possible

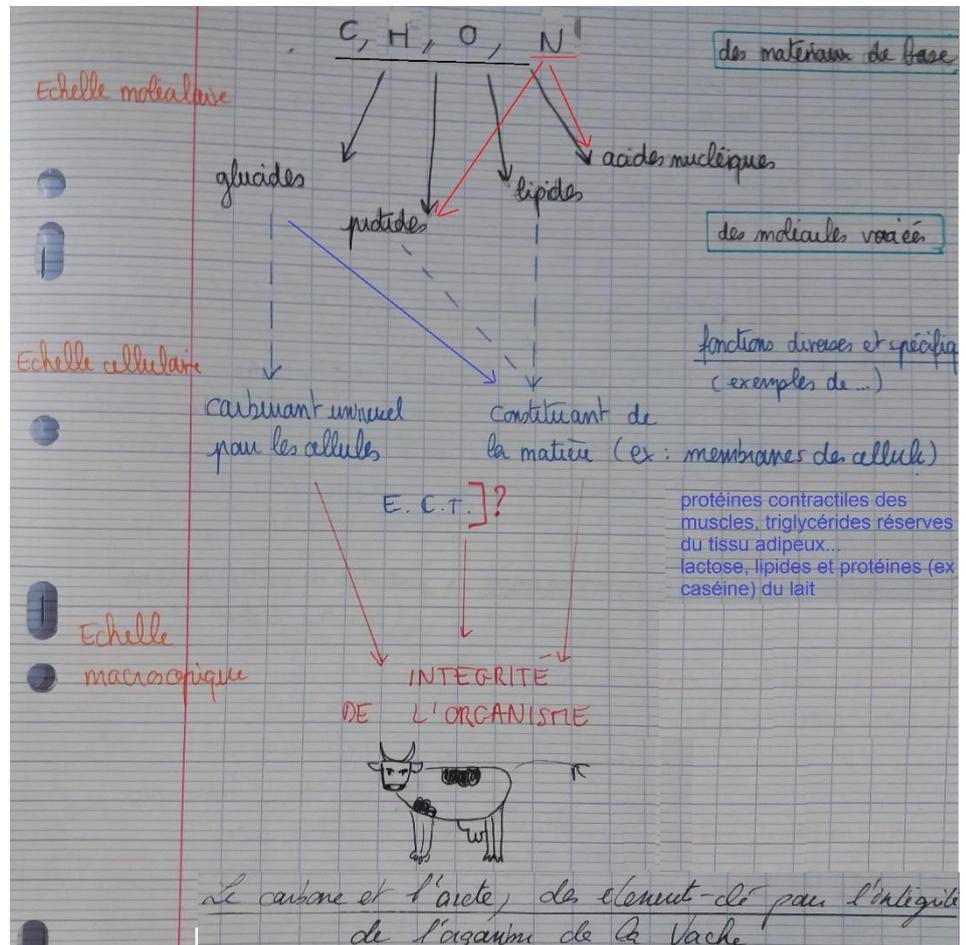
- glucides, protides, lipides, acides nucléiques... ces molécules carbonées, et pour certaines contenant de l'N, sont constitutives des cellules, tissus, organes, appareils (ex : protéines du muscle, lipides du tissu adipeux...)

Distinction petites molécules organiques / macromolécules ; molécules structurantes / molécules énergétiques

- elle renouvelle ses constituants (peau, muqueuse intestinale...), elle fabrique de nouveaux tissus (muscles) et produit du lait (riche en lipides, contient du lactose, des protéines)

- elle utilise de l'énergie pour réaliser ses fonctions vitales (ex : locomotion)

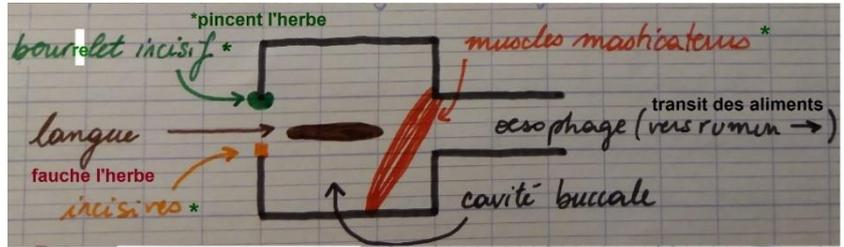
Quelles sont les sources de C et N de la Vache ? quelle est la source d'énergie qui finance les travaux de synthèse et l'activité des cellules ?

**2. La Vache prélève des végétaux : elle est phytophage, donc c'est un consommateur primaire et producteur secondaire**

- la Vache prélève de l'herbe dans la prairie : elle est phytophage

- elle consomme des organismes autotrophes qui sont des producteurs primaires : elle est donc un consommateur primaire, et un producteur secondaire ; elle transforme de l'herbe en vache !

- prise alimentaire et coopération fonctionnelle des organes impliqués (ex de schéma ci-contre)



**Coopération fonctionnelle des organes dans la préhension de la ration alimentaire**

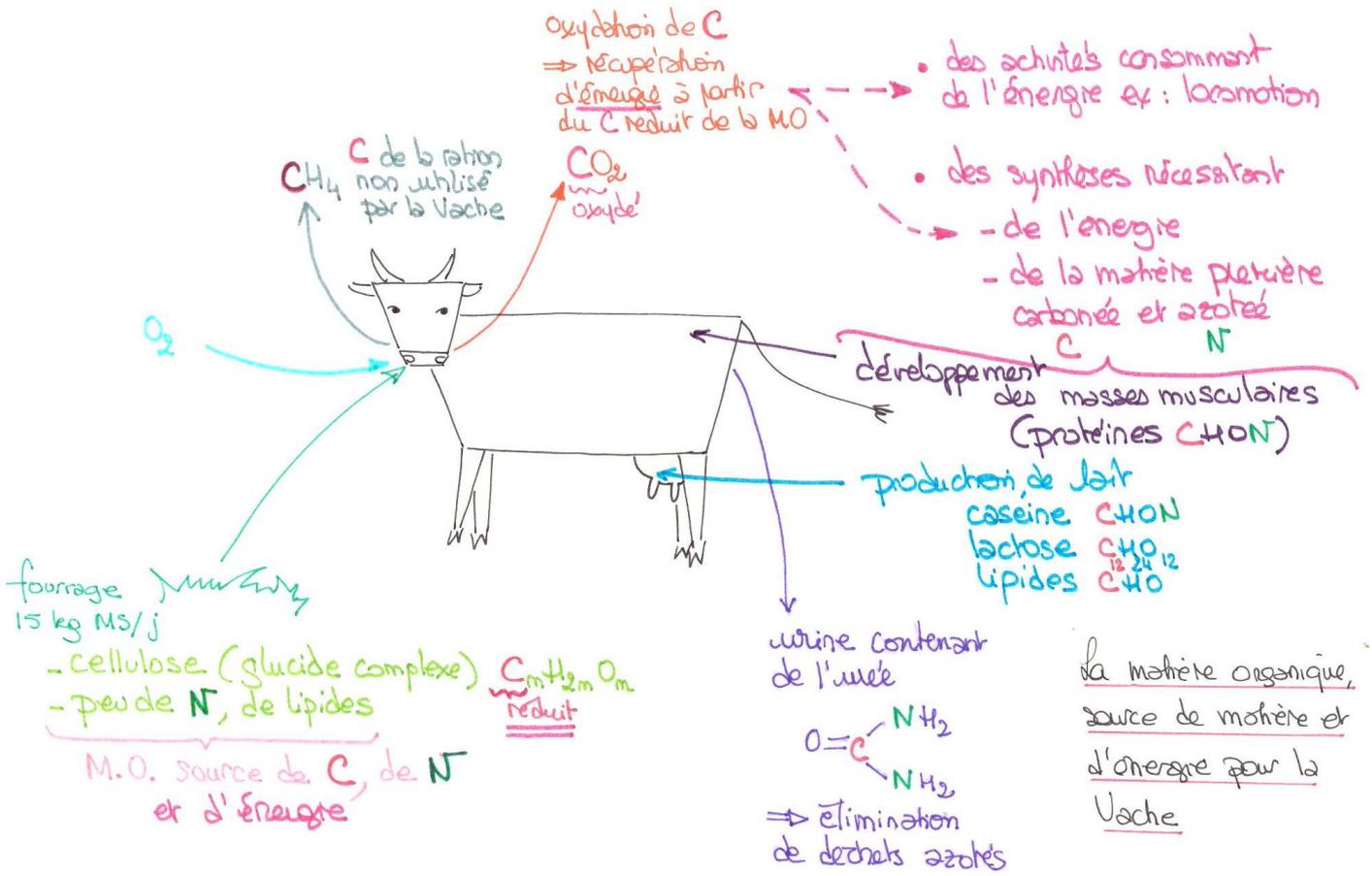
- composition de la ration alimentaire : riche en cellulose, pauvre en lipides et protéines ; ration abondante mais déséquilibrée, constituée de molécules organiques complexes, dans lesquelles le C est à l'état réduit

La Vache effectue d'autres échanges de C et N avec son milieu...

**3. La Vache prélève de l'O<sub>2</sub> et rejette du CO<sub>2</sub>, de l'urée... : elle transforme donc des molécules carbonées**

- elle prélève de l'O<sub>2</sub> (dans un milieu riche en O<sub>2</sub> mais desséchant → surfaces internalisées et ventilation bidirectionnelle) et rejette du CO<sub>2</sub> : elle oxyde donc des molécules carbonées issues de sa ration, qui représentent une source d'énergie chimique ; la fonction respiratoire permet donc d'assurer le métabolisme énergétique aérobie
- du méthane : une partie du carbone de sa ration n'est pas oxydée et utilisée par la vache
- de l'urée : elle recycle donc sa matière, notamment azotée

Exemple de schéma :



*Idee clé/transition :*

La vache prélève de la matière organique, utilise cette matière organique pour la construction de ses molécules et pour satisfaire ses besoins énergétiques. Comment les aliments sont-ils transformés en nutriments ?

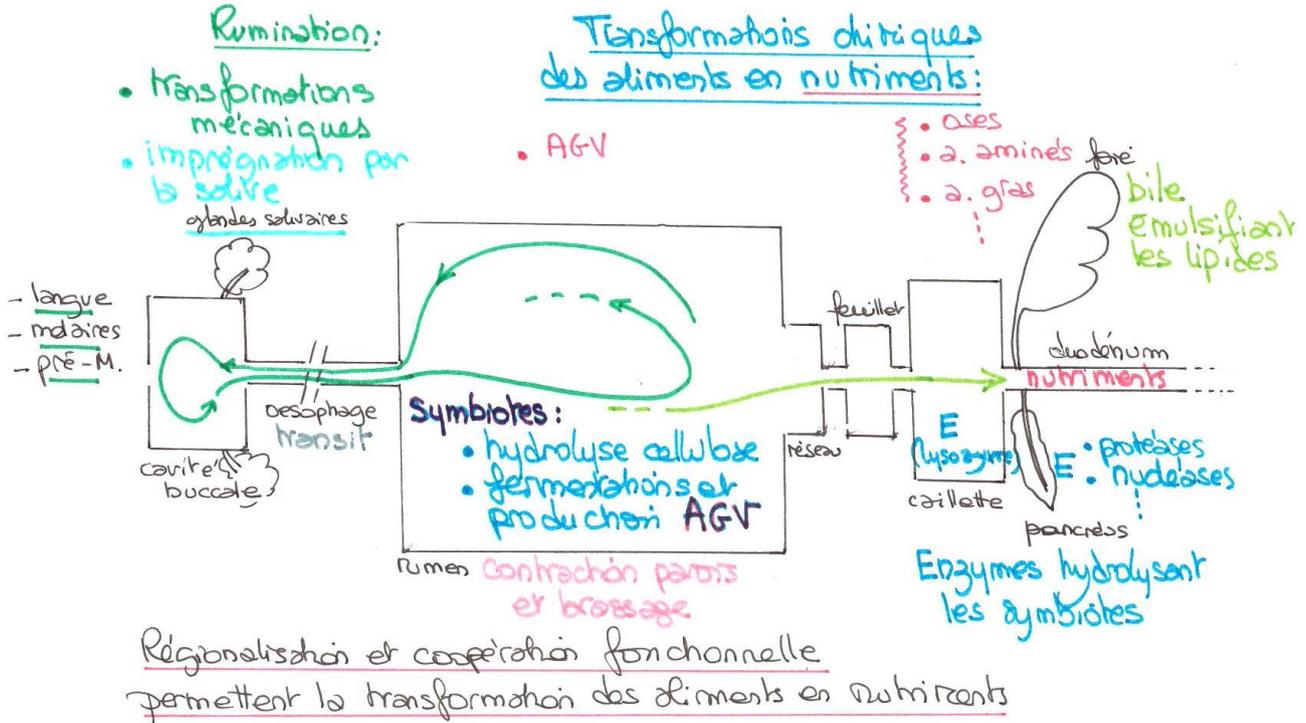
**II. A l'échelle des organes et appareils : comment les aliments sont-ils transformés en nutriments ?**

**1. Les transformations mécaniques et chimiques des aliments mettent en jeu l'appareil digestif de la Vache... Et des symbiotes !**

- rumination et dégradation mécanique des aliments
- symbiotes et transformations chimiques des aliments lors de la rumination : hydrolyses puis fermentations produisent des AGV (et du méthane), source de C pour la Vache

- notion d'écosystème ruminal : le rumen milieu favorable pour les symbiotes (conditions du milieu à préciser), coopération entre symbiotes dans les transformations de la ration
- symbiose Vache / microbiotes : la Vache « nourrit » les symbiotes grâce à la ration alimentaire qu'elle ingère ; utilisation de l'urée de la salive par les symbiotes du rumen pour produire leurs acides aminés puis leurs protéines ; AGV produits par les symbiotes seront utilisés par la Vache
- digestion des microbiotes dans la caillette (notamment grâce au lysozyme) puis le duodénum (grâce aux enzymes pancréatiques, à la bile du foie) : notamment l'hydrolyse des protéines des symbiotes libère des acides aminés, source de N pour la Vache / la Vache = un microphage !
- résultats des simplifications moléculaires des aliments = des nutriments : acides aminés, oses, acides gras...

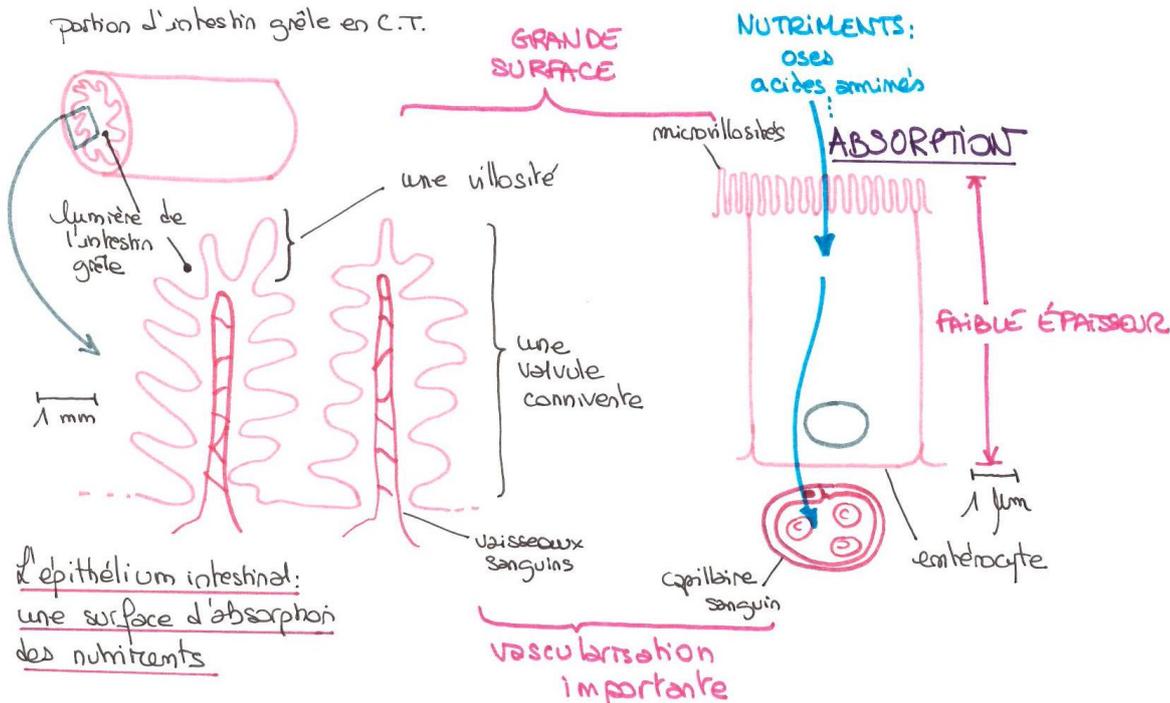
Un exemple de schéma :



Grâce à une coopération fonctionnelle entre organes de l'appareil digestif, entre symbiotes du rumen et entre la Vache et ses symbiotes, les aliments sont transformés en nutriments. Comment ceux-ci sont-ils absorbés ?

**2. Les nutriments entrent dans la Vache au niveau de surfaces d'absorption spécialisées**

- localisation des surfaces d'absorption en lien avec la régionalisation de l'appareil digestif : AGV absorbés dans le rumen (surface d'absorption additionnelle / au schéma classique du TD), oses et AA dans l'intestin
- relation structure – fonction de ces épithéliums spécialisés : ex l'intestin grêle



Idées clé/transition :

Etat métazoaire et organisation en appareils, organes, tissus... Interrelations entre organes ; Aspects systématiques : la Vache est un ruminant.

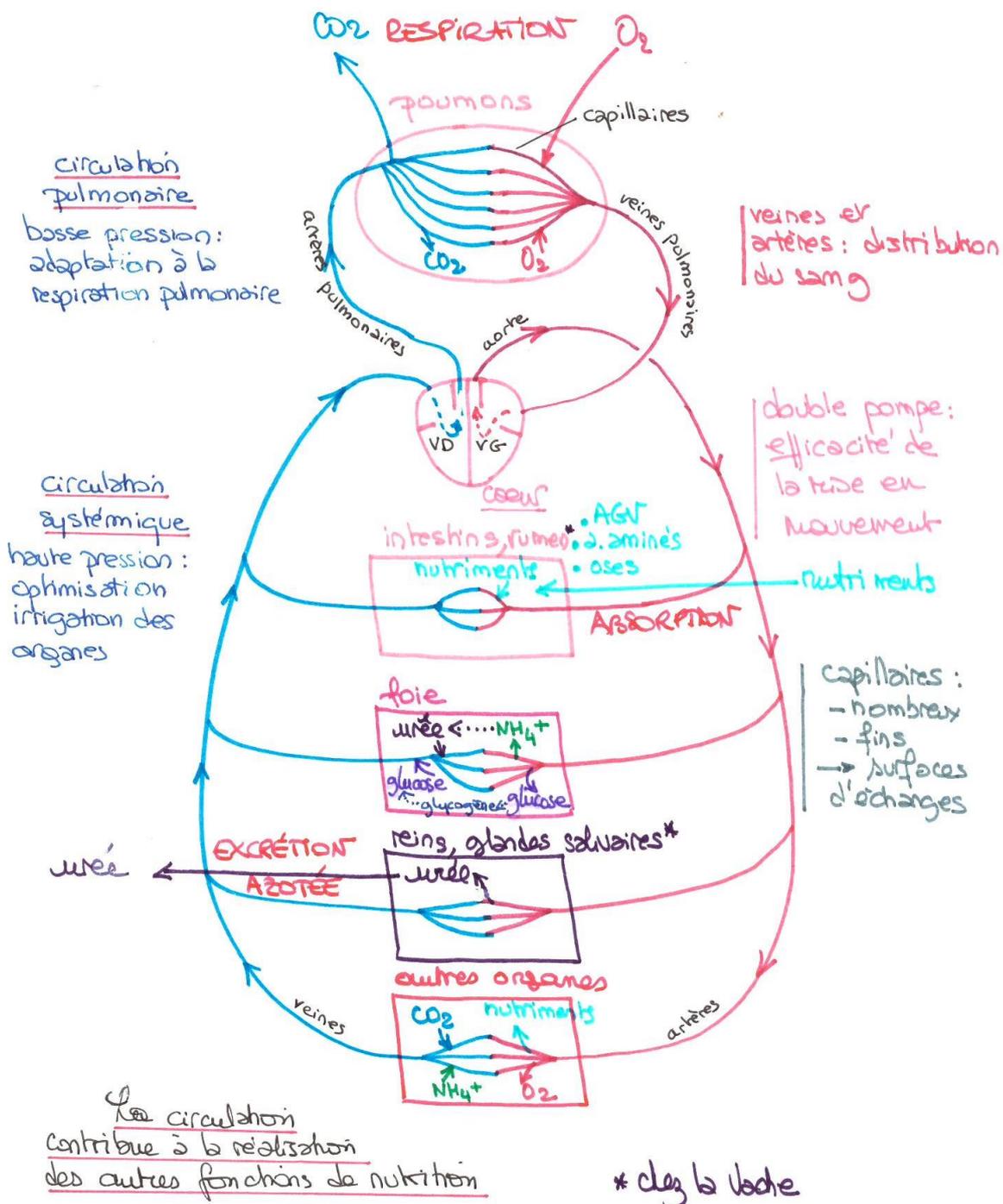
Comment les nutriments contenant C et N parviennent-ils aux cellules et comment les cellules les utilisent-elles ?

**III.A l'échelle cellulaire et moléculaire : comment les cellules sont-elles approvisionnées et que font-elles des nutriments ?**

**1. Le sang mis en mouvement permet d'acheminer O<sub>2</sub> et nutriments aux cellules**

- double circulation et distribution efficace de l'O<sub>2</sub>, haute et basse pression en lien avec la respiration pulmonaire (sang pompé deux fois donc meilleur approvisionnement des cellules, permet un métabolisme plus important) (et qui permet la production de chaleur, lien avec l'endothermie possible)
- même chose pour les nutriments !
- zone d'échanges : capillaires nb, à paroi fine, et vitesse du sang plus faible favorisent les échanges

Un exemple de schéma :

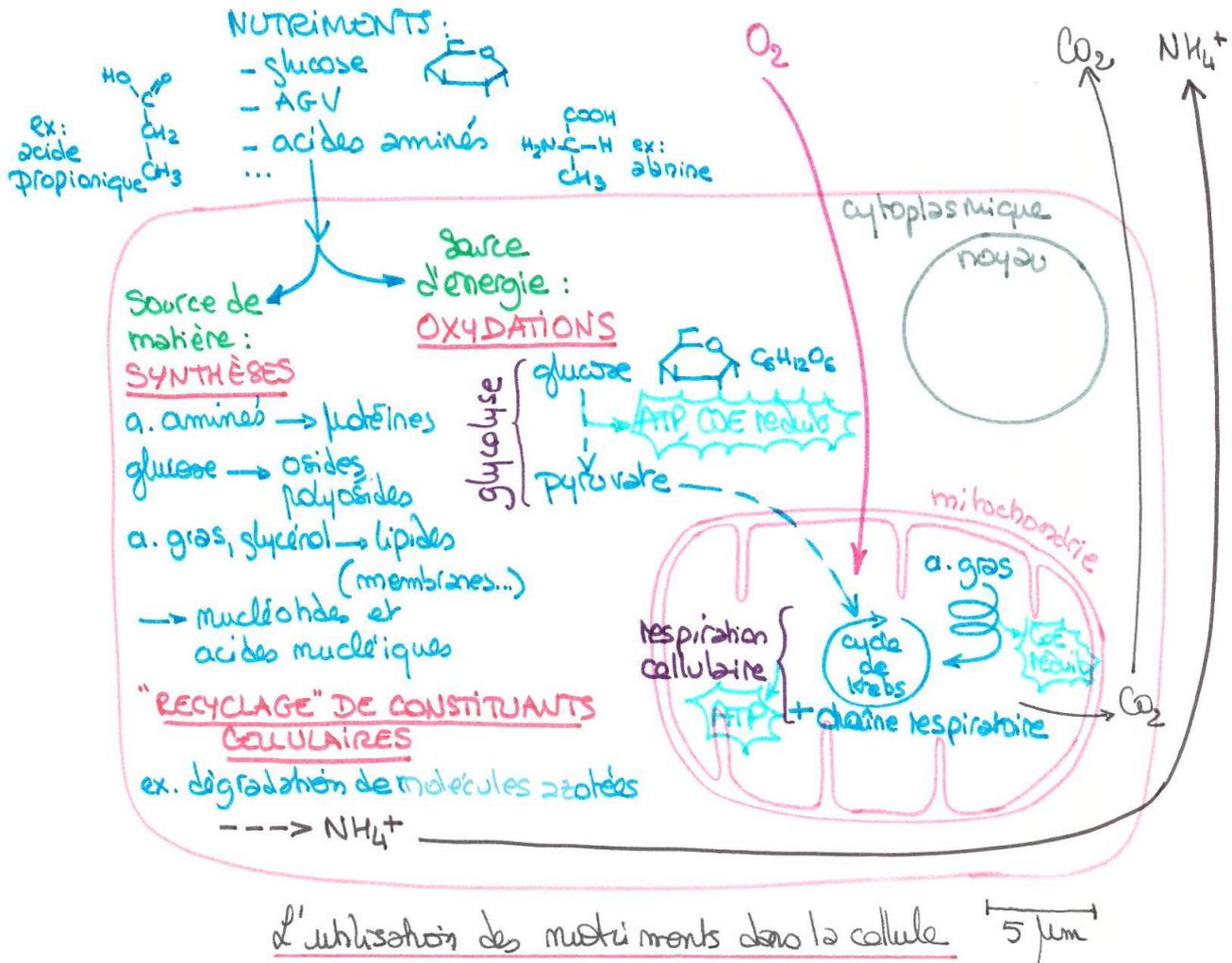


**2. Les cellules utilisent les nutriments comme source d'énergie**

- nutriments source d'énergie : le glucose, et surtout les AGV chez la Vache (couvrent 80 % de ses besoins en énergie)

- oxydation de nutriments grâce à l'O<sub>2</sub> : métabolisme aérobie ; glycolyse / respiration cellulaire avec production de CO<sub>2</sub> (et H<sub>2</sub>O) ; dégradation possible de molécules azotées avec production de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (déchet azoté)
- ces oxydations permettent de récupérer une partie de l'énergie chimique contenue dans les molécules, sous une forme utilisable par la cellule (ATP, CoE réduits)
- les déchets produits seront pris en charge par le sang puis éliminés au niveau de surfaces spécialisées : CO<sub>2</sub> au niveau des alvéoles pulmonaires ; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> transformé en urée (moins consommateur d'eau que NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ; adaptation au milieu aérien) dans le foie, qui sera excrétée par les glandes salivaires (→ salive) et les néphrons (→ urine)

Un exemple de schéma :



### 3. Les cellules utilisent les nutriments comme source de matière

- renouvellement des constituants cellulaires : lipides membranaires, protéines, ARN...
- production de lait dans les acini des mamelles, de muscle, à partir d'acides aminés, d'AGV, d'oses

*Idées clé :* dimension adaptative (plan d'organisation de la Vache adapté au milieu de vie), interactions entre fonctions, différentes échelles du vivant

### Conclusion :

L'hétérotrophie au carbone et à l'azote de la Vache met en jeu une coopération fonctionnelle entre appareils, organes, tissus et cellules. Elle s'appuie sur des échanges de matière avec le milieu, dont la réalisation montre une dimension adaptative vis-à-vis de certaines contraintes du milieu, comme le caractère desséchant. La matière organique contenant du carbone à l'état réduit, ces échanges de matière représentent également des échanges d'énergie, que les cellules peuvent récupérer en partie grâce à des oxydations.

L'organisation fonctionnelle de l'appareil digestif de la Vache en fait un ruminant, et la transformation de ses aliments en nutriments est permise par une symbiose avec des micro-organismes vivant dans son rumen. En outre, ces symbiotes assurent un recyclage de l'azote à partir des déchets azotés de la Vache excrétés dans sa salive (sous forme d'urée), ce qui compense la faible teneur en azote de sa ration. Il y a donc également une coopération entre organismes, qui apparaît nécessaire à la survie de tous. Cela soulève la question des limites d'un organisme vivant, puisqu'il ne peut pas survivre sans ses symbiotes ! Certains scientifiques parlent désormais d'holobionte pour définir cette association.