

## CORRIGÉ DU DS n°1

### THÈME 1

1a) L'étude a pour but de comprendre l'importance des Ciliés dans le rumen et ses relations avec les bactéries.

L'agent défaunant a diminué de façon radicale le nombre de Ciliés. La numération bactérienne des différentes vaches conduit à plusieurs remarques :

- il y a une différence non négligeable entre la quantité de bactéries dans le rumen des 8 vaches non défaunées, allant de 1,5 à 9 milliards par mL ; il y a donc une disparité des flores selon les individus ;
- quelle que soit la vache, la disparition des Ciliés induit une hausse importante des bactéries. La population bactérienne est multipliée par 2,3 à 3 selon l'individu (sauf la vache 8 qui a un facteur multiplicatif de 4,8).

On en déduit que les Ciliés ont un effet négatif sur la population bactérienne. On peut envisager une relation :

- de compétition pour les nutriments ;
- ou de prédation, les Ciliés consommant les bactéries.

1b) L'étude vise à montrer l'influence des Ciliés sur la nutrition azotée et permet de préciser la relation avec les bactéries.

#### **Dans le cas où la vache possède encore les Ciliés (avant traitement)**

Le taux d'azote dans le duodénum diminue avec l'introduction du complément alimentaire. Un apport de 50% de concentré diminue la quantité d'azote de 30 % environ si on diminue le fourrage de 50%. L'effet semble complexe car il est peu significatif entre les dosages F90C10 et F70C30. On peut néanmoins supposer que le complément alimentaire ne contient pas d'azote.

#### **Dans le cas où la vache ne contient plus de Ciliés**

Le profil de l'azote duodécal est plus hétérogène mais semble confirmer les résultats précédents lors d'une augmentation de 50% de concentré. Le concentré ne favorise pas la nutrition azotée (mais peut-être glucidique ou lipidique, aucun argument nous permet de le dire).

Par contre, il apparaît clairement que le taux d'azote duodécal est plus élevé en absence de Ciliés, avec des augmentations jusqu'à +30%.

Cela permettrait d'imaginer :

- soit que les Ciliés consommait de l'azote alimentaire. Mais la teneur en azote des végétaux est assez faible et cette hypothèse n'est pas très convaincante, d'autant que le concentré ne semble pas en contenir ;
- soit que les Ciliés consommaient les bactéries. En l'absence de Ciliés, les bactéries prolifèrent. Or elles contiennent des protéines produites à partir de l'urée de la vache. Davantage de bactéries passent alors dans la caillette et sont digérées, libérant plus d'acides aminés dans l'intestin.

1c) On compare le nombre de Ciliés et différentes caractéristiques du lait entre vaches témoins et vaches traitées avec un agent défaunant, afin de déterminer l'effet des Ciliés sur la production laitière.

Le nombre de Ciliés est de  $1,2 \cdot 10^4 \text{ mL}^{-1}$  chez les vaches défaunées, alors qu'il est de  $26,7 \cdot 10^4 \text{ mL}^{-1}$  chez les vaches témoin : plus de 95 % [ $1,2 / 26,7 \times 100 = 4,5$  %] des Protozoaires ont été détruits par le traitement. L'étude est donc bien validée.

En ce qui concerne les caractéristiques de la production laitière :

- les vaches défaunées ont une production augmentée de 13,5 % (22,7 L/vache/jour contre 20,0 chez les témoins) ;
- la quantité de matières grasses produite est diminuée en concentration dans le lait mais, comme le volume de lait augmente, il faut calculer la quantité de matière grasse produite par jour. Elle est légèrement augmentée de 5 % (912 g/vache/jour contre 868) ;
- de la même manière, la quantité de matière protéique est aussi augmentée de 19,2 % (713 g/vache/jour contre 598).

On constate donc que l'absence de Ciliés semble favorable à la production de lait.

Or ces Ciliés consomment certaines bactéries : on peut proposer l'hypothèse que l'augmentation du nombre de bactéries consécutive à la diminution considérable du nombre de Ciliés serait favorable au déroulement des fermentations dans le rumen – et donc à la production d'une plus grande quantité d'AGV qui seraient absorbés par la paroi du rumen et utilisés ensuite par la vache – et d'autre part, comme vu avec les documents précédents, l'augmentation du flux duodénal d'acides aminés permettrait une absorption plus importante pouvant contribuer à augmenter la quantité de matières protéiques dans le lait produit.

Une hypothèse complémentaire peut être envisagée : les archées méthanogènes vivent fixées à la surface et dans les cellules des Protozoaires ciliés du rumen.

On peut alors supposer que la destruction des Protozoaires entraîne celle des archées, ce qui a pour effet de diminuer la production de méthane. Alors, les voies métaboliques se déroulant dans le rumen sont modifiées, au profit d'autres voies consommant le  $\text{H}_2$ , par exemple la production de propionate, qui sera absorbé par la paroi du rumen : l'utilisation de la ration alimentaire par la vache s'en trouve alors améliorée.

## THÈME 2

2a) La perfusion de propionate, un AGV, induit une faible hausse de la production laitière (+ 4%) et des protéines du lait. On n'observe pas de modification de la concentration en lactose du lait mais une légère baisse du taux butyreux.

La perfusion de glucose induit la même modification de production laitière.

Glucose et propionate favorisent la production de protéines aux dépens des lipides et augmentent le volume de lait synthétisé.

L'apport de propionate et de glucose ayant les mêmes effets, les deux nutriments ont peut-être la même voie d'utilisation.

2b) La figure 2 montre que la radioactivité est mesurable 10h encore après l'infusion. Le propionate radioactif se maintient à un niveau stable pendant les 10h de l'expérience, à un taux compris entre 20 et 25 mmol.L<sup>-1</sup>.

La radioactivité dans le sang montre la présence de glucose radioactif à un taux également stable pendant 10 h, à raison de 65 mg de glucose radioactif pour 100 mL de sang. Le lactate, mesuré seulement au bout de 4 h, est à une concentration bien inférieure à celle du glucose (moins de 10 mg pour 100 mL de sang soit 7 fois moins que le glucose).

Le propionate du rumen donne donc naissance au glucose sanguin et dans une moindre mesure au lactate. On peut donc émettre l'hypothèse que le propionate est métabolisé par la vache qui le convertit en glucose (et lactate).

La mesure de radioactivité dans les organes de la vache montre que le foie est hautement radioactif : il pourrait être le siège de la transformation du propionate en glucose.

2c) Le lait contient des caséines et du lactose qui sont absents du sang. Ces 2 molécules sont donc synthétisées dans la glande mammaire, sans doute à partir de nutriments tirés du sang.

Le lait ne contient pas de glucose, donc 2 hypothèses sont à envisager :

- soit le glucose ne traverse pas la glande mammaire en direction du lait, et reste dans le sang ;
- soit le glucose est transformé. Le glucose étant un glucide, tout comme le lactose, on peut faire l'hypothèse que le glucose sert à produire le lactose.

Pour le calcium et les acides gras, la quantité est plus importante dans le lait (17 fois plus pour les acides gras et 13 fois plus pour le calcium), ce qui pourrait s'interpréter par un processus de concentration de ces nutriments au niveau de la glande mammaire.

La figure 4 permet de préciser les hypothèses faites concernant le lactose (en admettant que les résultats obtenus pour la lapine soit identique à ceux de la vache).

Le taux de synthèse du lactose est multiplié par 4 lorsque la quantité de glucose disponible augmente de 1 à 3 g.L<sup>-1</sup>. Il semble donc que la synthèse du lactose se fait à partir du glucose, ce qui est en accord avec la biochimie du lactose, un dioside constitué d'un glucose et d'un galactose.

La synthèse de lactose est ensuite constante, même en ajoutant du glucose : il s'agit de l'activité sécrétrice maximale du fragment de glande mammaire étudié.

*En comparant la valeur maximale avec la glycémie de la vache (environ 1g.L<sup>-1</sup>, d'après le tableau 3), il apparaît que la synthèse de lactose par la glande mammaire n'est pas à son maximum. Il y a donc possibilité de produire plus de lactose si le taux de glucose augmente : c'est une piste d'amélioration de la production laitière.*

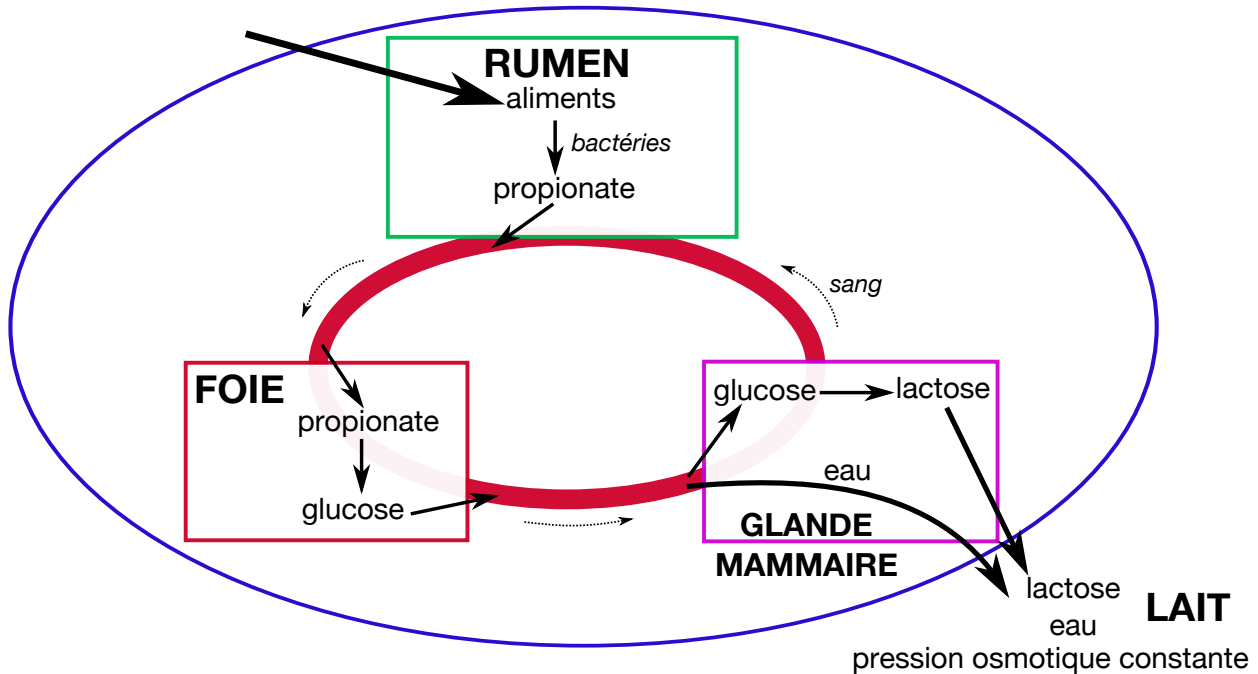
2d) Au cours des semaines de lactation, on observe le même profil :

- une augmentation progressive de la sécrétion de lait et de lactose pendant 2 semaines, permettant de tripler la quantité de lactose sécrété et de passer de 3 à 5,5 kg de lait par jour ;
- puis une stabilisation jusqu'à la 6ème semaine environ ;
- et enfin une diminution des sécrétions lors des 2 dernières semaines de mesure. Cette diminution est de 20% pour le lactose comme pour le lait.

On constate donc une corrélation importante entre la sécrétion de lactose et de lait. Étant donné que le lactose intervient dans la pression osmotique en tant que petite molécule hydrophile et concentrée, on peut penser que plus la glande mammaire sécrète du lactose, plus la pression

osmotique a tendance à augmenter mais cette hausse est contrebalancée par une dilution due à un afflux d'eau. Ainsi, une hausse de la sécrétion de lactose va expliquer la hausse de volume de lait produit.

## BILAN



## THÈME 3

3a) L'animal témoin nous sert de référence. Son taux de matière grasse reste à peu près constant durant les 22 jours de mesure, entre 0 et -0,2% de matière grasse, et autour de -0,1% de substances non grasses.

Les infusions d'acétate et de butyrate ont les mêmes effets : une hausse de 0,4 à 0,8 % de matière grasse (avec un effet plus important du butyrate) et aucun effet sur les protéines et lactose.

L'acétate et le butyrate semblent donc intervenir dans la synthèse des acides gras du lait mais pas dans le métabolisme glucidique ou protéique.

Le propionate semble au contraire diminuer le taux de matière grasse du lait de manière significative (-0,6 à -0,8%) mais stimule à long terme la quantité de protéine et lactose. Le propionate est donc utilisé différemment des 2 autres AGV et participe plutôt à la synthèse de glucides et protéines mais pas aux lipides.

Il est à noter des résultats étonnants au jour 2 concernant les substances non grasses. Le métabolisme des AGV est peut-être long à faire effet dans le cadre des protéines et glucides.

### Bilan

Acétate et surtout butyrate semblent impliqués dans la synthèse des acides gras du lait.

Le propionate est quant à lui plutôt impliqué dans la production de protéines et lactose.

3b) On peut à partir du tableau identifier 3 groupes d'acides gras :

**- les acides gras absents (ou peu concentrés) dans l'herbe mais présents dans le lait ;**

Il s'agit surtout de l'acide butyrique, un AGV issu du rumen et qui passe dans le sang puis dans le lait. Sa présence confirme le document précédent car une infusion de butyrate va induire une hausse importante d'acides gras dans le lait.

Les autres acides (à 6, 8 10, 12, 14 ou 18 C) ont été synthétisés par la vache : on peut émettre l'hypothèse que c'est la glande mammaire qui produit ces acides gras à partir de l'acétate et du butyrate sanguins.

Remarquons que l'acétate est absent du lait : il doit donc être utilisé pour synthétiser des acides gras à chaîne plus longue.

**- les acides gras présents dans l'herbe et le lait, en proportions similaires ;**

C'est le cas de l'acide palmitique et palmitoléique (+/- stéarique). Pour ceux-là, on peut imaginer qu'ils proviennent de la digestion et absorption intestinale. Une fois passés dans le sang, ils seront utilisés par la glande mammaire.

**- les acides gras présents dans l'herbe et absents du lait.**

Il s'agit des acides gras insaturés et longs : acide linoléique et linoléique. Ils sont probablement hydrolysés par la vache ou ne passent pas vers le lait.

### **Bilan**

Les acides gras du lait sont produits à partir des AGV et des acides gras des végétaux mais subissent des conversions. L'acétate et le butyrate pourraient servir de bases aux synthèses d'acides gras, en plus des acides gras tirés des aliments.

3c) Le graphique présente la relation entre la fluidité et le nombre d'atomes des acides gras. Concernant les acides gras saturés, on remarque que plus la chaîne de carbone est longue, plus la température de fusion est élevée.

L'acide butyrique C4:0 est gazeux et liquide à partir de -10°C environ. L'acide palmitique est solide jusqu'à une température de 60°C.

Par ailleurs, les insaturations diminuent de beaucoup la température de fusion. Ainsi, l'acide palmitique C16:0 a une température de fusion de 60°C contre 0°C pour le C16:1. De la même manière, l'acide stéarique a une température de fusion de 70°C alors que l'acide oléique (C18:1) de 15°C, l'acide linoléique (C18:2) de -5°C et plus bas encore pour l'acide linoléique C18:3.

Quand on observe la composition du lait, on constate que les acides gras présents sont, hormis l'acide palmitique, des acides gras dont la température de fusion est inférieure à celle du lait (37°C) : à la température du lait, ils sont donc en solution fluide, ce qui est compatible avec une éjection de lait liquide.

3d) Les acides gras des 2 aliments étant semblables, on peut attribuer les différences de composition des laits aux AGV issus de l'alimentation.

En été, une alimentation à base d'herbe privilégie la formation d'acétate alors que le taux de butyrate est faible. Or ce sont les acides gras qui permettent de produire les acides gras du lait.

En hiver, l'ensilage de maïs conduit à une hausse du taux de butyrate et une baisse d'acétate. La hausse de propionate aura une incidence sur le taux de lactose et de protéines, non dosés ici.

En parallèle, nous constatons une modification de la composition en acides gras du lait.

Été : lorsque l'acétate domine, on a un lait plus pauvre en acides gras saturés, sauf pour C18:0. On peut penser que l'acétate permet la synthèse de C18:0 et des acides gras insaturés.

À l'inverse, en hiver, le taux de butyrate produit dans le rumen augmente, conduisant à une hausse d'acides gras saturés, surtout C16:0. Les acides gras saturés sont probablement produits à partir de butyrate.

Les acides gras courts ne sont pas affectés par le régime alimentaire.

En terme de santé humaine, le lait d'été semble moins néfaste que le lait d'hiver. La différence est importante : indice multiplié par 1,5 !

Le tableau 5 nous montre l'incidence de ces compositions du lait sur celles des fromages. Les différences entre les 2 régimes sont similaires à celle décrite dans le tableau 4.

Au sein d'un régime, on constate que les teneurs en acides gras des fromages ne varient pas par rapport au lait. Aucune transformation biochimique ne semble modifier les acides gras.

Ainsi, la consommation de fromages issus de lait d'été est meilleure pour la santé humaine !

## **BILAN**

Le lait contient des acides gras qui sont sécrétés dans la glande mammaire à partir de 2 sources :

- des acides gras contenus dans l'herbe ;
- des acides gras synthétisés à partir des acides gras volatils du rumen : l'acétate est à l'origine des acides gras insaturés et de l'acide stéarique alors que le butyrate conduit plutôt aux acides gras saturés.

Les acides gras principaux sont, à 37°C, sous forme liquide, en adéquation avec la structure du lait.

Le fourrage d'été favorise l'acétate alors que l'ensilage de maïs d'hiver provoque une hausse du butyrate : la composition du lait varie donc en fonction des saisons.