Le comportement alimentaire des ruminants

En éthologie, le comportement alimentaire est décrit comme étant «l'ensemble des actions de l'animal ayant pour finalité la recherche, le choix des aliments, et leur ingestion en quantité adaptée à la satisfaction des besoins en énergie et en nutriments de l'organisme» (Jean-Blain, 2002). Les ruminants, comme les autres espèces d'élevage, tentent ainsi d'ajuster leur ingestion d'aliment à leurs besoins nutritionnels (Toates, 1986). Bien que de nombreuses espèces se nourrissent de fourrage, peu sont aussi bien adaptées que les ruminants avec leur comportement alimentaire particulier qui combine ingestion et rumination (qui est nécessaire pour casser les particules alimentaires et pour réguler le pH du rumen). Ces deux activités occupent un rôle central dans la vie du ruminant.

Il est important d'étudier le comportement alimentaire d'un côté pour élargir les connaissances, mieux comprendre et clarifier les relations fonctionnelles entre les performances et le comportement. D'un autre côté, nous avons aussi besoin de mieux appréhender la variabilité individuelle du comportement alimentaire qui peut impacter de façon remarquable la production animale. Dans ce manuscrit, j'ai fait le choix de me focaliser sur la composante « ingestion » du comportement alimentaire. Les bases de la rumination seront tout de même abordées.

1.1.1. Développement du comportement alimentaire

Dans la plupart des systèmes de production laitière caprine, les jeunes sont séparés de leur mère dès la naissance. Ainsi, depuis de nombreuses années, l'aliment d'allaitement est préféré au lait de chèvre. En effet, pour faire face à des problèmes sanitaires de transmission de pathogènes par le lait maternel, et pour permettre à l'éleveur de vendre la totalité du lait produit, l'utilisation d'un aliment d'allaitement a été introduite dans les élevages (Lu et Potchoiba, 1988). L'utilisation de distributeurs automatiques de lait (DAL, aussi appelés louves) permet aux jeunes de se nourrir *ad libitum* (c'est-à-dire à volonté), à toute heure du jour et de la nuit. Néanmoins, la quantité et la fréquence de distribution du lait ou de l'aliment d'allaitement diffèrent suivant les exploitations agricoles, de même que la présence ou l'absence de congénères qui va influencer les possibilités d'apprentissage social (Vasseur et al., 2010 ; Hötzel et al., 2014). Ces facteurs peuvent ensuite agir sur le développement du comportement alimentaire (Miller-Cushon et DeVries, 2015). Plus de détails sur le fonctionnement des distributeurs automatiques de lait sont donnés dans la partie 1.2.1 de ce chapitre.

La phase lactée chez le ruminant est particulière car elle correspond à une étape intermédiaire entre les stades de pré-ruminant et de ruminant. En effet, les ruminants sont des animaux polygastriques, c'est-à-dire que leur estomac est composé de plusieurs compartiments : le rumen (ou panse), le réseau (ou réticulum), le feuillet (ou omasum) et enfin la caillette (ou abomasum, aussi appelé estomac vrai). Leur fonctionnement à l'âge adulte est expliqué plus loin.

Lors de la phase lactée, certains de ces compartiments ne sont pas encore fonctionnels. En effet, chez le jeune pré-ruminant, le rumen est anatomiquement et physiologiquement non mature (Tamate et al., 1962). Le lait ingéré court-circuite le réticulo-rumen et passe ainsi directement de l'œsophage à l'abomasum via la gouttière œsophagienne. Si le lait passait directement dans le rumen, des troubles intestinaux apparaîtraient (Morand-Fehr et Sauvant, 1991). Le système digestif se développe avec l'âge : à 2 mois le rumen du veau par exemple représente 50% du volume digestif contre 10% pour la caillette, tandis qu'au-delà de 4 mois, le rumen représente 80% du volume digestif, comme chez l'adulte, contre 8 % pour la caillette (Stobo et al., 1966).

Le jeune ruminant se nourrit donc d'abord de lait, puis commence rapidement à ingérer des aliments solides, à partir de l'âge de deux semaines chez les veaux et les agneaux (Forbes, 1971). Afin de favoriser le développement de la flore ruminale, de l'aliment concentré est rapidement introduit dans le régime des chevreaux élevés en bâtiments (Goetsch et al., 2001). Le sevrage, c'est-à-dire le passage d'une alimentation exclusivement liquide à une alimentation majoritairement solide, est une étape critique dans la période de l'élevage du jeune, car de nombreux bouleversements physiologiques, métaboliques et comportementaux entrent en jeu. À noter qu'il existe deux définitions du sevrage : le sevrage mère-jeune, où comme dans les élevages caprins les chevreaux sont séparés de leur mère très tôt après la naissance, et le sevrage alimentaire. Dans ce manuscrit, nous ne parlerons que de ce dernier. Dans des conditions naturelles, le sevrage est lent et la transition à une alimentation solide est longue (Forbes, 1971). Dans des conditions d'élevage, le moment du sevrage peut être choisi soit en fonction du poids, soit en fonction de l'âge (Lu et Potchoiba, 1988). Les chevrettes par exemple sont traditionnellement sevrées entre 15 et 20 kg et à un âge compris entre 60 et 75 jours (IDELE, 2014). Les modalités du sevrage restent très variables selon les espèces.

En même temps que l'ingestion d'aliments solides se développe, une distension du rumen apparaît afin qu'il atteigne sa taille adulte, à partir de l'âge de 11 semaines chez les veaux par exemple (Forbes, 1971), âge à partir duquel le jeune aura pleinement développé

ses caractéristiques de ruminant. Le rumen est le plus volumineux des compartiments du système digestif (entre 120 et 200 litres chez un bovin adulte, jusqu'à une trentaine de litres chez la chèvre et 10 à 20 litres chez le mouton), bien que le volume des autres compartiments soit aussi variable entre les espèces. Il est le siège d'un écosystème où une grande partie des aliments ingérés par l'animal est valorisée. En effet, les aliments qui sont ingérés sont d'abord rapidement mastiqués dans la cavité buccale, puis rejoignent directement le rumen après avoir traversé le réseau. Les fines particules passent alors directement dans la suite du tractus digestif (feuillet puis caillette) alors que les plus grosses particules sont retenues au niveau de l'orifice réticulo-abomasal qui sert de filtre. La taille des particules sera par la suite réduite d'une part par la rumination (cf. plus loin), et d'autre part avec l'action des micro-organismes avant d'arriver dans l'omasum. Ce dernier exerce une fermentation additionnelle et retient une partie de l'eau des aliments. C'est ensuite dans l'abomasum que la digestion à proprement parler commence sous l'effet d'enzymes digestives (Thivend et al., 1985 ; Jarrige et al., 1995). L'énergie et les métabolites nécessaires aux micro-organismes du système digestif des ruminants pour leur production laitière, leur croissance et leur entretien sont obtenus par toutes ces dégradations.

Comme précisé ci-dessus, un processus important intervient lors du comportement alimentaire et de la digestion chez les ruminants, la rumination. En effet, peu après la fin des périodes d'ingestion, 5 à 15 min chez la chèvre ou le mouton, un cycle commence avec une régurgitation du bol alimentaire qui remonte dans la cavité buccale. Ce bol alimentaire, de 50 à 80 g chez les petits ruminants et 600 à 1000 g chez les bovins, est alors séparé immédiatement en deux parties : l'une est aussitôt déglutie, tandis que l'autre va être de nouveau mastiquée (Jarrige et al., 1995). Au bout de 40 à 60 secondes, les aliments et la salive sont déglutis. Une courte pause (entre 4 à 8 sec chez les bovins et les ovins) s'écoule avant qu'un nouveau bol alimentaire ne soit régurgité (Jarrige et al., 1995). Une période de rumination est donc une succession extrêmement régulière de cycles, de durée pratiquement constante pour un animal et une ration donnée, appelés les cycles méryciques (Jarrige et al., 1995).

À la naissance, dans la plupart des systèmes de production laitière caprine, les jeunes sont séparés de leur mère et allaités artificiellement. La phase lactée chez le ruminant est particulière car elle correspond à une étape intermédiaire entre les stades de pré-ruminant et de ruminant. Cette transition, qui s'accompagne de l'activation fonctionnelle de tous les compartiments de l'estomac (on dit que les ruminants sont polygastriques), a lieu à mesure que l'ingestion d'aliments solides se met en place. En même temps que cette ingestion se développe, une distension du rumen apparaît. Le sevrage, qui correspond au passage à une alimentation exclusivement solide, est une étape critique de la vie du ruminant. En plus de l'ingestion, le comportement alimentaire des ruminants est caractérisé par un phénomène de rumination, c'est-à-dire de régurgitation et de remastication du bol alimentaire afin d'appliquer une nouvelle dégradation mécanique sur les aliments qui, une fois digérés, fourniront l'énergie nécessaire pour les besoins de production, de croissance et d'entretien des animaux.

1.1.2. Expression du comportement alimentaire

Le comportement alimentaire s'exprime habituellement lors de trois étapes chez l'animal : la recherche, le choix, et l'ingestion des aliments. La rumination est une quatrième étape présente chez les animaux polygastriques. Les individus ont donc à prendre de nombreuses décisions durant le processus d'alimentation concernant : où manger, quoi manger, pendant combien de temps, comment explorer les potentielles sources alimentaires, trouver les bons aliments à ingérer etc. (Toates, 1986 ; Broom et Fraser, 2015).

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à quelques composantes de chacune des quatre étapes caractérisant le comportement alimentaire des ruminants, d'abord dans le jeune âge puis à l'âge adulte, avec des exemples non exhaustifs pour des animaux au pâturage ou en bâtiments. La comparaison du comportement alimentaire entre le pâturage et à l'auge peut s'avérer délicate. En effet, dans la majorité des études sur le comportement à l'auge, les auteurs utilisent des systèmes d'alimentation intensifs, souvent avec de forts

pourcentages de concentré dans la ration, tandis qu'au pâturage il y a souvent une absence d'apport de concentré. De plus, le fourrage utilisé dans les études est bien souvent différent en termes de composition ou de qualité. Les études et leurs résultats sont donc dépendants de situations et de protocoles expérimentaux bien précis et ne peuvent pas toujours être généralisés.

1.1.2.1. Dans le jeune âge

1.1.2.1.1. En présence de la mère (allaitement maternel)

Lorsqu'ils sont allaités par la mère, les jeunes ruminants présentent une augmentation de leur activité alimentaire à l'aube et au crépuscule (Odde et al., 1985). Les veaux réalisent généralement 4 à 10 périodes de tétée par jour avec une moyenne de 7 à 10 min par période (De Passillé, 2001). La fréquence de tétée et le temps total passé à téter va diminuer au fur et à mesure que la lactation progresse, en lien avec le déclin de la production de lait (Hinch, 1989).

En présence de leur mère, les jeunes ruminants vont commencer à ingérer du fourrage tôt dans le jeune âge, vers 2 à 3 semaines. Leur ingestion, leur vitesse d'ingestion ainsi que le temps passé à brouter vont ensuite augmenter à peu près linéairement avec l'âge et le poids. Chez des veaux, Nicol et Sharefeldin (1975) ont montré que lors des premières semaines de vie les jeunes broutaient lentement sur de courtes périodes de temps (de 10 à 15 min), puis le temps passé à brouter augmentait d'environ 20 min à 10 jours jusqu'à 360 min à 100 jours, ce qui correspond à environ 70 % du temps passé à brouter à l'âge adulte. La quantité de fourrage ingérée par kg de poids vif va doubler chez le veau entre 3 et 8 mois et va tripler chez l'agneau entre 5 et 12 semaines. Les profils alimentaires des jeunes ruminants deviennent rapidement le miroir de ceux des adultes avec des pics d'activité similaires (Nicol et Sharefeldin, 1975).

1.1.2.1.2. En l'absence de la mère (allaitement artificiel)

Les systèmes d'élevage qui séparent les jeunes de leur mère peuvent être contraignants pour le comportement alimentaire des jeunes car ils sont alimentés artificiellement. Les pratiques varient considérablement entre les élevages en termes

d'approche pour délivrer le lait ou l'aliment d'allaitement (par exemple seau vs tétines, Hammell et al., 1988 ; Jasper et Weary, 2002), avec la présence ou non d'un groupe social (en groupe ou par paires vs individuel, Chua et al., 2002) ou encore pour le type d'aliment solide offert (par exemple du fourrage vs du concentré, Castells et al., 2012). Si l'on prend à titre d'exemple les systèmes où l'accès à l'aliment d'allaitement est *ad libitum*, le profil alimentaire des veaux sera proche de celui de ceux en allaitement sous la mère : avec une augmentation de l'activité alimentaire à l'aube et au crépuscule (Appleby, 2001 ; Miller-Cushon et al., 2013). Cependant, un pic lorsque l'aliment est distribué est également présent, plus précisément avec 74 % de l'ingestion totale journalière réalisée pendant les deux repas suivant les deux distributions (Appleby et al., 2001). La fréquence des tétées chez les veaux allaités artificiellement est aussi similaire à celle rencontrée en conditions naturelles avec 4 à 10 périodes de tétées par jour, pour une ingestion moyenne de 10 kg de lait par jour à l'âge de quatre semaines (Appleby, 2001 ; Miller-Cushon et al., 2013). Chez des agneaux âgés de 5 à 28 jours, David et al. (2014) ont montré que la fréquence des repas était d'environ 10 repas par jour, d'une durée moyenne de 4 min par repas et d'un temps moyen passé à téter par jour de 38 min.

Il est à noter qu'une grande variabilité entre les individus est présente. De Passillé et al. (2016) ont rapporté une large échelle de variation pour l'ingestion journalière chez des veaux de race Holstein durant leurs deux à quatre premiers jours de vie lorsqu'ils sont nourris *ad libitum* allant de 2,4 à 12 litres ingérés par jour, avec une moyenne de 6,7 litres journaliers. David et al. (2014) ont également rapporté une forte variabilité pour les agneaux avec des ingestions journalières allant de 0,3 à 2,9 litres.

Qu'ils soient allaités par la mère ou en allaitement artificiel, les jeunes ruminants vont présenter des profils alimentaires similaires avec une activité importante à l'aube et au crépuscule. Les jeunes alimentés artificiellement vont également présenter un pic d'ingestion après la distribution de l'aliment d'allaitement. L'ingestion de fourrage intervient tôt dans le jeune âge. L'ingestion, la vitesse d'ingestion ainsi que le temps passé à brouter vont ensuite augmenter à peu près linéairement avec l'âge et le poids. Une forte variabilité inter-individuelle quant à l'ingestion journalière a également été mise en évidence.

1.1.2.2. À l'âge adulte

Les différentes étapes du comportement alimentaire, c'est-à-dire la recherche, le choix, l'ingestion des aliments et la rumination sont dépendantes de nombreux facteurs (cf. partie 1.1.3. de ce chapitre). Les composantes de chaque étape du comportement alimentaire sont donc très variables. Ainsi, des généralités ne pourront pas toujours être tirées des parties suivantes, mais je m'appuierai sur quelques exemples pour illustrer l'expression du comportement alimentaires chez les ruminants adultes.

La recherche et le choix des aliments

La première étape du comportement alimentaire est de rechercher et de choisir les aliments à ingérer. Dans ce but, les animaux au pâturage peuvent parcourir de longues distances, 2 à 8 km par jour pour les bovins ou encore environ 6 km par jour pour les moutons (Broom et Fraser, 2015). Les ruminants vont sélectionner les aliments à ingérer qui vont être de qualité et de disponibilité variables, en fonction des caractéristiques de l'espèce végétale comme le stade phénologique, l'état de la plante etc. Le choix des aliments est tout d'abord guidé par les sens : la vue, le toucher au niveau des lèvres et de la bouche, l'odorat et le goût (Toates, 1986 ; Forbes, 1998 ; Favreau-Peigné et al., 2013). La palatabilité de l'aliment, c'est-à-dire ses caractéristiques physiques et chimiques, va provoquer une réaction des sens afin de déterminer les préférences de l'animal (Gallouin et Le Magnen, 1987 ; Baumont, 1996). Des variations de préférences alimentaires existent entre individus d'un

même troupeau, mais il est tout de même possible de décrire les préférences en fonction de l'espèce, de la race, du stade physiologique ou encore de l'état de faim des animaux (Dumont, 1996). Les chèvres vont ainsi le plus souvent choisir de se nourrir de plantes arbustives, tandis que les moutons ou les vaches vont plutôt ingérer des espèces herbacées. Ensuite, les mécano- et chémo-recepteurs du tube digestif vont transmettre les informations au système nerveux central afin en retour de maintenir ou stopper l'ingestion (Forbes, 1992). La faim et la satiété contrôlent les moments de début et de fin de chaque repas (Toates, 1986 ; Jean-Blain, 2002). La faim, qui est caractérisée par un état de malaise et un désir de nourriture, peut se définir comme une perception de l'état des besoins organiques lorsqu'un individu ne s'est pas alimenté depuis un certain temps (Gallouin et Focant, 1980). La satiété, tout comme la faim, est une perception interne qui peut être décrite comme « un état euphorique apparaissant après une ingestion capable en général de satisfaire les besoins organiques » (Gallouin et Focant, 1980). Lorsque l'animal mange, ses besoins ne sont pas encore couverts, donc la satiété est également constituée d'un état d'anticipation (Gallouin et Focant, 1980).

Des confrontations répétées avec l'aliment vont ensuite permettre à l'animal d'associer le goût et les conséquences post-ingestives induites. Ces deux paramètres sont alors pris en compte dans le choix final de l'animal, et vont ainsi permettre d'éviter tout excès ou carence nutritionnelle, tout en atteignant rapidement un niveau de satiété satisfaisant (Forbes et Kyriazakis, 1995 ; Baumont, 1996).

En bâtiments, les méthodes de distribution de l'aliment ainsi que l'aliment lui-même diffèrent aussi bien en termes de quantité, qualité, distribution spatiale, accessibilité, composition du régime ou encore fréquence de distribution. Dans la majorité des cas, le comportement de recherche alimentaire n'est pas nécessaire et donc pas réalisé (Bels et al., 2006). En comparaison avec les autres ruminants, les chèvres ont un comportement de sélection des aliments très marqué et tendent à laisser plus de refus dans l'auge si l'aliment est proposé *ad libitum* (Morand-Fehr, 2003). De plus, un choix parmi plusieurs aliments connus va être réalisé par les chèvres afin de diversifier au maximum leur régime, dans la mesure où ces aliments ne créent aucune perturbation digestive ou métabolique (Abijaoudé et al., 2000b).

La fréquence et la taille des bouchées

Après avoir recherché et sélectionné quoi manger, les ruminants vont ingérer les aliments par bouchées. Au pâturage, la fréquence des bouchées est sensiblement plus grande chez les bovins que chez les ovins : entre 40 et 60 bouchées par minute chez la vache adulte, entre 40 et 70 bouchées par minute pour le bovin en croissance, contre 35 à 65 bouchées par minute chez les brebis adultes (Forbes et Hodgson, 1985 ; Delagarde et al., 2001 ; Rutter et al, 2002). La taille des bouchées varie entre les espèces (Delagarde et al., 2001), en raison de différences morphologiques.

À l'auge, comme les animaux ne vont pas avoir à rechercher leurs aliments et vont moins pouvoir sélectionner, ils vont prélever des bouchées plus grosses et moins nombreuses qu'au pâturage. À titre d'exemple, des bovins consommant de la luzerne fraichement coupée feront 5 à 6 fois moins de bouchées par minute que des bovins mangeant cette même luzerne sur pied, et les bouchées seront 4 à 7 fois plus grosses (Dougherty et al., 1989).

La vitesse d'ingestion

La vitesse d'ingestion correspond à la quantité d'aliment ingérée par unité de temps. Elle peut être variable au sein même d'une période d'ingestion, par exemple entre le début et la fin de la période. En effet, des moutons fistulés nourris *ad libitum* ont montré une vitesse 2 à 5 fois plus grande au début qu'à la fin du repas (Baumont et al., 1997). La vitesse initiale du repas va représenter la motivation de l'animal à manger, et la constante décélération correspond au phénomène de satiété (Kenney et Black, 1984 ; Baumont et al., 2000). La diminution de la vitesse d'ingestion va aussi résulter de deux autres phénomènes : 1) une diminution de la fréquence de déglutition des bols alimentaires qui sont mastiqués plus longuement, et 2) l'apparition de plus en plus fréquente de courtes interruptions de l'activité masticatoire (Jarrige et al., 1995).

Le nombre de périodes d'ingestion, leur taille et leur durée

Les bouchées peuvent ensuite être regroupées afin de former des périodes d'ingestion ou repas. Ces périodes peuvent ainsi être caractérisées par leur nombre, leur taille et leur durée. Il est souvent suggéré que les animaux au pâturage ne peuvent pas être caractérisés comme des « mangeurs de repas » étant donné qu'ils semblent passer la majeure partie de leur journée à manger. En effet, la lenteur avec laquelle ils récoltent les fourrages entraînerait des repas très longs. On parlera donc plus facilement de périodes passées à brouter que de repas, bien que certains auteurs utilisent tout de même le terme repas au pâturage.

Les troupeaux de ruminants hébergés sous des climats tempérés vont passer 6 à 8 périodes à brouter dont les deux principales correspondent au lever et au coucher du soleil (Hughes et Reid 1951 ; Bels, 2006). La première période principale, qui est matinale, dure 2 à 3 heures tandis que la période vespérale dure un peu plus longtemps. Entre ces deux grandes périodes, quelques autres périodes plus courtes vont avoir lieu, notamment en fin de matinée (Penning et al., 1991 ; Jarrige et al., 1995). Quand il existe un moment de pâturage nocturne, il se situe vers le milieu de la nuit.

En bâtiments, l'intervention de l'éleveur va modifier ou renforcer le rythme naturel des animaux. Les ruminants reçoivent généralement leur ration journalière en deux distributions par jour, à la suite des traites pour les animaux laitiers. Ils vont donc réaliser deux repas principaux suivant les deux distributions journalières (Abijaoudé et al., 1999). Les repas principaux sont caractérisés par leur longue durée (Abijaoudé et al., 2000a). En plus de ces deux repas, les ruminants vont réaliser un certain nombre de petits repas secondaires, moins importants en termes de durée mais aussi de taille (par exemple Baumont et al., 1997 pour les moutons ; Abijaoudé et al., 2000a pour les chèvres).

Dans les expérimentations où les animaux recevaient leur ration en une seule fois par jour *ad libitum*, ils effectuaient un très grand repas qui pouvait être aussi important en poids et en durée que les deux repas habituels (par exemple Baumont et al, 1990 pour les moutons).

La quantité ingérée et la durée d'ingestion journalière

Une échelle plus large permettant d'étudier le comportement alimentaire correspond à l'échelle de la journée. Les périodes d'ingestion sont regroupées afin d'obtenir la quantité ingérée et la durée d'ingestion journalières.

Les durées d'ingestion des animaux hébergés en bâtiments vont être de 30 à 50 % plus courtes que celles des animaux au pâturage (Bels, 2006). Pour des ruminants alimentés *ad libitum*, la durée d'ingestion journalière se situera entre 3 et 8 heures par jour, bien que 60 à 80 % de la quantité ingérée journalièrement soit concentrée au cours des repas principaux suivant chaque distribution (Baumont et al. 1997). Il est aussi à considérer que durant leurs repas les ruminants vont interrompre leurs mouvements de mastication pour déglutir, pour explorer la nourriture ou pour se rendre à l'abreuvoir, pauses qui peuvent compter dans la durée d'ingestion en fonction des calculs utilisés par les auteurs pour définir les repas. Ce dernier point est discuté dans le **chapitre 6**.

La rumination

La rumination est un comportement alimentaire particulier aux ruminants. Qu'elle soit réalisée en extérieur comme en bâtiments, la rumination constitue une part importante de leur budget temps. Elle est constituée de cycles d'une durée légèrement inférieure à une minute (cycles méryciques) regroupés. Pour des ruminants nourris deux fois par jour, la rumination a principalement lieu la nuit, en début de matinée et en début d'après-midi (Beauchemin et al., 1990 ; Deswysen et al., 1993 ; Fisher et al., 2002). D'après Dulphy et Faverdin (1987), la durée des périodes de rumination ainsi que l'intervalle de temps séparant deux périodes consécutives sont rarement inférieurs à 20 minutes.

Le comportement alimentaire s'exprime habituellement lors de trois étapes chez l'animal : la recherche, le choix et l'ingestion des aliments. La rumination est une quatrième étape présente chez les animaux polygastriques. Le comportement alimentaire est régulé par plusieurs mécanismes tels que la faim, la satiété, les effets post-ingestifs ou encore la palatabilité. Une fois que l'aliment est trouvé et choisi, l'ingestion peut être caractérisée en fonction de différentes échelles qui vont de la bouchée à l'ingestion journalière en passant par les repas (**Figure 3**). Chez les ruminants, il existe généralement deux repas principaux, correspondant aux moments de la distribution de la ration dans les élevages en bâtiments, suivis de repas secondaires tout au long de la journée. De plus, comme dans le jeune âge, une forte variabilité individuelle est présente.

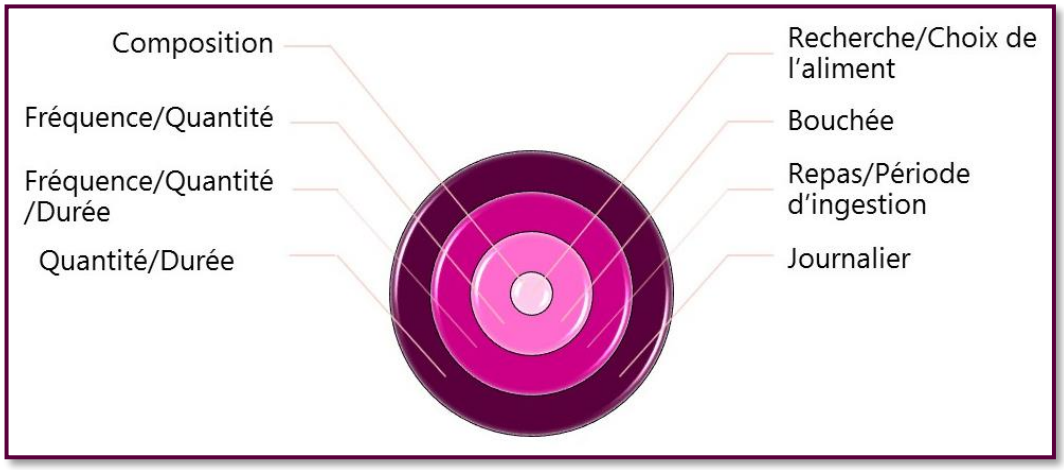

Figure 3. Figure récapitulative des composantes du comportement alimentaire et des variables pouvant le caractériser.

1.1.3. Facteurs influençant le comportement alimentaire

Le comportement alimentaire (régulé par la rétroaction entre l'appétit et la satiété) est la réponse aux mécanismes homéostatiques qui motivent l'animal à acquérir des nutriments. De très nombreux facteurs influençant le comportement alimentaire des ruminants ont été relevés, tels que les facteurs liés à l'animal (âge, poids, stade physiologiques…), au système d'élevage, à la gestion de l'alimentation ou encore à l'environnement de l'animal (**Figure 4**). Quelques-uns de ces facteurs illustrés par des exemples sont présentés dans cette partie.

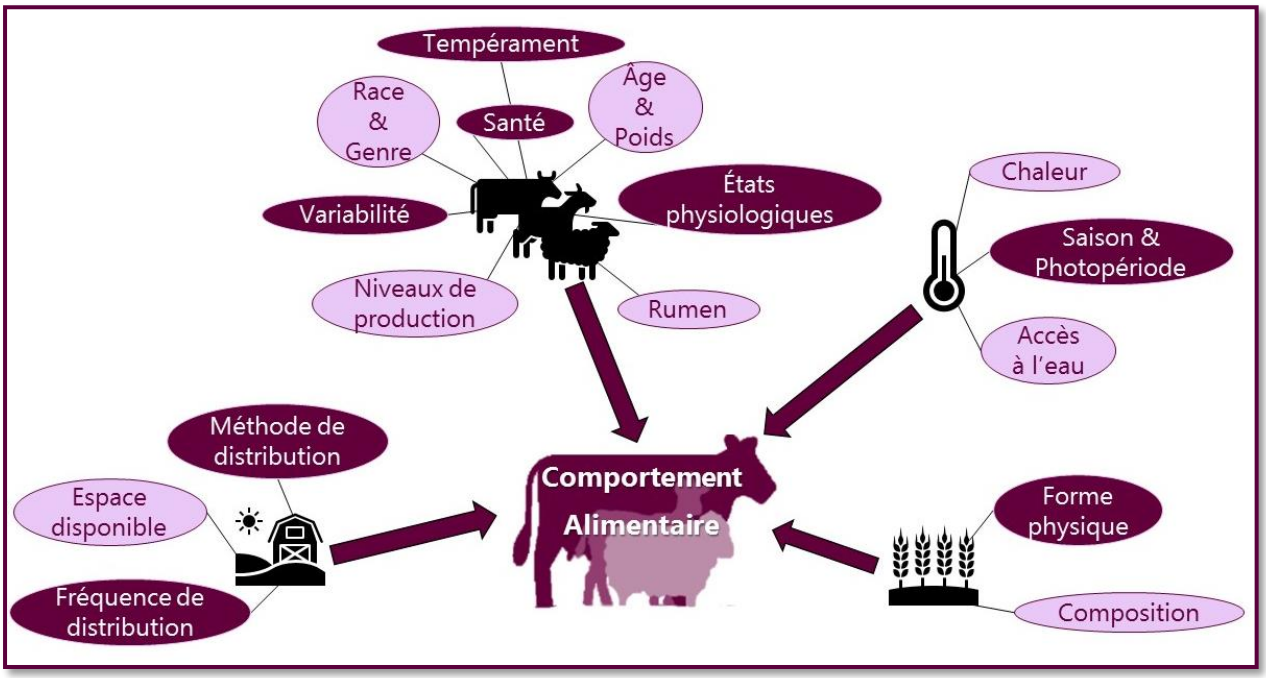

Figure 4. *Représentation schématique des facteurs principaux pouvant influencer le comportement alimentaire des ruminants.*

1.1.3.1. Les facteurs liés à l'animal

L'âge et le poids

L'activité des jeunes juste après la naissance est totalement orientée vers la recherche de lait. Par exemple, la plupart des agneaux vont trouver les mamelles de leur mère en moins de deux heures et pourront ensuite téter jusqu'à 50 fois dans les premières 24 h. A l'âge de quatre semaines, ils ne seront cependant allaités plus que six fois par jour environ (Forbes, 2007 ; Jarrige et al., 1995). La fréquence et la durée des tétées vont donc diminuer avec l'âge (Hinch et al., 1989). De nombreux auteurs ont ainsi montré une diminution pouvant aller de 28 à 49 % de la fréquence de tétées entre les âges d'une à cinq semaines (Ewbank, 1967 ; Gordon et Siegmann, 1991).

Le jeune ruminant allaité par sa mère au pâturage va voir son ingestion de fourrage augmenter à peu près linéairement avec son poids au-delà de 3 à 4 semaines après la naissance chez l'agneau (Penning et Gibb, 1979) et au-delà de 2 à 3 mois chez le veau (Le Neindre et al., 1976 ; Baker et al., 1981). Dès le deuxième mois, le jeune ruminant va commencer à effectuer le même nombre de repas que sa mère, en augmentant progressivement leur durée. Faichney (1992) a quant à lui observé chez des agneaux

hébergés en bâtiments avec leur mère, et qui avaient accès à une alimentation solide dès l'âge de trois semaines, que pendant les dix premiers jours la consommation d'aliments solides était faible, mais qu'à partir de la quatrième semaine leur consommation augmentait, avec de grandes variations journalières.

Chez des bovins de boucherie âgé de 7 à 18 mois, Puzio et al. (2019) ont montré que la fréquence de visites à la mangeoire et la fréquence des repas ont diminué avec l'âge. Leur ingestion d'ensilage d'herbe ainsi que la durée et la taille des repas augmentaient néanmoins avec l'âge. L'évolution du comportement alimentaire pendant la période de croissance post-sevrage est essentiellement liée aux contraintes de développement du format de l'animal. L'augmentation de la quantité ingérée avec le poids vif constatée chez les ruminants adultes est essentiellement liée à l'augmentation des besoins d'entretien et à la taille des compartiments digestifs.

Il est à noter que l'âge et le poids vif sont corrélés et que l'augmentation du poids ou de l'âge sont associés à des évolutions concomitantes des stades physiologiques.

Races et genre

La race est un des facteurs, avec la parité de la mère et la taille de portée, qui peut influencer la vigueur des nouveau-nés qui elle-même influence la quantité de colostrum ingérée (Vasseur et al., 2009). Les agneaux de la race Suffolk par exemple sont plus lents à réussir à téter dans les deux premières heures suivant la naissance que ceux de la race Blackface (Dwyer et al., 2005). Les auteurs expliquent cette différence par une différence du développement placentaire entre ces deux races, c'est-à-dire que les brebis Suffolk seraient moins efficaces que les Blackface pour transférer les nutriments au fœtus et auraient donc des nouveau-nés plus faibles. De plus, les brebis Suffolks sont également connues pour montrer un degré d'éloignement fort quand les agneaux tentent de téter. Néanmoins, les différences de comportement alimentaire ne se retrouvent pas entre toutes les races. En comparant le comportement de tétées d'agneaux en allaitement maternel de race Romney et de race croisée Booroola Merinos x Romney, Hinch et al. (1989) n'ont pas observé de différences.

Chez les bovins, Nkrumah et al. (2007) ont étudié le comportement alimentaire de bovins de boucherie de race Charolaise et Angus. Ils ont montré que les Charolais réalisaient plus de repas par jour que les Angus, bien que la durée journalière d'ingestion ne variait pas entre les races. Les variables du comportement alimentaire peuvent donc être influencées différemment par la race.

Chez les chèvres, Aharon et al. (2007) ont montré que les chèvres Boer passaient moins de temps à paître que la race locale Mamber, mais la diversité du spectre alimentaire choisi était plus importante chez les Boers (8 espèces contre 4). Les auteurs suggéraient que, comme les Boers étaient moins familières avec la végétation de la région, elles passaient plus de temps à tester les plantes et notamment leurs effets post-ingestifs.

Quand plusieurs races vivent ensemble, elles peuvent dépendre de la même ressource alimentaire et une compétition pour la ressource peut avoir lieu. Dans ce cadre, des chèvres de race Boer et Nguni, qui sont élevées ensemble en Afrique, ont été étudiées par Dziba et al. (2003) afin d'observer la répartition des ressources entre ces deux races sur la base de la hauteur d'alimentation. Les auteurs ont ainsi montré que les deux races ne présentaient pas de préférence en matière de hauteur d'alimentation. Ils s'attendaient à ce que les chèvres Boers, qui sont plus grandes et donc avec une plus grande bouche, aient une taille de bouchée plus grande que les Ngunis, ce qui n'est pas vérifié ici.

Les genres ne présentent pas le même comportement alimentaire. Les chèvres et les boucs (de race croisée non définie) par exemple, placés dans un même environnement au pâturage, ont un régime alimentaire différent (Mellado et al., 2005b). Par exemple, pendant la saison des pluies, le régime alimentaire des mâles était plus riche en arbustes que celui des femelles, tandis que pendant la saison sèche l'inverse était observé. Cette différence pourrait entre autres être due à des aptitudes de recherche de nourriture différentes entre les sexes et à un dimorphisme qui permettrait aux mâles d'avoir un meilleur accès aux plantes ligneuses.

Les effets du genre ont aussi été étudiés par Puzio et al. (2019) sur les paramètres du comportement alimentaire de taureaux (non castrés) et de bœufs (castrés) nourris à l'ensilage d'herbe. Le nombre de visites à la mangeoire ainsi que la fréquence des repas

étaient plus élevés chez les bœufs que chez les taureaux. Les bœufs réalisaient néanmoins des repas plus petits en taille et plus courts que les taureaux. La durée d'ingestion journalière était également plus longue chez les bœufs. Les différences de comportement alimentaire observées entre bœufs et taureaux pourraient être dues à un taux de testostérone et d'hormones liées à l'appétit plus élevé chez ces derniers. Une autre raison pourrait être une plus grande compétition rencontrée chez les taureaux, due à la testostérone, mais également car les taureaux passent plus de temps dans des activités non alimentaires comme les activités sexuelles, ce qui augmente la dépense énergétique et pourrait stimuler l'appétit.

Le comportement est déterminé en partie génétiquement et en partie écologiquement (Jensen, 2002). Des différences entre les races existent, probablement parce que chaque race a été sélectionnée pour ses bonnes performances dans un système d'élevage particulier. Les races peuvent aussi être de bons indicateurs de traits comportementaux pouvant avoir une valeur économique pour l'éleveur. Il est donc utile de connaître les différences de comportement entre les races. Le genre est également un facteur affectant le comportement alimentaire des individus, de part des différences morphologiques mais aussi probablement par des différences hormonales.

Stades physiologiques et stades de lactation

Chez des chèvres en système de libre choix, à qui six aliments étaient proposés simultanément en quantité illimitée (foin de luzerne, foin de pâturage, orge en flocons, pois chiches, fèves et pulpe de betteraves), Fedele et al. (2002) ont mis en évidence que la quantité de matière sèche ingérée avait fortement augmenté juste avant la mise bas (de 12 %). La composition de l'ingéré avait également évolué en fonction du stade physiologique des chèvres : l'ingestion d'orge et de pulpe de betteraves avait diminué pendant la gestation, en revanche l'ingestion de pois chiches, de fèves et de foin de luzerne avait augmenté. Après la mise-bas, d'importants changements de la composition de l'ingéré ont eu lieu tout au long de la lactation. Cette adaptation du régime alimentaire pourrait être interprétée comme une meilleure réponse aux besoins physiologiques.

Sur parcours, il a été montré que des chèvres non-gestantes consommaient des arbustes

mais évitaient les plantes herbacées tandis que les chèvres gestantes préféraient consommer des plantes herbacées (Mellado et al., 2005a). De même, les chèvres en lactation consommaient plus de plantes herbacées et moins d'arbustes que les chèvres non-lactantes. Cette étude a mis en évidence que le stade physiologique (gestante vs non-gestante) et que le stade de lactation (en lactation vs non-lactante) pourrait expliquer certaines différences dans la sélection alimentaire par les chèvres. Les besoins accrus en nutriments de ces animaux en gestation et en lactation ont été associés à une utilisation plus importante de plantes herbacées.

Le comportement alimentaire varie en fonction de la production laitière (par exemple Holter et Urban, 1992 ; Johnston et DeVries, 2018). Ainsi, Dado et Allen (1994) ont montré que chez des vaches multipares, plus la production laitière était élevée, plus la taille et la durée des repas était élevée alors que le nombre de repas ne changeait pas. En revanche, chez les primipares, la production laitière était positivement corrélée au nombre de repas et à la vitesse d'ingestion, mais sans lien avec la taille des repas. Azizi et al. (2009) ont rapporté des résultats similaires, également en étudiant des vaches primi- et multipares. Les auteurs expliquent ces différences par un remplissage accru du rumen des vaches primipares et à des différences dans les demandes énergétiques pour la lactation.

Variabilité inter- et intra-individuelle

La thématique de la variabilité individuelle est au cœur de nombreux questionnements et son importance dans les systèmes biologiques n'est pas nouvelle. En effet, la variabilité individuelle, lorsqu'elle est modulée par les pratiques de conduite d'élevage, peut permettre de conférer des propriétés de résilience et de stabilité du troupeau. Il existe peu d'études comparant le comportement alimentaire d'espèces différentes recevant les mêmes fourrages alors que pour couvrir leurs besoins, les différentes espèces peuvent organiser différemment leurs activités alimentaires. Dans ce contexte, Dulphy et al. (1990) ont observé le comportement alimentaire de cinq types d'animaux comprenant des moutons, des brebis, des chèvres, des taurillons et des vaches. Ils ont ainsi mis en évidence 1) que pour arriver à un niveau d'ingestion donné, les différents individus et les différentes

espèces peuvent organiser leurs activités alimentaires de façon très différentes avec par exemple un nombre de petits repas variable, une ingestion plus ou moins rapide ; 2) qu'il existe plus de différences entre des individus d'une même espèce qu'entre des espèces différentes. En effet, à poids, stades et productions similaires, dans des environnements constants et avec les mêmes aliments, des différences considérables de comportement alimentaire entre les individus au sein d'un même troupeau peuvent être remarquées (Kyriazakis et al., 1999). Plusieurs études ont d'ailleurs montré une grande variabilité entre les individus en ce qui concerne la fréquence et taille des repas ou le temps passé à manger par jour (Friggens et al., 1998b ; Schwartzkopf-Genswein et al., 2002 ; DeVries et al., 2003b ; Giger-Reverdin et al., 2012). Melin et al. (2005b) ont d'ailleurs montré que 84 à 98 % de la variabilité des profils du comportement alimentaire observée pouvait être attribuée à des différences individuelles entre les vaches laitières qu'ils étudiaient, et ont conclu que les vaches développaient un comportement alimentaire constant au cours du temps qui permettait de caractériser l'individu. La rythmicité des activités alimentaires au cours de la journée est également soumise à une variabilité individuelle forte, comme cela a été montré chez des génisses (Deswysen et al., 1993). Ces variations du comportement alimentaire à court terme, i.e. en termes de périodes d'alimentation ou repas, entre les individus suggèrent qu'ils sont capables d'utiliser des stratégies différentes pour atteindre leurs ingestions journalières souhaitées (Friggens et al., 1998b).

En plus de l'existence d'une variabilité inter-individuelle importante, certains auteurs ont montré que les ruminants avaient un comportement alimentaire stable au cours du temps (Friggens et al., 1998a ; Melin et al., 2005b ; Giger-Reverdin et al., 2020). Il n'est encore pas bien compris pourquoi des individus d'un même troupeau, vivant dans les mêmes conditions, vont présenter un comportement alimentaire différent, pourquoi le comportement alimentaire d'un individu semble stable au cours du temps et comment les animaux adaptent leur comportement alimentaire à des changements de leur environnement.

La personnalité

La personnalité fait référence aux différences individuelles dans les traits comportementaux et physiologiques, qui sont constantes dans le temps et les contextes (Réale et al., 2007). Chez les animaux d'élevage, les traits de personnalité le plus souvent étudiés sont la peur, la réactivité, la docilité et l'agressivité (Finkemeier et al., 2018). Une étude de Llonch et al. (2018) sur des bovins a mis en évidence que les animaux à la personnalité forte (dominants et avec un score de tempérament élevé) visitaient plus souvent la mangeoire et passaient en moyenne moins de temps à manger et en quantité moins importante par repas que les individus avec une personnalité plus faible (dominé et avec un score de tempérament faible). Ces animaux seraient plus réactifs à la présence des congénères dans l'enclos ce qui augmenterait la probabilité d'une interruption de l'alimentation.

Le lien entre le comportement alimentaire et la personnalité des individus peut donc être intéressant à développer pour permettre d'utiliser la personnalité comme indice de sélection du comportement alimentaire des individus. Ce lien est abordé plus en détail dans la partie perspectives du **chapitre 6**.

La santé

Lorsqu'un animal présente un problème de santé, une série de modifications comportementales va apparaitre. Il va le plus souvent se retrouver dans un état léthargique au cours duquel il va réduire son activité, son ingestion d'aliments et d'eau, dormir davantage et notamment à des moments où il est normalement éveillé, et moins interagir avec ses congénères (Hart, 1988). Ce comportement de maladie peut commencer avant les symptômes cliniques réels de la maladie. Il serait donc possible d'utiliser les changements comportementaux comme signes précurseurs afin de détecter une maladie et d'y remédier le plus tôt, tout en réduisant l'apport en médicaments.

Le développement des outils de l'élevage de précision offre la possibilité de surveiller en permanence les animaux afin de détecter de façon systématique de tels changements de

comportement. Thorup et al. (2016) ont ainsi utilisé des accéléromètres et ont caractérisé pour la première fois le comportement alimentaire individuel des vaches affectées par une boiterie. Ils ont ainsi montré que les boiteries réduisaient le temps et la fréquence d'ingestion journalière, mais augmentaient la vitesse d'ingestion. La boiterie n'affectait d'ailleurs pas le comportement de rumination, la quantité ingérée ou la production de lait. L'augmentation de la vitesse d'ingestion relevée pourrait être un mécanisme visant à maintenir une certaine ingestion, ou bien les vaches malades, qui seraient moins capables de rivaliser avec succès pour accéder à la mangeoire, mangeraient plus rapidement lorsqu'elles y auraient accès (Schirmann et al., 2012). En revanche, Bareille et al. (2003) ont mis en évidence aussi chez les vaches que les signes cliniques de boiterie associés à des lésions du jarret ou du pied provoquaient une diminution de l'ingestion de matière sèche quatre et cinq jours avant le diagnostic clinique. Les boiteries étant douloureuses, les auteurs supposent que les vaches étaient réticentes à se déplacer, même vers la mangeoire.

Une diminution de l'ingestion au cours des premières semaines suivant la mise-bas pourrait aussi être un signe de métrite, c'est-à-dire d'une infection de l'utérus (Huzzey et al., 2007). Des vaches multipares diagnostiquées par la suite avec une métrite ou une rétention placentaire dans l'étude de Luchterhand et al. (2016) avaient eu tendance à passer moins de temps à manger avant la mise-bas que des vaches saines. En 2010, von Keyserlingk et Weary ont observé que, la semaine précédant le vêlage, pour chaque diminution de 10 minutes du temps d'ingestion, la probabilité qu'une vache souffre de mammite grave augmentait de 1,72 fois. La probabilité augmentait à près de trois fois pour chaque diminution de 1 kg de matière sèche ingérée. Une diminution du temps de rumination a aussi été associée à l'apparition d'une maladie comme la boiterie (Miguel-Pacheco et al., 2014), la mammite (Siivonen et al., 2011 ; Fogsgaard et al., 2012) ou encore des troubles métaboliques (DeVries et al., 2009).

Les changements de comportement alimentaire pourraient alors être utilisés comme indice précurseur de maladie.

Outre la relation de cause à effet entre les problèmes de santé et les changements du comportement alimentaire, il existe certains cas où les changements de comportement

alimentaire peuvent augmenter le risque de maladie. Un exemple est la relation entre le temps passé à manger et l'acidose ruminale. L'ingestion d'aliment et les fermentations qui s'en suivent déterminent la production d'acides gras volatils dans le rumen, tandis que la mastication détermine la quantité salivaire produite, qui pourra limiter la chute du pH dans le rumen grâce aux substances tampon (Beauchemin et al., 1994). Par conséquent, ces deux composantes du comportement alimentaire, ingestion et mastication, vont être étroitement liées au pH et à l'équilibre acido-basique dans le rumen. La compétition sociale par exemple va obliger les animaux à passer moins de temps à se nourrir, la vitesse d'ingestion va alors augmenter, ce qui pourra entrainer une réduction de la salivation (Maekawa et al., 2002) augmentant in fine la susceptibilité à l'acidose (Owens et al., 1998). L'acidose ruminale s'accompagnera ensuite de périodes où la prise alimentaire sera réduite et irrégulière (Calsamiglia et al., 2012). Il serait alors possible de différencier les animaux susceptibles de souffrir d'acidose ou non en les caractérisant sur leur comportement alimentaire (Giger-Reverdin et al., 2012).

Les changements de comportement peuvent donc être à la fois des indicateurs et des causes de problèmes de santé, en particulier pour les maladies métaboliques telles que l'acidose ruminale.

De très nombreux facteurs liés à l'animal lui-même peuvent avoir une influence sur le comportement alimentaire. À titre d'exemple on peut citer la race, le stade physiologique ou encore la personnalité des individus. La santé peut à la fois influencer le comportement alimentaire et être influencée par ce comportement. Il est également à noter qu'une forte variabilité inter-individuelle existe pour des animaux élevés dans des environnements et des conditions similaires.

1.1.3.2. Les facteurs liés au système d'élevage

La présence de compétition ou de facilitation sociale

Les ruminants sont des animaux sociaux enclins à établir une hiérarchie de dominance, en particulier quand les ressources sont limitées comme à la mangeoire (Grant et Albright, 1995 ; Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010). La position d'un individu dans la hiérarchie s'exprime souvent par des interactions agonistiques lors de l'obtention ou du maintien de l'accès aux ressources (Barroso et al., 2000 ; Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010). Chez les chèvres, quatre stratégies sociales associées à la dominance ont été décrites (Miranda-de la Lama et al., 2011) : 1) les chèvres dites « passives » qui sont subordonnées et qui ne présentent pas de comportement agonistique, 2) les chèvres dites « évitantes » qui ont une faible participation aux conflits et qui les évitent, 3) les chèvres « agressives » qui sont très dominantes et servent d'intermédiaires dans les conflits sociaux, et 4) les chèvres « affiliées » qui ont une dominance moyenne et des comportements sociaux positifs. Les chèvres « passives » passeraient le moins de temps à la mangeoire tandis que les chèvres « évitantes » passeraient le plus de temps à se nourrir. Les chèvres « agressives » et « affiliées » passeraient un temps similaire à ingérer, mais auraient une durée d'ingestion intermédiaire aux chèvres « évitantes » et « passives ».

Chez les vaches, les génisses réagissent également différemment à un environnement alimentaire hautement compétitif, avec des individus qui sont très compétitifs et qui gardent une vitesse d'ingestion stable, contre des individus ayant adopté une stratégie de « mise à l'écart » caractérisée par une augmentation de la vitesse d'ingestion et l'évitement des interactions agonistiques (Zobel et al., 2011).

Ainsi, les individus adoptant des stratégies sociales différentes ont un comportement alimentaire différent.

Une période où la concurrence à la mangeoire est forte coïncide avec le retour des animaux après la traite et lorsqu'une nouvelle ration est offerte (Friend et Pola, 1974). Ainsi, une limitation de l'espace disponible à la mangeoire ou de la disponibilité de la nourriture peuvent exacerber les effets de la concurrence pour l'alimentation (Jørgensen et al., 2007). DeVries et von Keyserlingk (2009) ont rapporté qu'une concurrence croissante de 1 à 2

génisses par station d'alimentation n'affectait pas la prise alimentaire mais tendait à augmenter la vitesse d'ingestion et entrainait des repas moins nombreux et plus volumineux. Des changements de la vitesse d'ingestion peuvent alors être un bon indicateur de la pression sociale subie par les individus dans des environnements d'alimentation en groupe (Nielsen, 1999).

La dominance sociale peut être fortement corrélée à l'âge, et à la taille des individus (Šárová et al., 2013). Val-Laillet et al. (2008) ont mis en évidence des corrélations entre le range hiérarchique et la parité : les vaches de rang élevé étaient plus âgées (l'âge étant déduit du nombre de parité). Elles ont d'ailleurs produit plus de lait que les vaches de rang inférieur, et avaient un temps d'accès plus long pendant les deux heures qui suivent la distribution de la ration. Ces observations suggèrent que les animaux de haut rang hiérarchique sont susceptibles d'avoir accès à une nourriture de plus haute qualité. Les individus subordonnés peuvent aussi ne pas avoir accès à la mangeoire quand ils le veulent et ainsi devoir s'alimenter à des moments de la journée moins préférés.
Il est tout de même à noter que Chase et al. (2002) ont montré que les caractéristiques individuelles, comme la morphologie ou la physiologie, ne déterminent pas toujours le rang hiérarchique des animaux.

Un effet d'entrainement ou de facilitation sociale peut aussi avoir lieu, c'est-à-dire que le comportement d'un individu est initié ou augmenté par la présence d'un autre individu qui adopte ce comportement (Zentall et Galef, 1988). Par exemple, chez les agneaux, lorsqu'un individu va téter, deux ou trois autres congénères le suivent (Stephens et Baldwin, 1971). Cela peut permettre en allaitement artificiel par exemple de favoriser l'apprentissage de la tétée au seau en plaçant un agneau expérimenté avec les nouveau-nés (Veissier et Stefanova, 1993). Pour les jeunes ruminants, la facilitation sociale peut influencer la rapidité avec laquelle les individus commencent à consommer les aliments solides. Comparés avec des veaux élevés seuls, les veaux qui ont été élevés en groupe de deux ou plus consommaient de l'aliment solide plus tôt, en consommaient plus (Babu et al., 2004 ; Hepola et al., 2006 ; De Paula Vieira et al., 2010), et présentaient également une plus grande fréquence de repas (Miller-Cushon et Devries, 2016). Elle peut aussi influencer la rumination

lorsque des génisses naïves sont envoyées au pâturage avec des compagnons expérimentés (Arrazola et al., 2020). La facilitation sociale encourage donc rapidement la prise alimentaire et peut aussi être bénéfique dans la période de transition qu'est le sevrage (Miller-Cushon et al., 2014).

L'ensemble des données concernant les espèces de ruminants, qu'ils soient au pâturage ou en bâtiments, suggère que l'apprentissage de l'environnement alimentaire est influencé par la présence de modèles sociaux. Chez les adultes élevés en groupe, une synchronisation des activités alimentaires et de repos est souvent observée (Rook et Penning, 1991 ; Nielsen et al., 1996), notamment quand l'aliment est disponible en permanence (Broom et Fraser, 2015). Des auteurs ont également mis en évidence que les individus qui sont logés ensemble pendant de longues périodes sont plus susceptibles d'être des partenaires préférentiels pendant l'alimentation (Aschwanden et al., 2008 ; Gutmann et al., 2015).

Le comportement alimentaire des ruminants, du fait de leur caractère social, va être largement influencé par les comportements sociaux. Les partenaires sociaux peuvent ainsi avoir un effet positif sur le comportement alimentaire en favorisant l'ingestion, mais aussi négatif lorsque des questions de dominance et de hiérarchie entrent en jeu.

La gestion de l'alimentation : espace disponible à la mangeoire, fréquence de distribution de la ration, méthodes de distribution de l'aliment

La gestion de l'alimentation est une considération importante dans la production animale car elle peut affecter les coûts de production et les performances des animaux. Le comportement alimentaire est particulièrement sensible à la gestion de l'alimentation.

Une considération majeure est d'avoir un espace disponible à la mangeoire par animal adéquat afin de garantir que le comportement alimentaire ne soit pas affecté négativement. L'espace minimum recommandé pour les chèvres laitières par exemple est de 33 à 44 cm par tête (Jørgensen et al., 2007 par exemple), mais il est souvent signalé comme inférieur (Muri et al., 2013 ; Battini et al., 2016). Un espace disponible inférieur entraîne alors une forte

compétition pour accéder à la mangeoire (Jørgensen et al., 2007), compétition qui influence le comportement alimentaire (cf. précédemment). Lorsque des ruminants sont nourris à une table d'alimentation collective, la longueur critique de l'espace par individu sous laquelle une compétition excessive intervient dépend de la taille du groupe et de la quantité d'aliment disponible. Jørgensen et al. (2007) ont montré chez les chèvres que 30 % d'entre elles réduisaient leur temps d'ingestion de plus de 40 %, et quelques chèvres le réduisaient même de plus de 80 %, lorsque l'espace disponible à la mangeoire était réduit. Des modèles de mangeoires ou d'auges peuvent néanmoins offrir une certaine protection pendant l'alimentation lorsqu'elles disposent de cloisons ou de bat-flancs au niveau de la tête permettant une séparation physique (Nordmann et al., 2015) ou encore des plateformes permettant de se nourrir à différentes hauteurs (Aschwanden et al., 2009).

La distribution des aliments dans les élevages de ruminants peut être réalisée selon trois approches : à volonté (ou *ad libitum*), en alimentation restreinte ou en gestion propre de la mangeoire. L'alimentation *ad libitum* vise à obtenir des refus en quantités minimales au moment de la distribution suivante tout en permettant aux animaux de consommer sans restriction (Erickson et al., 2003 ; Schwartzkopf-Genswein et al., 2003). L'alimentation restreinte vise à obtenir une proportion d'ingestion d'aliment inférieure de 5 à 10 % à celle prévue en *ad libitum* (Pritchard et Bruns, 2003). Cette méthode favoriserait une ingestion de matière sèche plus régulière au jour le jour, et réduirait le gaspillage et le comportement de tri (Pritchard et Bruns, 2003). Enfin, la gestion propre des mangeoires tente d'obtenir des mangeoires vides à certains moment de la journée et les aliments peuvent ne pas être disponibles pendant 8 à 12 heures par jour (Erickson et al., 2003). Cette gestion permettrait d'atteindre une ingestion moyenne à long terme plus importante que celle des animaux nourris à volonté (Pritchard et Bruns, 20003). Une critique de cette dernière méthode de distribution de l'aliment est que les animaux tendent à devenir des mangeurs de gros repas, ce qui peut entrainer une plus grande variabilité du pH ruminal au cours de la journée (Schwartzkop-Genswein et al., 2003). Erickson et al. (2003) ont relevé que l'ingestion ne différait pas pour des bœufs nourris soit *ad libitum* soit en gestion propre mais qu'ils faisaient moins de repas et des repas plus copieux en gestion propre. Ces modifications

comportementales pourraient être dues à la faim ou à l'anxiété ressenties par ces animaux car la nourriture n'est pas disponible pendant des périodes variables chaque jour. Ainsi, à chaque nouvelle distribution les animaux seraient plus motivés à manger, ce qui les pousseraient à prendre des repas plus copieux. La gestion de l'alimentation en fonction des différentes approches est donc un élément important à prendre en compte lorsqu'on parle de comportement alimentaire.

La gestion de l'alimentation passe aussi par la fréquence de distribution des rations ou des concentrés. L'augmentation de la fréquence de distribution pourrait par exemple permettre de limiter les problèmes d'acidose en favorisant tout au long de la journée une production d'acides gras volatils stable. Plusieurs études ont rapporté qu'une alimentation plus fréquente entraine un pH ruminal plus stable, avec moins de fluctuations journalières (par exemple Soto-Navarro et al., 2000). Robles et al. (2007) ont réalisé une étude qui consistait à augmenter la fréquence de distribution de 1 à 4 fois par jour chez des génisses nourries au concentré avec de la paille disponible *ad libitum*. L'augmentation de la fréquence de distribution n'a pas eu d'effet sur l'ingestion totale d'aliment, la fréquence ou la taille des repas. Toutefois, elle a radicalement modifié les habitudes d'ingestion des aliments. La vitesse d'ingestion et les quantités consommées dans les deux heures suivant la première distribution du matin ont diminué de façon linéaire avec l'augmentation de la fréquence de distribution. Cela pourrait indiquer une baisse de motivation. Dans cette étude, les génisses nourries une seule fois par jour ne présentaient pas d'acidose ruminale. Néanmoins, les auteurs supposent qu'une distribution deux fois par jour pourrait être une bonne pratique pour contrôler la baisse du pH en réduisant la variation de pH sur la journée. En outre, une alimentation plus fréquente pourrait aussi réduire la concurrence sociale pour l'alimentation et l'agressivité après la distribution (DeVries et al., 2005).

En plus de la fréquence, le moment des distributions peut être important. King et al. (2016) ont étudié l'effet du moment de la distribution sur le comportement alimentaire de vaches en lactation. Deux traitements ont été réalisés : 1) l'aliment était distribué au retour de la traite (à 14h et 7h), 2) l'aliment était distribué entre les heures de traite (à 17h30 et

10h30). Les vaches qui étaient nourries « en retard » ont vu leur ingestion de matière sèche diminuer bien qu'aucune différence de durée d'ingestion n'ait été constatée. Elles ont aussi consommé leur aliment plus lentement lors de repas plus fréquents, plus petits en taille et qui avaient tendance à être plus courts. Les auteurs ont conclu que le fait d'avoir déplacé le moment de distribution des aliments a eu des effets sur le comportement alimentaire des vaches, mais pas sur la production laitière ni les composants du lait.

L'augmentation de la fréquence de distribution et/ou la distribution à des moments plus éloignés des traites pourrait permettre de réduire le risque de troubles ruminaux mais aussi avoir des effets positifs sur le comportement alimentaire en réduisant la concurrence sociale.

Les facteurs liés au système d'élevage entrent aussi en jeu comme facteurs influençant le comportement alimentaire. Néanmoins, ces facteurs, contrairement à ceux liés aux animaux eux-mêmes, sont « contrôlables » par les éleveurs. En effet, il convient à l'éleveur de gérer la compétition sociale entre les individus en proposant par exemple un espace suffisant à la mangeoire, en établissant ses lots afin que tous les animaux puissent avoir accès à la nourriture et ayant une gestion de l'alimentation optimale permettant à tous les individus d'exprimer leur potentiel de production et de satisfaire leurs besoins nutritionnels.

1.1.3.3. Les facteurs liés à l'aliment lui-même

De nombreuses études dans des systèmes d'élevage en bâtiments ont mis en évidence que la composition de la ration influençait le comportement alimentaire sur de nombreux aspects. Une forte teneur en concentré est par exemple souvent utilisée en production laitière intensive (Yang et Beauchemin, 2007 ; Agle et al., 2010), mais ce type régime modifie le comportement alimentaire des ruminants en diminuant le temps passé à manger et à ruminer (Friggens et al., 1998b ; Abijaoudé et al., 2000b ; Desnoyers et al. 2008 ; DeVries et al., 2009), et en augmentant le nombre de repas (Abijaoudé et al., 2000b). Nielsen et al. (en révision) ont étudié l'effet de la composition de la ration chez des chèvres laitières nourries soit avec une ration comportant beaucoup de fibres (20 % de concentré), soit avec une ration comportant peu de fibres (40 % de concentré). Il a été montré que les chèvres qui

recevaient le régime riche en fibres réduisaient la fréquence des repas et que le premier repas après une distribution était plus long que lors de la période contrôle (avec une ration complète présentant un pourcentage de fibre intermédiaire aux deux régimes). Pour les chèvres recevant le régime faible en fibres, aucun changement de la fréquence ou de la taille des repas n'a été relevé. Le comportement de tri a aussi été impacté avec des refus qui ont augmenté avec le régime à haute teneur en fibres alors qu'ils ont été réduits pour les chèvres ayant le régime à faible teneur en fibres. Cette étude a confirmé que les petits ruminants tels que les chèvres en fin de lactation étaient capables d'adapter leur comportement alimentaire en fonction de la proportion de fibres présentes dans le régime.

Une autre caractéristique de l'aliment pouvant agir sur le comportement alimentaire est la forme physique du fourrage qui va exercer son influence notamment sur la mastication, la fermentation microbienne dans le rumen ou encore la vitesse de passage et de digestion dans le tractus gastro-intestinal (Lu et al., 2005). La méthode de transformation des aliments comme le hachage qui réduit la taille des particules du fourrage influence l'ingestion d'aliments et le tri. Lorsque les aliments sont hachés en morceaux courts, la longueur des fibres longues est réduite et les animaux ont ainsi moins de possibilité pour choisir entre les différentes parties de l'aliment. Une augmentation de l'ingestion et une réduction du temps passé à manger est alors le plus souvent observée. Au contraire, lorsque le fourrage est proposé sous forme longue et non hachée, les animaux ont plus de possibilités pour choisir entre les feuilles et les tiges, ce qui entraine une augmentation du temps passé à manger (Haselmann et al., 2019).

L'aliment lui-même, avec notamment la composition de la ration et la taille des brins des fourrages proposés, va influencer le comportement alimentaire. La modification du comportement alimentaire pouvant avoir des répercussions sur la santé de l'animal, il est important de comprendre et de prendre en compte comment l'aliment influence le comportement alimentaire dans la gestion de l'élevage.

1.1.3.4. Les facteurs liés à l'environnement

Le stress de chaleur

Les ruminants étant des animaux homéothermes, ils doivent maintenir leur température corporelle dans un intervalle donné quelles que soient leur propre production de chaleur et les conditions thermiques de leur environnement. Le stress de chaleur, causé par une température et une humidité ambiante élevées, est un stress important chez les ruminants car ses effets sur la production, l'ingestion et les performances de reproduction peuvent être importants (West et al., 2003 ; Polsky et von Keyserlingk, 2017). La réduction des performances en cas de stress thermique est généralement attribuée à une moindre disponibilité des nutriments et à une diminution de l'ingestion de matière sèche journalière (West et al., 2003 ; Allen et al., 2015) qui permet de réduire la production de chaleur métabolique et de maintenir une température corporelle constante (O'Brien et al., 2010). La consommation d'eau quant à elle va augmenter lorsque la température ambiante s'élève au-dessus de 25-30°C (Fuquay et al., 2011). En période de fortes chaleurs, les vaches laitières vont modifier la répartition dans le temps des périodes d'ingestion pour manger lorsque la température est la plus basse (Schneider et al., 1988). De plus, les vaches préféreront manger des aliments concentrés plutôt que des fibres (Bernabucci et al., 2009), cette préférence étant due à une production métabolique de chaleur plus faible associée à l'alimentation en concentré par rapport à une alimentation riche en fibres (Lu, 1989). L'augmentation de la fréquence des repas pendant les périodes crépusculaires ainsi que la préférence pour les aliments concentrés, associée à une ingestion réduite de fourrage entrainent un risque accru d'acidose ruminale (Kadzere et al., 2002). La chaleur est donc un facteur important à contrôler pour éviter des troubles du comportement alimentaire et les maladies métaboliques telles que l'acidose.

Liés à la saison et à la photopériode

Au cours de l'année, les animaux vont devoir faire face à une végétation en perpétuelle évolution. Les ruminants vont être capables de se montrer flexibles dans leur comportement alimentaire. Cette variation saisonnière de l'ingestion va s'exprimer par des changements dans la répartition des repas ou encore par l'élargissement de leur spectre

d'alimentation suivant l'abondance d'un fourrage (Nolan et Nastis, 1997).

La photopériode va également entrainer des modifications du comportement alimentaire, mais elles peuvent être différentes en fonction de l'espèce ou de la race étudiée (Iason et al., 2000). Par exemple, chez les bovins, Macmillan et al. (2018) ont soumis des vaches laitières à des photopériodes longues (16 heures par jour de lumière) ou courtes (8 heures par jour). Aucun effet de la durée d'éclairement n'a été observé sur la quantité journalière de matière sèche ingérée, le temps de repos ou le comportement alimentaire en général. Néanmoins, la longue photopériode a eu tendance à augmenter la durée d'ingestion et à réduire le tri des aliments par les animaux.

Liés à l'accès à l'eau

Un apport en eau adéquat est nécessaire pour assurer des fonctions digestives correctes. Il a été montré chez les moutons Awassi déshydratés que l'ingestion d'aliment était diminuée de 60 % (Jaber et al., 2004 ; Hamadeh et al., 2006). Des taux similaires ont été signalés par Maloiy et al. (2008) chez différents ruminants domestiques soumis à une déshydration, en particulier lorsqu'elle est associée à un stress thermique. La baisse de l'ingestion en cas de déshydration dépend aussi du type d'aliment offert. Des boucs restreints en eau (40% de la quantité d'eau consommée *ad libitum*) ont ainsi plus réduit leur ingestion lorsqu'ils avaient du foin d'herbe que lorsqu'on leur a offert du foin de légumineuse (Muna et Ammar, 2001). Senn et al. (1996) ont étudié l'effet de 48 heures de privation en eau sur le comportement alimentaire de 12 vaches en lactation nourries à l'herbe et au maïs grain *ad libitum*. La privation d'eau a réduit de manière significative l'ingestion. Cette réduction était entièrement due à une réduction de la taille des repas, la taille du premier repas de la période de privation d'eau ayant déjà été réduite d'environ 30 %. La fréquence d'ingestion d'herbe avait augmenté tandis que la fréquence d'ingestion du maïs grain avait diminué pendant la privation d'eau. Ce lien entre l'ingestion et l'apport en eau peut être attribué au rôle essentiel de l'eau dans le processus de digestion et d'élimination des déchets du métabolisme.

La modification de l'environnement de l'animal, en termes de température, de photopériode ou encore de disponibilité en eau, va avoir des répercussions sur son comportement alimentaire. Afin de maintenir des fonctions digestives et métaboliques satisfaisantes, les animaux vont adapter leur comportement alimentaire pour faire face aux changements environnementaux qu'ils subissent.

En résumé, cette première partie introductive nous permet de rappeler que :

- La phase lactée chez le ruminant est particulière car intermédiaire entre les stades de pré-ruminant et de ruminant, avec une activation fonctionnelle de tous les compartiments de l'estomac.
- Le comportement alimentaire s'exprime lors de plusieurs étapes : la recherche, le choix, l'ingestion des aliments ainsi que la rumination. L'ingestion peut être caractérisée en fonction de différentes échelles comme la bouchée, la tétée, le repas ou encore l'ingestion journalière. Une forte variabilité inter-individuelle du comportement alimentaire est présente aussi bien chez le jeune qu'à l'âge adulte.
- De très nombreux facteurs peuvent influencer le comportement alimentaire. Ils peuvent être liés directement à l'individu mais aussi au système d'élevage dans lequel il se trouve, à l'aliment proposé et à l'environnement de l'individu. Il est important de connaitre et prendre en compte ces facteurs car les modifications du comportement alimentaire peuvent avoir des répercussions sur la santé et le bien-être de l'animal.

1.2. Les enjeux d'une meilleure compréhension du comportement alimentaire

Face à des systèmes de production et des marchés très diversifiés, les attentes sociétales et les pressions économiques tendent à ce que les élevages soient constitués d'animaux 1) robustes et adaptables aux changements techniques ou environnementaux du milieu d'élevage, 2) efficients pour la transformation des ressources alimentaires et générateurs de produits de qualité, et 3) dont le bien-être est respecté. Pour obtenir de tels animaux, il est indispensable de bien connaître leurs comportements et notamment celui lié à l'alimentation.

Le comportement alimentaire est un élément essentiel des modèles qui tentent de prévoir la production et l'utilisation des nutriments, et inversement la quantité ingérée journalière doit pouvoir être prédite afin d'optimiser sa valeur nutritionnelle. Cependant, le rôle du comportement alimentaire est souvent négligé dans les modèles de prédiction, et résumé seulement à la quantité ingérée par jour. Une meilleure connaissance du comportement alimentaire pourrait donc contribuer à l'amélioration de la biologie prédictive.

Le comportement alimentaire peut servir d'outil permettant d'évaluer la façon dont un animal perçoit le régime alimentaire qui lui est proposé, sa motivation à se nourrir, mais peut aussi être utilisé comme un outil pour détecter ou prévenir les problèmes de santé (cf. partie 1.1.3.1 de ce chapitre). Plus précisément, les relations entre les habitudes alimentaires, la fermentation dans le rumen et la santé sont essentielles. Certaines pratiques de gestion de l'alimentation, qui font que les ruminants mangent moins et plus rapidement des repas copieux, sont associées à de grandes baisses post-prandiales du pH du rumen et à une augmentation associée de l'incidence de l'acidose ruminale (Desnoyers et al., 2011). Des problèmes similaires peuvent se produire chez les veaux nourris au lait où l'ingestion de lait peu fréquente mais en gros repas augmente les risques d'ulcération de la caillette (Ahmed, 2002). Une gestion et une conception appropriées de l'alimentation est essentielle pour maximiser la santé et le bien-être des ruminants.

Dans ce cadre, une révolution numérique est en cours avec le développement de l'élevage de précision et des technologies associées. Néanmoins, il est nécessaire de savoir interpréter les données issues de ces technologies. À titre d'exemple, dans la littérature, on retrouve de nombreuses discussions quant à la définition par exemple d'un repas, au vu de la quantité et de la fréquence des données qui peuvent être recueillies grâce à ces technologies (cf. partie 1.2.4 du **chapitre 6** pour plus de détails).

La demande sociétale pour des productions animales plus respectueuses des animaux stimule les industries agricoles pour améliorer le bien-être des animaux dans les systèmes de production. L'amélioration du bien-être a le plus souvent été axée sur la réduction des expériences négatives (par exemple l'absence de douleur) et sur les avantages sanitaires comme la réduction des maladies. Actuellement, les attentes sociétales s'étendent aux possibilités pour les animaux d'avoir des expériences positives et d'exprimer les comportements naturels. Néanmoins, avant de pouvoir modifier les élevages pour que les animaux puissent exprimer plus qu'actuellement leur répertoire comportemental, il est essentiel de décrire les comportements et de les comprendre. Une adaptation des systèmes d'élevage pour favoriser l'expression des comportements naturels pourrait ensuite permettre d'améliorer le bien-être des animaux, sans compromettre l'efficacité de production, mais aussi potentiellement d'améliorer l'acceptation de la société pour les systèmes de production intensifs.

Enfin, le phénotypage du comportement alimentaire pourrait être utile à deux niveaux. Premièrement au niveau individuel en permettant de mieux adapter l'alimentation à l'individu par une gestion ciblée ou en permettant de sélectionner les animaux avec une bonne production et peu sensibles à des conditions d'élevage variées, tout en maintenant leurs aptitudes fonctionnelles (reproduction, santé, comportements, bien-être). Deuxièmement, au niveau du troupeau, il pourrait permettre de gérer la variabilité individuelle afin de garantir la résilience du système d'élevage aux aléas des conditions d'élevage. Une variabilité des capacités d'adaptation des animaux à des perturbations externes comme des perturbations alimentaires permettrait d'élargir la gamme des

perturbations supportées par le troupeau. Faire progresser les connaissances sur la variabilité individuelle est nécessaire afin, par exemple, de pouvoir caractériser les animaux d'un groupe sur leur comportement alimentaire et de les comparer. Les éleveurs pourraient ainsi prioriser l'inspection des animaux présentant des perturbations de l'alimentation au sein d'un groupe.

Ces quelques exemples mettent en lumière la manière dont nous pouvons utiliser le comportement alimentaire. La solution à de nombreux problèmes d'alimentation peut être trouvée dans la compréhension du comportement et des exigences alimentaires spécifiques à chaque espèce.

1.3. Les outils de mesure du comportement alimentaire : de l'observation directe à l'élevage de précision, un développement croissant des méthodes de mesures du comportement alimentaire

Pour enregistrer et décrire les profils alimentaires, pour étudier les facteurs affectant l'ingestion ou pour développer des méthodes de prédiction de l'ingestion, nous avons besoin d'enregistrer et de mesurer le comportement alimentaire dans une variété de situations prenant en compte les objectifs des études, les systèmes étudiés (pâturage, sur parcours, en bâtiments), mais aussi les caractéristiques de chaque espèce. Ainsi, de nombreuses méthodes ont été développées pour permettre la caractérisation du comportement (Altmann, 1974), notamment alimentaire. Un nombre important de variables peuvent être mesurées tels que le temps passé à manger à l'auge ou à brouter, le temps passé à ruminer, les quantités ingérées, les vitesses d'ingestion, le nombre de mouvements de mâchoire ou encore le budget temps global des animaux. Les distances, les localisations et les déplacements au sein d'aires définies peuvent aussi être enregistrés.

Dans cette partie du manuscrit, nous verrons quelques exemples de méthodes et de dispositifs utilisés pour enregistrer le comportement alimentaire des ruminants dans différentes situations.

Les observations directes

Une des premières méthodes utilisées pour étudier le comportement alimentaire était l'observation directe par l'humain. Cette observation directe des comportements s'appuie généralement sur des procédés d'échantillonnage car il est difficile d'enregistrer les activités de tous les individus en continu (Altmann, 1974). Les observations directes de l'animal se traduisent donc par de nombreuses heures d'observation, en notant à intervalles réguliers si l'animal mange, rumine, se tient debout ou couché, marche ou tout autre type de comportement (Altmann, 1974 ; Papachristou et al., 2005 ; El Aich et al., 2007). Les observations peuvent être réalisées aussi bien au pâturage qu'en bâtiments. Cette méthode pour mesurer le comportement alimentaire souffre de deux inconvénients majeurs : elle est très chronophage et ne fournit pas d'information sur les quantités consommées mais seulement sur le moment de l'ingestion. Bien que l'observation directe soit peu couteuse, un manque de traçabilité des données et des problèmes éventuels de répétabilité entre observateurs entrent en jeu. Les mesures sont également restreintes au jour, et la présence d'un observateur peut modifier le comportement de l'animal (Papachristou et al., 2005 ; El Aich et al., 2007). Bien que les observations directes aient néanmoins l'avantage de ne pas être sensibles aux problèmes techniques tels que des problèmes de stockage des données ou de batterie, d'autres méthodes ont aussi été développées.

Les enregistrements vidéo

Au début de l'utilisation des enregistrements vidéo, les formats des caméras et leur qualité n'étaient pas optimaux. Avec l'avènement de l'informatique, de nouveaux types de caméras ont été développés : plus petites, plus robustes, plus faciles à monter et surtout avec une qualité d'image permettant d'enregistrer des comportements subtils et avec de grandes capacités de stockage. Le stockage permet de pouvoir regarder plusieurs fois la vidéo, ou encore de la regarder à vitesse réduite pour noter les comportements courts et complexes (Martin et Bateson, 1993). Cependant, cette méthode connait aussi de nombreux désavantages : elle demande d'avoir des appareils de haute qualité afin d'obtenir une bonne qualité d'image, ces appareils sont le plus souvent couteux, et les caméras ont souvent besoin d'être installées à l'avance, dans le bon angle de vue afin de limiter la perte des

données si l'individu n'est pas visible ou si le comportement est difficile d'accès. Le travail post-enregistrement, c'est-à-dire le codage des vidéos, peut être fastidieux et très chronophage.

Capteurs portés par les animaux (GPS, podomètres, accéléromètres …)

Le suivi automatique à distance est devenu courant grâce à l'utilisation de capteurs portés par les animaux. Ils permettent de réduire des processus visuels et manuels fastidieux, ainsi que d'enregistrer le comportement en continu, sur des périodes plus ou moins longues, avec des données fréquentes (Abijaoudé et al., 1999). De nombreux capteurs ont ainsi été développés tels que : des accéléromètres fournissant la position et les mouvements de la partie du corps sur laquelle ils sont portés (Greenwood et al., 2014 ; Shepley et al., 2017), des dispositifs de positionnement satellitaire (GPS) permettant la géolocalisation dans l'enclos ou au pâturage (González et al., 2015), l'enregistrement acoustique ou des capteurs placés sur des licols pour mesurer l'activité des mâchoires (Galli et al., 2011 ; Zehner et al., 2017) ou encore des puces RFID (identification par radiofréquence) activées par une antenne au niveau de la mangeoire (Schwartzkopf-Genswein et al., 1999). Ces différentes technologies vont être plus ou moins pratiques et facilement utilisables d'une situation à une autre. Leur utilisation dépendra alors de l'objectif de l'étude, des variables à étudier mais aussi de la taille de l'animal qui va être équipé.

À titre d'exemple, l'utilisation des accéléromètres peut être très complète. En effet, ils vont enregistrer tout changement de vitesse se produisant dans les trois dimensions (d'avant en arrière : axe-x ; de gauche à droite : axe-y et de haut en bas : axe-z). Il en résulte alors des profils de données pouvant être utilisés pour décoder des comportements tels que la marche, le repos ou l'alimentation (Graf et al., 2015 ; Zobel et al., 2015). L'utilisation des accéléromètres pour l'étude du comportement alimentaire et notamment de la rumination est abordée plus en détail dans la deuxième partie du **chapitre 6**.

Cases alimentaires/métaboliques individuelles

Toutes les méthodes décrites auparavant permettent d'avoir des informations importantes pour caractériser le comportement alimentaire, mais elles ne permettent pas d'avoir d'informations sur les quantités ingérées. Des données complètes sur le comportement alimentaire peuvent être collectées grâce à l'enregistrement automatique en continu du poids de la mangeoire. Pour cela, un individu doit souvent être hébergé seul. Lorsque l'animal va manger, de fréquentes oscillation du poids de la mangeoire vont apparaitre, tandis que lorsque l'animal ne touche pas à la mangeoire, le poids reste stable, ce qui permet de déterminer un début et une fin de visite à la mangeoire. La quantité consommée pendant la visite correspond à la différence de poids enregistré entre deux phases de stabilité du poids de la mangeoire. Chaque enclos ou case peut ainsi être équipé d'une ou plusieurs balances de sorte que l'ingestion d'un ou plusieurs aliments différents et d'eau puisse être enregistrée. Une quantité importante de données peut ainsi être récoltée. Une des limitations de ce dispositif est que seul un individu à la fois dans le même enclos peut être enregistré, alors que bien souvent les animaux d'élevage sont hébergés en groupe. Il est d'ailleurs connu que les animaux vont avoir des comportements différents lorsqu'ils sont en groupe ou hébergés individuellement, à cause des comportements sociaux influençant l'ingestion notamment (Grant et Albright, 2001). Se pose alors le problème de l'identification des individus lorsqu'ils sont en groupe.

La révolution de l'identification par radiofréquence (RFID)

Les premiers systèmes électroniques commercialisés pour identifier les animaux se présentaient sous la forme de colliers très encombrants et relativement chers, ce qui empêchait leur utilisation sur des petites espèces et pour des troupeaux de grande taille. Le développement de la RFID et sa miniaturisation a révolutionné les dispositifs d'enregistrement du comportement alimentaire en permettant l'identification de l'individu. Ainsi, le comportement alimentaire individuel des animaux maintenus en groupe peut être enregistré. Ces nouveaux systèmes incluent, en plus de la balance sous la mangeoire, une boucle dite passive, c'est-à-dire sans source propre d'alimentation électrique, contenant une puce d'identification électronique portée par les animaux ainsi qu'une antenne de lecture du

signal. L'antenne de lecture transforme le champ magnétique émis par la boucle en courant électrique et alimente la boucle qui en retour transmet son contenu, soit l'identifiant de l'animal (Ricard et al., 2018). Les boucles peuvent avoir des tailles, des formes et des poids variés (**Figure 5**).

Figure 5. *Photographies représentant des exemples de boucles avec système RFID pour l'identification des individus. Crédits photo : Alicia Nijdam sur Flickr et Marjorie Cellier (photos personnelles)*

Plusieurs systèmes de mesure existent : par exemple une semi-contention de type couloir associée à une porte pour isoler l'individu pendant l'alimentation, une mangeoire dont l'accès est bloqué par un cornadis ou une trappe pouvant être débloqué par un seul ou par plusieurs individus (Weisbecker et al., 2018). Quand l'animal passe au niveau de l'antenne de lecture, disposée à l'entrée soit du couloir soit de la mangeoire, l'animal est identifié. Selon les systèmes, il peut être identifié uniquement à l'entrée ou à l'entrée et à la sortie. Ainsi, le nombre et la fréquence des visites, l'occupation de la mangeoire, le temps passé à manger par visite et par jour, et la quantité consommée par visite et par jour peuvent être mesurés. Le même système existe pour étudier le comportement d'ingestion d'eau (Weisbecker et al., 2018). Une des limitations de ce système provient des dispositifs commerciaux qui ne permettent pas toujours l'accès aux données brutes, type de données important pour les chercheurs.

L'élevage de précision

L'élevage de précision (precision livestock farming : PLF) fait l'objet de différentes définitions dans la littérature (Berckmans, 2014 ; Borchers et Bewley, 2015). Il peut se définir

par l'utilisation coordonnée de capteurs pour mesurer des paramètres comportementaux, physiologiques, de production des animaux et les caractéristiques de l'environnement dans le but d'échanger, stocker, transformer et restituer les informations aux agriculteurs dans un but d'aide à la prise de décision pour le pilotage de leur élevage (**Figure 6**). Les chercheurs utilisent cet essor de technologies afin de récolter des données pour avoir des informations importantes afin de mieux comprendre, connaitre et suivre les animaux, et in fine améliorer les systèmes de production (Benjamin et Yin, 2019).

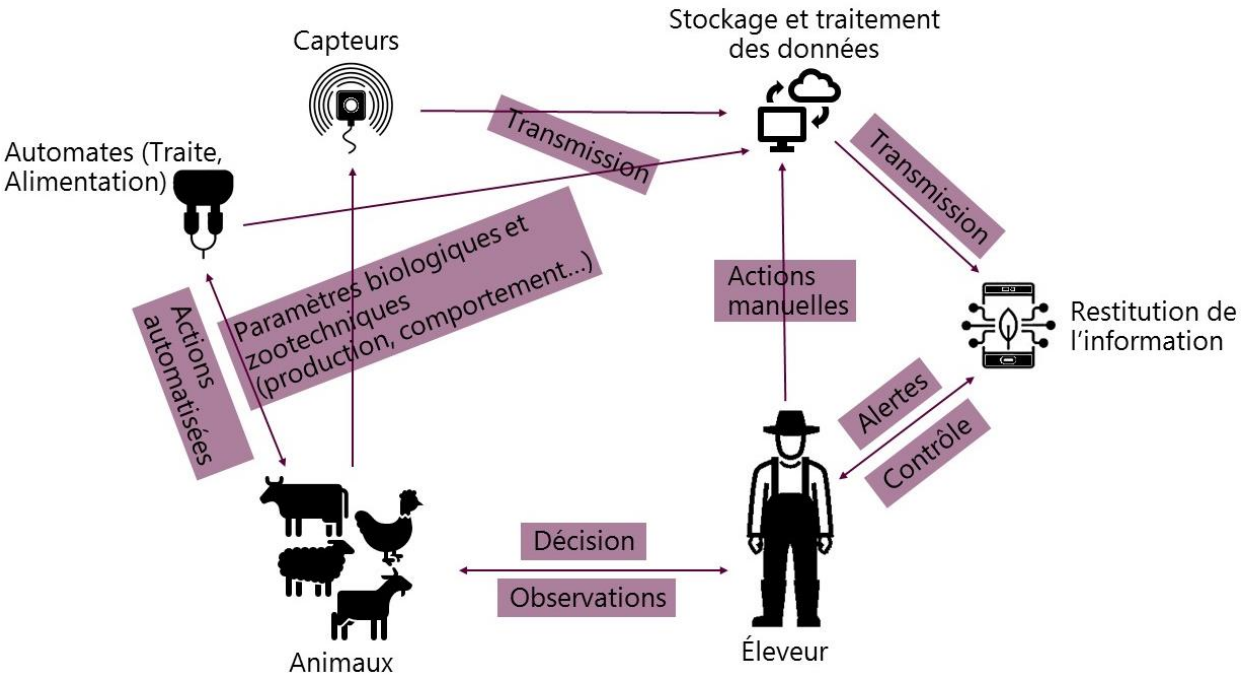

Figure 6. *Schéma représentatif de l'utilisation d'automates et de capteurs par l'éleveur dans le cadre de l'élevage de précision.*

Le cas du jeune ruminant allaité artificiellement : les distributeurs automatiques de lait

Les distributeurs automatiques de lait (DAL), aussi nommés louves, sont des outils permettant d'enregistrer les ingestions individuelles et le comportement alimentaire des jeunes ruminants à l'allaitement artificiel. Ils sont généralement composés d'une unité autonome qui chauffe de l'eau, distribue une quantité de lait en poudre prédéfinie, la mélange, puis transfère le mélange dans un récipient de stockage relié aux stations d'alimentation comprenant des systèmes d'identification RFID et des tétines (**Figure 7** ; Hnatiuc et Caracostea, 2017).

Les individus peuvent ainsi boire quand ils le souhaitent et/ou de manière contrôlée. Certains

systèmes laissent l'accès à l'aliment d'allaitement *ad libitum* tandis que d'autres définissent des portions d'aliment et des intervalles minimum entre chaque accès (Jensen, 2009). Des systèmes très performants permettent, grâce à l'identification RFID, de fournir aux jeunes une quantité de lait adaptée à l'âge de l'individu identifié ainsi que d'ajouter des vitamines ou des antibiotiques selon son état de santé (Hnatiuc et Caracostea, 2017).

Figure 7. *Photographies représentant des parties du distributeur automatique de lait A) l'unité de chauffe et de mélange de l'aliment d'allaitement, B) la tétine et le passe tête comprenant l'antenne réceptrice pour la RFID (Crédit photo : Marjorie Cellier, photos personnelles)*

Tous ces paramètres sont gérés à partir de logiciels spécifiques. Bien que l'identification par RFID permette de savoir quel individu est en train de boire, un passage à tête est souvent installé à hauteur des tétines afin d'autoriser uniquement un individu à la fois (Weisbecker et al., 2018). L'identification seule ne permet néanmoins pas au lait d'arriver dans les tétines. Pour cela il faut que le jeune tète suffisamment fort pour activer un senseur qui déclenche alors la mise en route de pompes permettant au lait de passer du récipient de stockage à la tétine. Un apprentissage à cette succion est nécessaire pour le jeune ruminant (Weisbecker et al., 2018).

Les DAL ont de nombreux avantages tels qu'un meilleur développement du rumen, une gestion individuelle des animaux, un lait maintenu à température constante, ou encore une alimentation à horaires flexibles (Hnatiuc et Caracostea, 2017).